

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA QUÍMICA

DIEGO BORELLI DIAS  
GUSTAVO DA COSTA MARIANO FRANCO  
MATHEUS BONILHA PASCHOAL DE SOUZA  
RODRIGO DOS SANTOS COSTA  
SAMUEL MARTINS BARP

**MANISUL: INDÚSTRIA DE FÉCULA DE MANDIOCA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2

APUCARANA

2019

DIEGO BORELLI DIAS  
GUSTAVO DA COSTA MARIANO FRANCO  
MATHEUS BONILHA PASCHOAL DE SOUZA  
RODRIGO DOS SANTOS COSTA  
SAMUEL MARTINS BARP

## **MANISUL: INDÚSTRIA DE FÉCULA DE MANDIOCA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Eduardo Berezuk

APUCARANA

2019



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Apucarana  
COENQ – Coordenação do Curso Superior  
de Engenharia Química



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

ManiSul – Indústria de Fécula de Mandioca

por

Diego Borelli Dias

Gustavo da Costa Mariano Franco

Matheus Bonilha Paschoal de Souza

Rodrigo dos Santos Costa

Samuel Martins Barp

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 28 de Novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Apucarana. Os candidatos foram arguidos pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Marcio Eduardo Berezuk  
Orientador

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Lini Seixas  
Membro

---

Prof.<sup>a</sup> Me.<sup>a</sup> Paola dos Santos Gaschi Marques  
Membro

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

## **AGRADECIMENTOS**

Dedicamos primeiramente a Deus por nos ajudar a enfrentar as dificuldades que surgiram ao longo do trabalho e por nos dar perseverança e força para seguir.

Aos nossos pais e familiares, por todo apoio, incentivo, compreensão e paciência durante toda essa jornada.

Agradecemos em especial ao nosso professor orientador Marcio Eduardo Berezuk, por todo incentivo, suporte, atenção e dedicação fornecido para que esse trabalho pudesse ser realizado.

A nossa gratidão a todos os nossos amigos, professores, servidores que nos acompanharam, auxiliaram, nos capacitaram e ensinaram durante toda a graduação.

E a Universidade Tecnológica Federal do Paraná por toda estrutura fornecida ao longo do curso e elaboração desse trabalho.

## RESUMO

DIAS, D. B. *et al.* **ManiSul: Indústria de Fécula de Mandioca.** 2019. 153f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2019.

A cultura de mandioca já é realizada no mundo há cerca de 9 mil anos, sendo cultivada em áreas de climas tropicais ou subtropicais. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais da raiz de mandioca, produzindo 23 milhões de toneladas anualmente. O estado do Paraná está entre os estados em destaque no cultivo de mandioca do Brasil, apresentando o maior rendimento por área cultivada. A aplicação da fécula de mandioca se destaca principalmente nos setores de panificação, frigorífico e na indústria de papel e papelão. De acordo com estes fatos, o presente trabalho apresentará a elaboração do projeto da indústria ManiSul, que será instalada na cidade de Umuarama - PR, tendo como objetivo a produção da fécula de mandioca *in natura*. No presente projeto avaliou-se o balanço material da empresa, suas características e especificações de processamento, tendo em vista a quantidade de matéria prima processada diariamente. O tratamento de resíduos foi abordado de maneira muito importante pois a manipueira, principal resíduo da feccularia, tem alto teor de contaminação, mas ao mesmo tempo tem alta capacidade energética por gerar biogás em um biodigestor, sendo utilizado como combustível para aquecimento do ar de secagem e na geração de energia elétrica. Junto a isso foi realizado o balanço energético, tomando como alvo o processo de secagem da fécula e a utilização do biogás. Para que toda produção seja alcançada foi efetuado o dimensionamento dos equipamentos da cadeia produtiva e do tratamento de resíduos, junto a todas as especificações necessárias. Por fim, para verificar a viabilidade da instalação e operação da ManiSul, foi realizada a análise financeira, havendo um investimento para a instalação que será retornado entre o 6° e 7° ano de operação da empresa, mostrando alta lucratividade e eficiência da empresa.

**Palavras-chaves:** Amido; Mandioca – Indústria; Biodigestores; Biogás

## ABSTRACT

DIAS, D. B. *et al.* **ManiSul: Cassava Starch Industry.** 2019. 153f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2019.

Cassava has been cultivated around the world for about 9,000 years and is grown in areas of tropical or subtropical climates. Brazil is one of the world's largest producers of cassava root, producing 23 million tons annually. The state of Paraná is among the prominent states in cassava cultivation in Brazil, presenting the highest yield per cultivated area. The application of cassava starch stands out mainly in the paper and cardboard industries, bakery and refrigerators. According to these facts, the current work will present the elaboration of the ManiSul industry project, which will be installed in the city of Umuarama - PR, aiming at the production of fresh manioc starch. This project evaluated the material balance of the company, its characteristics and processing specifications, considering the amount of raw material processed daily. Waste treatment was very important because the manipueira, the main fecular waste, has high contamination content, but at the same time has high energy capacity to generate biogas in a biodigester, being used as a fuel for heating the drying air and in the generation of electricity. Along with this, the energy balance was performed, targeting the starch drying process and the use of biogas. In order for all production to be achieved, the production chain equipment and waste treatment equipment were dimensioned with all the necessary specifications. Finally, to verify the feasibility of the installation and operation of ManiSul, a financial analysis was performed, with an investment for the installation that will be returned between 6 and 7 years of operation of the company, showing high profitability and efficiency of the company.

**Keywords:** Biodigesteres; Biogas; Cassava – Industry; Starch.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mandioca. ....	24
Figura 2 - Fécula de mandioca.....	27
Figura 3 - Logomarca da empresa. ....	29
Figura 4 - Organograma da indústria de fécula de mandioca ManiSul.....	31
Figura 5 - Tabela nutricional: Fécula de mandioca .....	32
Figura 6 - Evolução dos preços de mandioca em raiz (R\$/t) entre abril de 2015 à abril de 2019.....	35
Figura 7 - Produção de fécula nos estados em 2016. ....	36
Figura 8 - Evolução do preço da fécula de mandioca (R\$/t) entre abril de 2015 à abril de 2019.....	36
Figura 9 - Mapa referente à produção de mandioca por município no Paraná. ....	39
Figura 10 - Série histórica da produção de mandioca em Umuarama. ....	40
Figura 11 - Área escolhida para instalações fabris de indústria. ....	42
Figura 12 - Raio de 450 km para estabelecer mercado consumidor. ....	43
Figura 13 - Fluxograma do processo de produção de fécula de mandioca-.....	46
Figura 14 - Trator hidráulico para carregamento. ....	47
Figura 15 - Rampa de descarregamento.....	48
Figura 16 - Depósito de armazenagem da mandioca.....	49
Figura 17 - Lavador e descascador de mandioca. ....	50
Figura 18 - Picador.....	51
Figura 19 - Cevadeira.....	52
Figura 20 - Extrator de peneiras cônicas rotativas. ....	53
Figura 21 - Centrifuga de pratos.....	54
Figura 22 - Hidrociclones.....	55
Figura 23 - Desidratador Peeler. ....	56
Figura 24 - Exaustor do Secador Flash Dryer. ....	57
Figura 25 - Fluxograma do tratamento de resíduos de uma fecularia. ....	58
Figura 26 - Biodigestor. ....	59
Figura 27 - Componentes do biodigestor. ....	60
Figura 28 - Volume de controle do lavador/descascador. ....	63
Figura 29 - Volume de controle do picador.....	66
Figura 30 - Volume de controle da cevadeira.....	67

Figura 31 - Volume de controle do extrator. ....	68
Figura 32 - Volume de controle da centrífuga de pratos. ....	71
Figura 33 - Volume de controle do hidrociclone. ....	73
Figura 34 - Volume de controle do desidratador peeler. ....	74
Figura 35 - Volume de controle do secador.....	75
Figura 36 - Volume de controle da rosca de separação. ....	78
Figura 37 - Volume de controle da caixa de areia. ....	80
Figura 38 - Volume de controle na lagoa de decantação. ....	82
Figura 39 - Eficiência do tratamento no biodigestor. ....	84
Figura 40 - Eficiência do tratamento na lagoa facultativa 1. ....	85
Figura 41 - Eficiência do tratamento na lagoa facultativa 2. ....	85
Figura 42 - Eficiência do tratamento na lagoa facultativa 3. ....	85
Figura 43 - Modelo esquemático regiões A e B.....	87
Figura 44 - Diagrama de fluxo do processo produtivo da ManiSul. ....	110
Figura 45 - Planta baixa da empresa ManiSul.....	116
Figura 46 - Fluxo de caixa líquido. ....	129
Figura 47 - Fluxo de caixa detalhado. ....	130
Figura 48 - Payback. ....	131
Figura 49 - Ponto de Equilíbrio.....	133



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Produção mundial de mandioca entre os maiores produtores mundiais entre 2012 a 2016. ....	33
Quadro 2 - Dados de produção de mandioca no Paraná em 2017. ....	38
Quadro 3 - Dados da produção de mandioca em Umuarama. ....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da mandioca em 100 gramas de amostra. ....	27
Tabela 2 - Área e produção de mandioca nos principais núcleos regionais.....	34
Tabela 3 - Principais compradores de fécula - 2010/2016 (%). ....	37
Tabela 4 - Composição inicial da mandioca no processo .....	62
Tabela 5 - Balanço de massa do lavador/descascador. ....	65
Tabela 6 - Balanço de massa do picador. ....	67
Tabela 7 - Balanço de massa da cevadeira. ....	68
Tabela 8 - Balanço de massa do extrator.....	70
Tabela 9 - Balanço de massa do extrator (continuação) .....	71
Tabela 10 - Balanço de massa da centrifuga de pratos. ....	72
Tabela 11 - Balanço de massa do hidrociclone.....	74
Tabela 12 - Balanço de massa do desidratador peeler. ....	75
Tabela 13 - Balanço de massa do secador Flash Dryer.....	77
Tabela 14 - Balanço de massa na rosca de separação. ....	80
Tabela 15 - Balanço de massa da caixa de areia.....	82
Tabela 16 - Balanço de massa da lagoa de decantação.....	83
Tabela 17 - Variáveis utilizadas para a resolução da equação 40. ....	88
Tabela 18 - Capacidades caloríficas molares do metano no estado de gás ideal. ....	91
Tabela 19 - Capacidades caloríficas molares do gás oxigênio, gás carbônico e água no estado de gás ideal. ....	91
Tabela 20 - Potência dos equipamentos. ....	93
Tabela 21 - Dimensões dos níveis de profundidade da lagoa do biodigestor. ....	105
Tabela 22 - Dimensões dos níveis de profundidade das lagoas facultativas. ....	107
Tabela 23 - Especificações das correntes na área 100.....	111
Tabela 24 - Especificações das correntes na área 200.....	111
Tabela 25 - Especificações das correntes na área 300: Parte 1. ....	112
Tabela 26 - Especificações das correntes na área 300: Parte 2. ....	112
Tabela 27 - Especificações das correntes na área 400: Parte 1. ....	113
Tabela 28 - Especificações das correntes na área 400: Parte 2. ....	113
Tabela 29 - Custos da planta industrial. ....	118
Tabela 30 - Custos gerais pré-operacionais.....	118
Tabela 31 - Custos dos equipamentos.....	119

Tabela 32 - Custos dos gastos energéticos. ....	120
Tabela 33 - Custos dos insumos e rotulagem. ....	121
Tabela 34 - Custos das despesas operacionais.....	122
Tabela 35 - Custos dos investimentos. ....	123
Tabela 36 - Financiamento do BNDES. ....	123
Tabela 37 - Depreciação dos bens.....	124
Tabela 38 - Custos de depreciação anual.....	125
Tabela 39 - Tributações impostas. ....	126
Tabela 40 - Fluxo de caixa: Parte 1.....	127
Tabela 41 - Fluxo de caixa: Parte 2.....	128
Tabela 42 - Fluxo de caixa: Parte 3.....	128
Tabela 43 - Fluxo de caixa: Parte 4.....	129
Tabela 44 - Fluxo de caixa, valor presente e payback. ....	131

## LISTA DE ABREVIATURAS

atm	Atmosfera
cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
cv	Cavalos a vapor
d	dia
ft	Pés
FC	Fluxo de Caixa
g	Gramma
h	Hora
ha	Hectare
há	Hectare
kcal	Quilocaloria
kg	Quilograma
kgDBO	Quilograma de DBO
kgf	Quilograma-força
kJ	Quilojoule
km	Quilômetros
kW	Quilowatts
L	Litros
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
mg	Miligrama
mgO <sub>2</sub>	Miligrama de oxigênio
min	Minuto
mm	Milímetro
PC	Poder Calorífico
pH	Potencial hidrogeniônico
rpm	Rotações por minuto
rpm	Rotações por minuto
t	Tonelada
TDH	Tempo de Retenção Hidráulica

UA	Umidade absoluta do ar atmosférico
VD	Valores diários
VP	Valor Presente

## LISTA DE SIGLAS

ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
ACIU	Associação Comercial, Industrial e Agrícola de Umuarama
BCB	Banco Central do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCP	Centros Comunitários de Produção
CEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DERAL	Departamento de Economia Rural
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EBITDA	Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESPM	Escola Superior de Propaganda e Marketing
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPR	Instituto Federal do Paraná
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ISSQN	Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza
ITBI	Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis
LAIR	Lucro Anterior ao Imposto de Renda e Contribuição Social
MS	Mato Grosso do Sul
PFD	Process Flow Diagram
PIB	Produto Interno Bruto

PIS	Programa de Integração Social
PR	Paraná
PRODEU	Programa de Desenvolvimento e Expansão Econômica de Umuarama
RH	Recursos humanos
SAC	Sistema de Amortização Constante
SEAB	Secretaria de Agricultura e Abastecimento
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus

## LISTA DE SÍMBOLOS

$v_s$	Velocidade de sedimentação
$g$	Gravidade
$\rho_p$	Massa específica da partícula;
$B$	Largura da lagoa;
$\rho_f$	Massa específica do fluido;
$\dot{V}$	Vazão volumétrica do efluente;
$\mu$	Viscosidade dinâmica do fluido;
$d_p$	Diâmetro da partícula.
$L$	Comprimento da lagoa.
$\Sigma$	Somatório
%	Porcentagem
$\dot{Q}_{latente}$	Taxa de transferência de calor latente
$\dot{Q}_{total}$	Taxa de transferência de calor total
$\dot{m}_1$	Vazão mássica total da corrente 1
$\dot{m}_{10}$	Vazão mássica total da corrente 10
$\dot{m}_{11}$	Vazão mássica total da corrente 11
$\dot{m}_{12}$	Vazão mássica total da corrente 12
$\dot{m}_{14}$	Vazão mássica total da corrente 14
$\dot{m}_{15}$	Vazão mássica total da corrente 15
$\dot{m}_{16}$	Vazão mássica total da corrente 16
$\dot{m}_2$	Vazão mássica total da corrente 2
$\dot{m}_3$	Vazão mássica total da corrente 13
$\dot{m}_3$	Vazão mássica total da corrente 3
$\dot{m}_{30}$	Vazão mássica da corrente 30
$\dot{m}_4$	Vazão mássica total da corrente 4
$\dot{m}_5$	Vazão mássica total da corrente 5
$\dot{m}_6$	Vazão mássica total da corrente 6



$\dot{m}_7$	Vazão mássica total da corrente 7
$\dot{m}_8$	Vazão mássica total da corrente 8
$\dot{m}_9$	Vazão mássica total da corrente 9
$\dot{m}_{A,14}$	Vazão de amido na corrente 14
$\dot{m}_{E1}$	Vazão mássica total da corrente efluente 1
$\dot{m}_{E2}$	Vazão mássica total da corrente efluente 2
$\dot{m}_{E3}$	Vazão mássica total da corrente efluente 3
$\dot{m}_{U,16}$	Vazão de umidade na corrente 16
$\dot{m}_{ar,seco}$	Vazão mássica de ar seco
$\dot{m}_c$	Vazão mássica de casca
$\dot{m}_{lenha}$	Vazão mássica de lenha
$\dot{m}_{u,at}$	Vazão mássica de umidade no ar atmosférico
$\dot{m}_{vapor}$	Vazão mássica de vapor
$\Delta H^\circ_{298}$	Entalpia padrão de combustão a temperatura de 298 K
$h_{liq}$	Entalpia de líquido saturado
$A_{1/2}$	Área de meia profundidade
$CH_4$	Molécula de metano
$CO_2$	Molécula de dióxido de carbono
$CO_V$	Carga orgânica no efluente
$CO_{V1}$	Carga orgânica final do efluente da primeira lagoa
$CO_{V2}$	Carga orgânica final do efluente da segunda lagoa
$CO_{V3}$	Carga orgânica final do efluente da terceira lagoa
$CO_{total}$	Carga orgânica total
$Cp_{H_2O}$	Capacidade calorífica da água
$Cp_{amido}$	Capacidade Calorífica do amido.
$Cp_{ar}$	Capacidade calorífica do ar
$DBO_{final}$	Demanda bioquímica de oxigênio final
$DBO_{inicial}$	Demanda bioquímica de oxigênio inicial
$DBO_{remoção}$	Eficiência de remoção de DBO
$H_2O$	Molécula de água

$H_v$	Entalpia de vapor saturado
$\dot{Q}$	Taxa de transferência de calor
$T_{14}$	Temperatura da corrente 14
$T_{15}$	Temperatura da corrente 15
$T_{16}$	Temperatura da corrente 16
$T_{30}$	Temperatura na corrente 30
$T_{32}$	Temperatura da corrente 32
$UA_{15}$	Umidade absoluta na corrente 15
$\int dT$	Integral em função da temperatura
$\dot{m}$	Vazão mássica
$x_{A,E1}$	Fração mássica de amido na corrente efluente 1
$x_{A,E2}$	Fração mássica de amido na corrente efluente 2
$x_{A,10}$	Fração mássica de amido na corrente 10
$x_{A,12}$	Fração mássica de amido na corrente 12
$x_{A,14}$	Fração mássica de amido na corrente 14
$x_{A,16}$	Fração mássica de amido na corrente 16
$x_{A,2}$	Fração mássica de amido na corrente 2
$x_{A,3}$	Fração mássica de amido na corrente 3
$x_{A,4}$	Fração mássica de amido na corrente 4
$x_{A,6}$	Fração mássica de amido na corrente 6
$x_{A,8}$	Fração mássica de amido na corrente 8
$x_{A,9}$	Fração mássica de amido na corrente 9
$x_{B,3}$	Fração mássica de bagaço na corrente 3
$x_{B,6}$	Fração mássica de bagaço na corrente 6
$x_{B,9}$	Fração mássica de bagaço na corrente 9
$x_{C,4}$	Fração mássica de casca na corrente 4
$x_{T,E1}$	Fração mássica de terra na corrente efluente 1
$x_{T,E2}$	Fração mássica de terra na corrente efluente 2
$x_{T,4}$	Fração mássica de terra na corrente 4

$x_{U,E1}$	Fração mássica de umidade na corrente efluente 1
$x_{U,E2}$	Fração mássica de umidade na corrente efluente 2
$x_{U,2}$	Fração mássica de umidade na corrente 2
$x_{U,3}$	Fração mássica de umidade na corrente 3
$x_{U,4}$	Fração mássica de umidade na corrente 4
$x_{U,8}$	Fração mássica de umidade na corrente 8
$x_{U,9}$	Fração mássica de umidade na corrente 9
$\Delta H$	Variação de entalpia
$\Delta T$	Variação de temperatura
°	Indicador ordinal masculino
°Bé	Graus Bé
°C	Graus Celsius
O <sub>2</sub>	Molécula de oxigênio
R\$	Real
$C_p$	Capacidade calorífica
$H$	Altura
$L_s$	Carga superficial média da lagoa
$V$	Volume
$n$	Número de mols
$\eta$	Rendimento

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	23
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	24
2.1	MATÉRIA-PRIMA	24
2.1.1	Mandioca	24
2.1.2	Clima e solo	25
2.1.3	Pragas e doenças	26
2.2	DEFINIÇÃO DO PRODUTO	26
<b>3</b>	<b>APRESENTAÇÃO</b>	29
3.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	29
3.1.1	Missão da empresa	30
3.1.2	Visão da empresa	30
3.1.3	Valores da empresa	30
3.1.4	Organograma	30
3.2	APRESENTAÇÃO DO PRODUTO	31
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</b>	33
4.1	ESTUDO DE MERCADO	33
4.2	LOCALIZAÇÃO	37
4.2.1	Paraná	37
4.2.2	Umuarama	40
<b>5</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	45
<b>6</b>	<b>FLUXOGRAMA E DESCRIÇÃO DO PROCESSO</b>	46
6.1	FLUXOGRAMA DO PROCESSO	46
6.2	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	47
6.2.1	Colheita e transporte	47
6.2.2	Recepção e pesagem	47
6.2.3	Armazenagem	48
6.2.4	Lavagem e descascamento	49
6.2.5	Picagem	50
6.2.6	Desintegração	51
6.2.7	Extração	52
6.2.8	Concentração	53
6.2.9	Purificação e refino	54
6.2.10	Desidratação	55

6.2.11	Secagem .....	56
6.2.12	Ensaque .....	57
<b>7</b>	<b>FLUXOGRAMA E DESCRIÇÃO DO TRATAMENTO DE RESÍDUOS .....</b>	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>BALANÇO DE MASSA DA PRODUÇÃO DE FÉCULA DE MANDIOCA .....</b>	<b>62</b>
8.1	BALANÇO NO LAVADOR/DESCASCADOR .....	63
8.2	BALANÇO NO PICADOR .....	66
8.3	BALANÇO NA CEVADEIRA .....	67
8.4	BALANÇO NO EXTRATOR .....	68
8.5	BALANÇO NA CENTRÍFUGA.....	71
8.6	BALANÇO NO HIDROCICLONE .....	72
8.7	BALANÇO NO DESIDRATADOR PEELER .....	74
8.8	BALANÇO NO SECADOR FLASH DRYER .....	75
8.9	BALANÇO NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS .....	78
8.9.1	Rosca de separação.....	78
8.9.2	Caixa de areia .....	80
8.9.3	Lagoa de decantação .....	82
8.9.4	Biodigestor.....	83
8.9.5	Lagoas facultativas .....	84
<b>9</b>	<b>BALANÇO DE ENERGIA DA PRODUÇÃO DE FÉCULA DE MANDIOCA.....</b>	<b>86</b>
9.1	ENERGIA TÉRMICA.....	86
9.1.1	Cálculo da energia térmica em processo com queimador de biogás.....	86
9.1.2	Cálculo da energia térmica em processo com caldeira a lenha.....	92
9.2	ENERGIA ELÉTRICA.....	93
9.2.1	Gerador de Energia Elétrica .....	94
9.3	INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA .....	94
<b>10</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS DA ETAPA DE PRODUÇÃO .....</b>	<b>96</b>
10.1	PLATAFORMA DE PESAGEM .....	96
10.2	RAMPA DE DESCARREGAMENTO.....	96
10.3	MOEGA.....	96
10.4	LAVADOR E DESCASCADOR .....	97
10.5	PICADOR.....	97
10.6	CEVADEIRA .....	97
10.7	EXTRATORA .....	97

10.8	CENTRÍFUGA DE PRATOS .....	98
10.9	HIDROCICLONE.....	98
10.10	DESIDRATADOR PEELER.....	98
10.11	QUEIMADOR DE BIOGÁS .....	98
10.12	CALDEIRA .....	99
10.13	TROCADOR DE CALOR .....	99
10.14	SECADOR FLASH DRYER .....	99
10.15	SILO DE ARMAZENAMENTO .....	100
10.16	ENSACADEIRA .....	100
10.17	GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA.....	100
<b>11</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DO TRATAMENTO DE RESÍDUOS.....</b>	<b>101</b>
11.1	ROSCA DE SEPARAÇÃO .....	101
11.2	CAIXA DE AREIA.....	101
11.3	LAGOA DE DECANTAÇÃO .....	101
11.4	BIODIGESTOR .....	103
11.5	LAGOAS FACULTATIVAS .....	105
<b>12</b>	<b>DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSOS .....</b>	<b>109</b>
<b>13</b>	<b>PLANTA BAIXA .....</b>	<b>114</b>
<b>14</b>	<b>ANÁLISE ECONÔMICA.....</b>	<b>117</b>
14.1	DESPESAS FIXAS.....	117
14.1.1	Terreno da planta industrial e construção civil.....	117
14.1.2	Equipamentos.....	119
14.2	DESPESAS VARIÁVEIS .....	120
14.3	CAPITAL DE GIRO .....	121
14.4	FINANCIAMENTO.....	122
14.5	DEPRECIAÇÃO .....	124
14.6	FATURAMENTO BRUTO ANUAL E IMPOSTOS .....	125
14.6.1	Faturamento bruto anual .....	125
14.6.2	Impostos .....	126
14.7	FLUXO DE CAIXA.....	126
14.8	PAYBACK, VALOR PRESENTE LÍQUIDO E TAXA INTERNA DE RETORNO .....	130
14.9	PONTO DE EQUILÍBRIO .....	132

<b>15 CONCLUSÃO</b> .....	134
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	135
<b>ANEXO 1 – CARTA PSICOMÉTRICA PARA ALTAS TEMPERATURAS</b> .....	144
<b>ANEXO 2 - CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS</b> .....	145
<b>APÊNDICE A – SALÁRIOS E ADICIONAIS DE FUNCIONÁRIOS</b> .....	146
<b>APÊNDICE B – DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS</b> .....	151

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo da mandioca tem grande relevância econômica, pois a raiz é base da alimentação para milhões de pessoas, principalmente em países em fase de desenvolvimento. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais, com um plantio de aproximadamente dois milhões de hectares, produzindo em média 23 milhões de toneladas de mandioca (FILHO; BAHIA, 2009).

A indústria de processamento da raiz da mandioca está passando por um estágio de desenvolvimento, tendo seus subprodutos como base de uma variedade de produtos desenvolvidos por outros setores industriais, tanto em não-alimentícios como alimentícios. Esse leque de mercado, interligado com a alta produção de mandioca no país, abrem uma gama de oportunidades para o setor (GAMEIRO, 2002).

Segundo Zeoula e Caldas Neto (2001), a produção do amido de mandioca é mais fácil do que em comparação às outras matérias primas, como milho e batata doce, pois a extração do mesmo necessita de menos processos de purificação.

Houve um grande crescimento na procura da fécula de mandioca, especialmente nos setores industriais, sendo por exemplo utilizada para agregar na mistura de farinha de trigo para a fabricação de pães, atuando como diluidor do glúten presente no trigo proporcionando maior maciez. Além disso a utilização da fécula acarreta em uma diminuição na importação de trigo, aumentando o potencial do mercado interno (FILHO; BAHIA, 2009).

Neste contexto, a ManiSul – Indústria de Fécula de Mandioca surge como um projeto de indústria que tem como base a produção do amido ou fécula de mandioca de alta qualidade, ligada a sustentabilidade e o apelo ambiental envolvido durante o processo produtivo. Para a elaboração do projeto industrial será apresentado os dados de mercado, localização, bem como as operações envolvidas, balanço de massa e energia, e por fim uma análise financeira para indicar a viabilidade econômica do projeto.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MATÉRIA-PRIMA

#### 2.1.1 Mandioca

A mandioca, *Manihot esculenta crantz*, é uma planta que faz parte da família das Euforbiáceas, tendo o maior valor energético contido na sua raiz. Dessa maneira, é utilizada na alimentação humana, animal e como matéria prima em diversos setores industriais (FILHO; BAHIA, 2009). A raiz de mandioca é ilustrada na Figura 1.

**Figura 1 - Mandioca.**



**Fonte:** BARROS (2017).

A mandioca é uma das culturas mais difundidas no Brasil. Na época que o país recebia seus primeiros colonizadores, já se depararam com a figura indígena cultivando e manuseando o tubérculo no preparo de alimentos e bebidas (ALLEM, 2002). Existem lendas indígenas distintas sobre a origem da mandioca onde a semelhança que persiste em todas é a tratativa de uma dádiva divina perante a sua importância para a sobrevivência das tribos (EMBRAPA, 2003a).

A mandioca possui duas variedades: a amarga ou brava (tóxica) e a mansa ou doce. De acordo com Salomão Junior e seus colaboradores (1994), o que diferencia estas variedades de mandioca é o teor de glicosídeos cianogênicos presentes, entretanto as duas classes podem ser processadas na indústria. A mandioca brava possui em média uma concentração de glicosídeos cianogênicos

em torno de 15 a 30 mg por 100 gramas de polpa crua, já a mansa varia de 1 a 10 mg por 100 g de polpa crua (PINTO, 2008).

O cultivo e manuseio tradicional da mandioca no Brasil faz da industrialização das raízes uma ótima opção para fonte de renda, diminuindo assim perdas pós-colheita dessas raízes que são altamente perecíveis (perecibilidade permitida entre 24 e 36 horas após a retirada do solo), o que, além de promover a geração de empregos e a criação de produtos com valor agregado, proporciona um maior rendimento de fécula na indústria e, conseqüentemente, também um maior retorno financeiro aos produtores da raiz (MATTOS; BEZERRA, 2003).

Entre os grandes produtores mundiais da mandioca, destaca-se o Brasil. O país é responsável por 12,7% da produção mundial, entretanto, majoritariamente voltada ao abastecimento do mercado interno. O sistema agroindustrial da mandioca no país vem sofrendo alterações desde a década de 1990, no que diz respeito ao destino final do tubérculo (EMBRAPA, 2003a).

Segundo Lavina (1993), a Mandioca possui como vantagem a eliminação da etapa de maceração ou hidratação, muito utilizada nos cereais, no seu processamento. Por possuir baixas concentrações de lipídeos e proteínas, é dispensável o processo de purificação para a retirada destes componentes, conseqüentemente, a reposição de água também não é necessária.

### 2.1.2 Clima e solo

O cultivo da mandioca é mais adequado em regiões onde o clima é considerado tropical ou subtropical, com precipitação pluviométrica em torno de 600 a 1200 mm de chuvas e temperatura média próxima de 25 °C. O plantio deve ser realizado em solos com faixa de pH em torno de 5,5 e 7 e com boa textura, evitando regiões muito alagadas e arenosas. Entretanto, a planta é bem complacente à seca e possui adaptação às mais diversas situações de clima e solo (FILHO; BAHIA, 2009).

A água é necessária nos primeiros 15 dias após o plantio, pois para o brotamento das manivas ocorrer, necessita de um solo úmido. Após um período de cinco meses, as raízes já se formaram e havendo uma seca, a mesma não afetaria a produção (MATTOS; BEZERRA, 2003).

A eficiência da produção é elevada por meio do uso de caleagem e adubação de terras com fertilidade baixa. A aplicação de matéria orgânica, biofertilizantes, torta de mamona, esterco de curral, geram um solo propício para uma grande produção, tendo como produtividade média entre 15 a 20 toneladas por hectare (MATTOS; BEZERRA, 2003).

A colheita das raízes é realizada conforme o ciclo da variedade que está sendo cultivada. Após a colheita, o processamento da raiz deve ser realizado nas primeiras vinte e quatro horas, para não ocorrer um declínio da qualidade do produto (FILHO; BAHIA, 2009).

### 2.1.3 Pragas e doenças

A grande maioria das pragas e doenças da mandioca atacam a superfície foliar da planta, afetando diretamente o processo de fotossíntese, que é o processo em que a planta se desenvolve e armazena energia na forma de carboidrato nas raízes, portanto, afetando diretamente a eficiência de produção das raízes da mandioca em uma lavoura (MATTOS; BEZERRA, 2003).

## 2.2 DEFINIÇÃO DO PRODUTO

Segundo a instrução normativa nº. 23 de 14 de dezembro de 2005 denominada “Normas de Classificação de Produtos Amiláceos”, o amido de mandioca é caracterizado como a substância amilácea extraída das raízes de mandioca, resultada de uma decantação, centrifugação ou outros processos tecnológicos adequados (BRASIL, 2005). No Brasil, o amido de raízes e plantas tuberosas também é identificado como fécula.

A fécula, representada na Figura 2, é um produto insípido processado a partir de raízes e tubérculos da mandioca. A formação do amido é resultado da atividade coordenada de enzimas, onde o mesmo serve como reserva energética temporária. Sua estrutura possui diversas formas e dimensões que estão intimamente ligadas ao seu desenvolvimento na célula viva (CEREDA et al., 2001).

**Figura 2 - Fécula de mandioca.**



**Fonte:** Cozinha técnica (2012).

O amido compõe aproximadamente 85% dos carboidratos presentes na mandioca, a Tabela 1 mostra a composição geral da mandioca crua em uma porção 100 gramas de parte comestível, contendo valores referentes a minerais, vitaminas e colesterol.

**Tabela 1 - Composição da mandioca em 100 gramas de amostra.**

<b>Composição</b>	<b>Mandioca crua</b>
Umidade (%)	61,8
Energia (kcal)	151
Proteína (g)	1,1
Lipídeos (g)	0,3
Colesterol (mg)	-
Carboidratos (g)	36,2
Fibra alimentar (g)	1,9
Cinzas (g)	0,6
Cálcio (mg)	15
Magnésio (mg)	44

**Fonte:** NEPA (2011).

O amido é encontrado na aparência de grânulos, que por sua vez são estruturas semicristalinas compostas de macromoléculas lineares e ramificadas, conhecidas como amilose e amilopectina (BOURSIER, 1994). A espécie possui

característica insolúvel em água fria, uma vez que o amido forma uma suspensão aquosa, entretanto, deposita-se rapidamente, o que acaba sendo uma vantagem para o processo de separação. Dentre os parâmetros de classificação, destaca-se a acidez (doce ou azedo) e também a coloração que indica a qualidade do amido e a perecibilidade da mandioca (SUFRAMA, 2003).

A finalidade do amido como matéria-prima para diversos setores industriais pode ser distinguida pela quantidade de grandes modificações que a fécula estará sujeita. A fécula que é submetida a poucos processos no setor industrial é denominada fécula nativa, enquanto a espécie que sofre alterações em sua composição química é conhecida como amido modificado.

A fécula nativa é utilizada tanto em setores industriais, agro-alimentar e o papelero, como no setor alimentício de panificação. O setor da indústria química possui uma exigência maior do amido modificado devido às limitações da fécula nativa. Estas limitações favorecem uma vertente na área de amido que visam aumentar a utilidade desse polímero nas aplicações industriais (SUFRAMA, 2003).

### 3 APRESENTAÇÃO

#### 3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A ManiSul é o projeto de uma indústria especializada na produção de fécula de mandioca *in natura*, que será localizada no município de Umuarama -PR e terá como alvo o mercado interno e regional. Sua produção está voltada principalmente aos estados do Paraná e São Paulo, atendendo a diversos mercados consumidores, tendo as áreas de carnes processadas, panificação e indústrias de papel e celulose como seu principal mercado consumidor.

A empresa terá como objetivo fornecer a fécula de mandioca de grande qualidade ao mercado, com uma produção a partir de raízes selecionadas, assegurando o controle de qualidade desde a matéria prima vinda do campo até o produto final. O destaque da empresa está em sua visão sustentável, já que quase toda a energia utilizada na indústria será proveniente de um biodigestor que operará a partir dos resíduos gerados, resultando assim em um efluente que se enquadra aos padrões estabelecidos para o descarte em corpos hídricos.

O nome ManiSul é uma referência à lenda tupi da “Mandioca”, a qual se originou o popular nome mandioca que é a matéria prima do produto, juntamente com uma menção à região de instalação da indústria e também ao local onde os 5 engenheiros químicos fundadores realizaram juntos sua graduação. A Figura 3 apresenta a logomarca da empresa ManiSul.

Figura 3 - Logomarca da empresa.



Fonte: Autoria própria (2019).

### 3.1.1 Missão da empresa

Produzir e desenvolver uma fécula de mandioca de qualidade e excelência de modo a garantir a satisfação de todos os consumidores, produzindo em um ambiente saudável em harmonia com o meio ambiente e a sociedade.

### 3.1.2 Visão da empresa

Ser uma empresa de referência e inovadora no nosso setor buscando o aprimoramento máximo dos produtos e o investimento constante em logística para atingir todos os mercados.

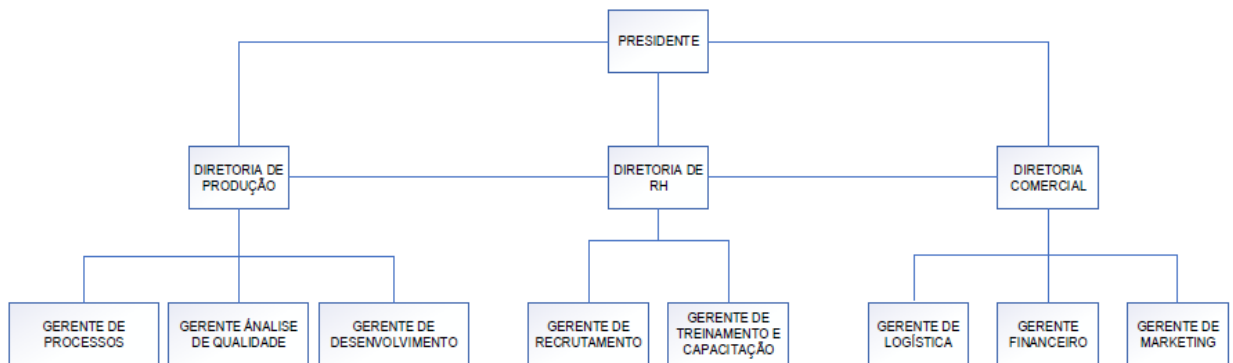
### 3.1.3 Valores da empresa

- Qualidade
- Inovação
- Eficiência
- Sustentabilidade
- Responsabilidade Socioambiental
- Ética
- Respeito
- Confiança

### 3.1.4 Organograma

A Figura 4 apresenta a estrutura hierárquica de gerenciamento da ManiSul, tendo em vista a responsabilidade de cada setor para o perfeito funcionamento da empresa.

**Figura 4 - Organograma da indústria de fécula de mandioca ManiSul.**



**Fonte:** Autoria própria (2019).

### 3.2 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO

O produto será constituído da fécula de mandioca *in natura*, sendo divididas em duas variedades. A primeira consistirá de um amido proveniente de raízes de casca branca, resultando em um produto de tonalidade clara, sendo preferível nos setores alimentícios. A segunda variedade será proveniente das raízes de casca escura, da qual será obtido o amido com uma tonalidade distinta da primeira, que será vendido para setores que não possuem restrição quanto à aparência final do produto, como frigoríficos e setores de papel e celulose. Em ambas as variedades o processo produtivo será o mesmo se diferenciando apenas o tipo de mandioca processada.

A fécula de mandioca produzida pela ManiSul terá como critério altos padrões de qualidade, que serão certificados pelas análises feitas durante cada processo. O produto será vendido em pacotes de 25 kg, atendendo principalmente aos estados do PR e SP.

A Figura 5 apresenta os valores da tabela nutricional da fécula de mandioca que será produzida.



**Figura 5 - Tabela nutricional: Fécula de mandioca**

Informação Nutricional		
Porção: 100 g ou 5 Colheres de sopa		
Nutriente	Quantidade	%VD
Valor energético	330,9 kcal	17
Carboidratos	81,2 g	27
Proteínas	0,5 g	1
Fibra Alimentar	0,7 g	3
Cálcio	11,9 mg	1
Fósforo	60,4 mg	9
Magnésio	3,0 mg	1
Lipídios	0,3 mg	-
Ferro	0,1 mg	1
Potássio	48,1 mg	-
Tiamina B1	0,0 mg	0
Sódio	2,5 mg	0

**Fonte:** Adaptado de TACO (2019).

## 4 ANÁLISE E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

### 4.1 ESTUDO DE MERCADO

A cultura da mandioca é conhecida no mundo há cerca de 9 mil anos, podendo ser cultivada em climas tropicais e subtropicais, não tolerando alagamentos e se desenvolvendo de maneira eficiente sob exposição direta ao sol. A mandioca é uma grande fonte de carboidrato e betacaroteno a baixo custo, portanto, se tornando uma cultura importante para países tropicais de baixa renda (SEBRAE/ESPM, 2008).

Mais de cem países praticam o cultivo de mandioca e entre os anos de 2012 e 2016, observou-se um aumento de 6% na produção mundial dessa raiz. Os países que apresentaram melhor desempenho foram os países africanos Nigéria e Gana, com um crescimento de 12% e 22%, respectivamente, enquanto o Brasil, no ano de 2016 apresentou a maior queda devido à estiagem que assolou boa parte das regiões produtoras. De acordo com o CEPEA (2017) no Quadro 1, no ano de 2016, o preço da mandioca no Brasil apresentou um aumento significativo, ocasionada pela menor oferta e também pelo crescimento da demanda industrial.

**Quadro 1 - Produção mundial de mandioca entre os maiores produtores mundiais entre 2012 a 2016.**

País	Produção (em mil toneladas métricas)					Variação percentual			
	2012 (a)	2013 (b)	2014 (c)	2015 (d)	2016 (e)	(b/a)	(c/b)	(d/c)	(e/d)
Mundo	266.010	266.112	279.028	281.380	281.897	0,04	4,9	0,8	0,2
Nigéria	50.950	47.406	56.328	57.643	57.134	-7,0	18,8	2,3	-0,9
Tailândia	29.848	30.227	30.022	32.258	31.161	1,3	-0,7	7,4	-3,4
Brasil	23.044	21.484	23.253	23.060	21.083	-6,8	8,2	-0,8	-8,6
Indonésia	24.177	23.937	23.436	21.801	20.745	-1,0	-2,1	-7,0	-4,8
Gana	14.547	15.990	17.798	17.213	17.798	9,9	11,3	-3,3	3,4
Congo	14.809	14.678	14.741	14.709	14.678	-0,9	0,4	-0,2	-0,2

**Fonte:** FAOSTAT (2018).

No Brasil, os estados que mais se destacam na produção de mandioca são os estados do Pará, Paraná e Maranhão. Em 2017, a produtividade anual do Pará foi de 4,23 milhões de toneladas, do Paraná foi de 3,29 milhões de toneladas e do Maranhão foi de 1,31 milhões de toneladas, para uma área de cultivo respectiva de 294,34 mil, 139,22 mil e 151,16 mil hectares para cada um desses estados. Dessa

maneira o rendimento de produtividade (t/ha) é de 14,39 para o Pará, 23,62 para o Paraná e 8,71 para o Maranhão (EMBRAPA, 2018).

Para o ano de 2019, a Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB/DERAL, 2018) estimou um crescimento de 8% na área disponível para a produção da mandioca no estado, alcançando 154,13 mil hectares. Dessa maneira, é aguardado um aumento de rendimento na produtividade de 3%, produzindo 24,5 toneladas por hectares, permitindo que a produção do Paraná atinja 3,40 milhões de toneladas (CEPEA, 2019).

Durante a última década no Paraná, o cultivo da mandioca de mesa vem ganhando evidência, sobretudo nos municípios próximos aos grandes centros consumidores, como Londrina, Maringá, Cascavel e Curitiba. A produção de mandioca em grande escala acontece nas áreas mais tecnológicas e se destina ao abastecimento das indústrias de fécula ou de farinha. A Tabela 2 apresenta os valores de produção de mandioca nos principais núcleos regionais do Paraná (SEAB, 2017).

**Tabela 2 - Área e produção de mandioca nos principais núcleos regionais.**

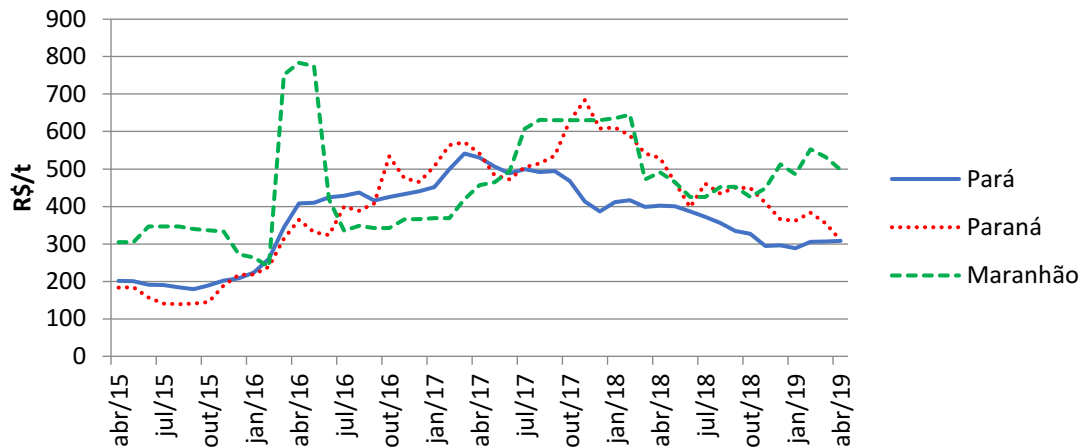
Núcleos Regionais	Safrá 2016/17		Safrá 2017/18	
	Áreas (ha)	Produção (t)	Áreas (ha)	Produção (t)
Paranavaí	39800	1129000	29000	856000
Umuarama	35500	875000	40000	1060000
Campo Mourão	11000	263000	12000	276000
Toledo	8400	224000	10000	282000
Curitiba	7400	146000	8000	152000
Maringá	5000	125000	6000	138000
Outros	16900	438000	-	486000
Total Paraná	124000	3200000	125000	3250000

**Fonte:** SEAB (2017).

A evolução do preço da mandioca, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019) é apresentada na Figura 6, entre abril de 2015 e abril de 2019. Pode se notar uma grande variação nos preços ao longo do tempo, devido aos aspectos relacionados com o ciclo da cultura e da estrutura do mercado. Como se trata de uma cultura de fácil manejo e que requer pouca tecnologia, quando o preço está favorável, ocorre à entrada agricultores no

negócio, portanto, aumentando a produção da mandioca, e conseqüentemente, reduzindo o preço (COELHO, 2018).

**Figura 6 - Evolução dos preços de mandioca em raiz (R\$/t) entre abril de 2015 à abril de 2019.**

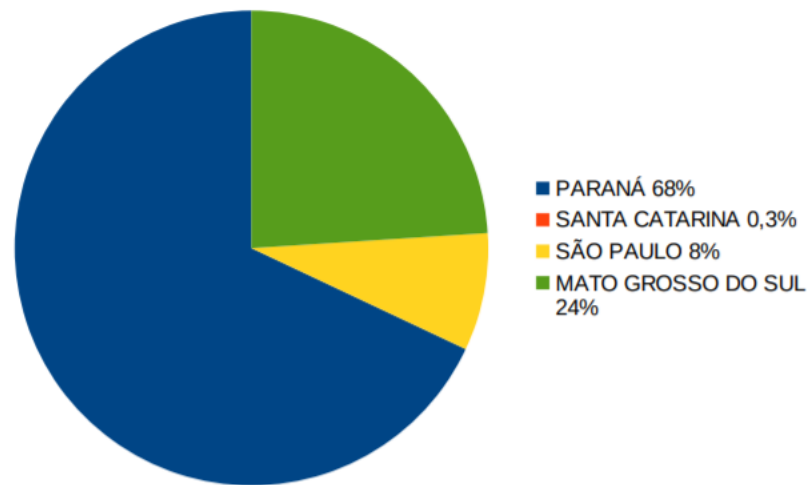


**Fonte:** CONAB (2019).

A produção da fécula de mandioca no Brasil apresenta uma evolução gradativa e no período de 26 anos, sua produção passou de 170 mil toneladas de 1990 para 616 mil toneladas em 2016, registrando um aumento de 262% (SEAB, 2017). Agora em 2019, com o possível aumento da oferta da mandioca, a produção de fécula poderá superar a dos últimos dois anos, com um avanço de 3,2% na produção neste ano (CEPEA, 2019). No estado do Paraná, residem 42 unidades de fecularias de um total de 71 existentes no Brasil, dessa maneira, representa 59% das indústrias e 70% de capacidade instalada em 2016, com produtividade de 13790 toneladas de raiz/dia (SEAB, 2017).

O Paraná se destaca como um dos principais produtores da fécula de mandioca com 68% da produção nacional, em sequência temos o estado do Mato Grosso do Sul, São Paulo e em menor escala o estado de Santa Catarina, como pode ser apresentado pela Figura 7.

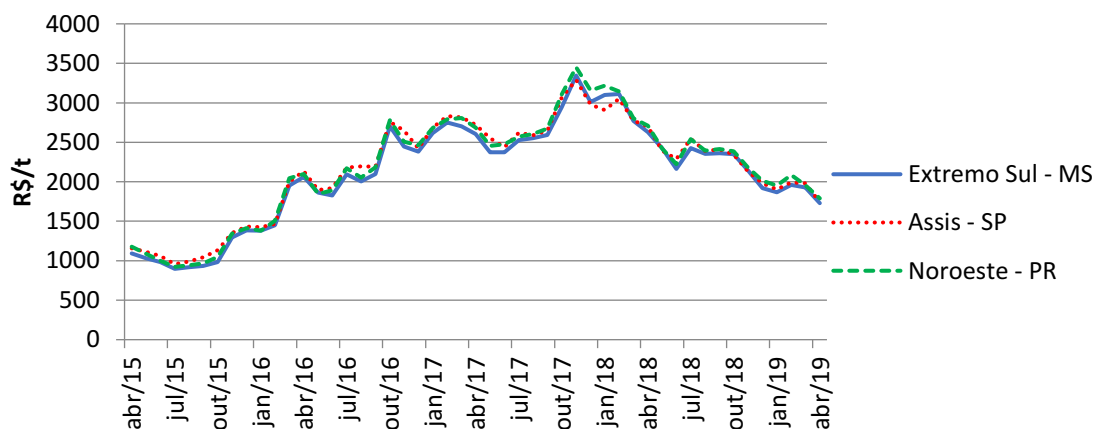
**Figura 7 - Produção de fécula nos estados em 2016.**



Fonte: SEAB (2017).

A Figura 8 representa a evolução do preço da fécula de mandioca entre abril de 2015 e abril de 2019, de acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). Pelo fato de as regiões presentes no gráfico serem relativamente próximas, os valores de preço da fécula em cada período de tempo não apresentam uma grande diferença entre si. Vale ressaltar, que a variação de preço da fécula segue um perfil de variação de preço semelhante ao da raiz de mandioca apresentado na Figura 6, principalmente comparado com o preço da mandioca do estado do Paraná.

**Figura 8 - Evolução do preço da fécula de mandioca (R\$/t) entre abril de 2015 à abril de 2019.**



Fonte: CEPEA (2019).

Praticamente toda a produção da fécula de mandioca é destinada para o mercado brasileiro, de maneira que menos de 1% é designada para exportação. Inúmeros produtos fazem uso da fécula na sua composição, podendo destacar os frigoríficos, a indústria de papel e papelão, indústria alimentícia, a química e a têxtil. A Tabela 3 expõe a proporção dos principais setores compradores da fécula produzida no Brasil.

**Tabela 3 - Principais compradores de fécula - 2010/2016 (%).**

<b>Setores</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Panificação/Outros	14,8	18,6	21,3	21,5	25,4	22,8
Atacadistas	27,7	25,0	24,3	21,3	19,1	18,9
Papel/Papelão	18,2	15,8	10,1	18,8	16,5	8,9
Frigoríficos	13,1	13,2	16,7	11,4	12,3	17,6
Outras Fecularias	5,1	5,2	4,0	8,2	12,4	6,0
Varejistas	11,2	7,6	10,6	6,6	3,6	7,3
Têxtil	1,1	3,7	4,9	4,2	1,9	2,6
Ind. Química	2,4	4,7	1,9	1,4	2,7	5,2
Outros	6,4	5,6	5,8	6,1	5,8	9,8
Exportação	-	0,6	0,4	0,5	3,0	0,9

**Fonte:** SEAB (2017).

## 4.2 LOCALIZAÇÃO

O município escolhido para instalação da indústria foi Umuarama, localizado no estado do Paraná. A seguir, são apresentados os motivos que justificam a escolha dessa região.

### 4.2.1 Paraná

O Paraná se destaca na produção de mandioca, ocupando o segundo lugar dentre os maiores produtores do Brasil, ficando atrás apenas do Pará. No ano de 2017, registrou uma área colhida de 139.217 hectares, tendo uma produção de 3.288.355 toneladas de mandioca como mostra o Quadro 2.

**Quadro 2 - Dados de produção de mandioca no Paraná em 2017.**

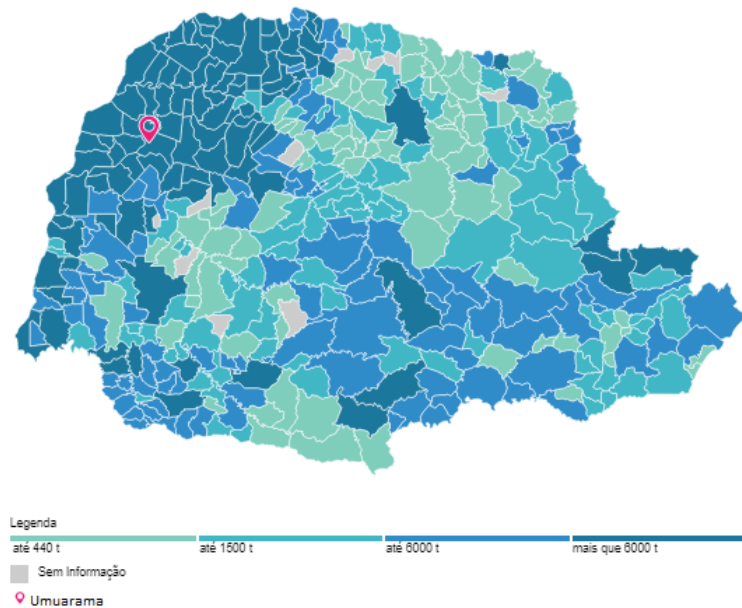
<span style="color: #0070C0;">v</span> MANDIOCA		
QUANTIDADE PRODUZIDA	3.288.355	t
VALOR DA PRODUÇÃO	1.811.051,00	(x 1000) R\$
ÁREA PLANTADA	139.381	ha
ÁREA COLHIDA	139.217	ha
RENDIMENTO MÉDIO	23.620	kg/ha

Fonte: IBGE (2018), adaptado.

O estado escolhido situa-se na região Sul do Brasil, tendo em suas fronteiras São Paulo, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e o Oceano Atlântico. Corresponde a 17,4% da produção brasileira de mandioca e tem grande área plantada, concentrada na região Noroeste do estado, conforme a Figura 9.

Segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2017) o Paraná foi responsável por 70% do total de fécula de mandioca produzida no país em 2015, sendo o principal produtor de fécula de mandioca no cenário nacional. O estado tem destaque na economia brasileira, sendo segundo o IBGE, o quinto maior PIB do país, pois além de ter notável produção agrícola, tem diversos setores industriais, atraindo investidores para o estado e tornando-se destino ideal para agroindústria, somando à forte agropecuária com o desenvolvimento industrial.

**Figura 9 - Mapa referente à produção de mandioca por município no Paraná.**



**Fonte:** IBGE (2018), adaptado.

A escolha pela região Noroeste é justificada pelo fato de ser a maior produtora de mandioca do estado. A grande vantagem de se instalar a indústria onde a disponibilidade de matéria-prima é grande se dá pela redução de custos da produção, economizando com transporte de entrada de matéria-prima e saída do produto final.

O escoamento dos produtos foi um dos principais motivos pelo qual escolheu-se o Paraná, pois é próximo dos principais mercados consumidores do país, com destaque para São Paulo, que detém uma das mais importantes infraestruturas de transportes, tornando o Paraná privilegiado por fazer fronteira. Segundo a Secretária do Esporte e do Turismo (SEET), o Paraná tem a maior rede rodoviária pavimentada do Sul do País, e uma rede ferroviária que liga regiões produtoras do Oeste até o porto de Paranaguá, sendo 2.288 km de extensão.

Além dos motivos relacionados à matéria-prima e transporte, ainda existe a vantagem do Estado do Paraná ser uma unidade federativa que tem grande apoio ao desenvolvimento e ao investimento industrial. O Programa Paraná Competitivo foi desenvolvido para atrair investimentos para novos empreendimentos, melhorar infraestrutura, comércio exterior e desburocratização. Foi criado pela Agência Paraná de Desenvolvimento e é o principal atrativo para investimento no estado, sendo mais um motivo notável para a escolha pela região.



#### 4.2.2 Umuarama

A escolha pela cidade de Umuarama foi feita levando-se em consideração fatores pontuais para implantação da indústria, tais como a facilidade de acesso a matéria-prima, infraestrutura da cidade, geração de empregos, geração de conhecimento e incentivos fiscais para novas indústrias.

A partir da análise da Tabela 2 é possível observar o domínio do núcleo regional de Umuarama perante aos demais do Paraná na produção de mandioca, tendo em vista a safra 2017-2018. Além disso, o município teve produção anual de 63.250 toneladas de mandioca em 2017, e vive hoje a esperança da produção continuar crescendo, conforme mostram o Quadro 3 e a Figura 10.

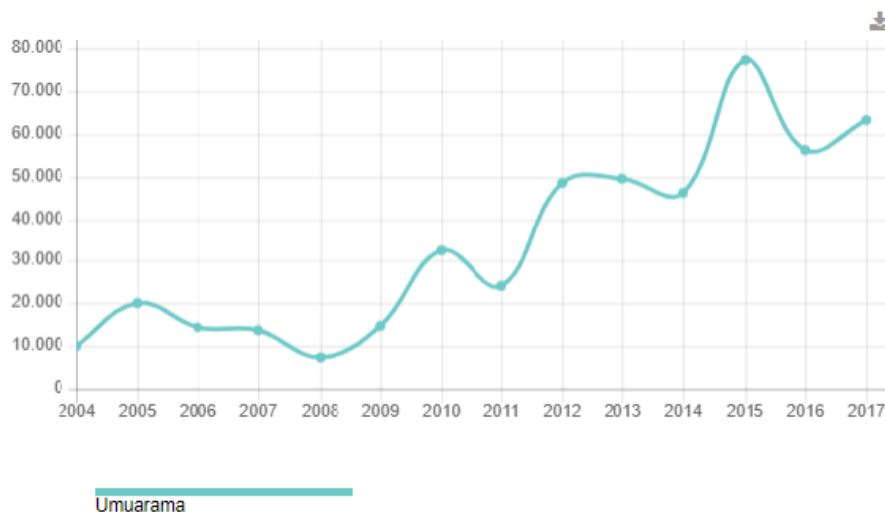
**Quadro 3 - Dados da produção de mandioca em Umuarama.**

MANDIOCA		
QUANTIDADE PRODUZIDA	63.250	t
VALOR DA PRODUÇÃO	33.523,00	(x 1000) R\$
ÁREA PLANTADA	2.375	ha
ÁREA COLHIDA	2.375	ha
RENDIMENTO MÉDIO	26.632	kg/ha

Fonte: Adaptado de IBGE (2018).

**Figura 10 - Série histórica da produção de mandioca em Umuarama.**

Mandioca / Quantidade produzida (Unidade: t)



Fonte: IBGE (2018).

#### 4.2.2.1 Localização geográfica

A localização geográfica da cidade de Umuarama é privilegiada no quesito de acesso à matéria-prima para a indústria. A região noroeste do Paraná, onde se situa o município escolhido, é a maior produtora de mandioca do estado, como mostrado na Figura 9 já citada.

Além do fato da quantidade de matéria-prima na cidade ser alta, sua região também é beneficiada pelas cidades vizinhas serem grandes produtoras de mandioca. Segundo dados do IBGE, do ano de 2017, destaca-se Icaraíma, registrando 97250 toneladas, Maria Helena com 50450 toneladas, Tuneiras do Oeste, que fica a 50 km de distância e tem a quinta maior produção do País, registrando 134400 toneladas de mandioca no ano.

A variedade da mandioca é levada em consideração para a produção da fécula, as condições climáticas são determinantes no fornecimento de matéria-prima, e também o fato da raiz precisar ser moída no mesmo dia em que é colhida. Tudo isso é atendido com uma grande oferta de mandioca na cidade e na região. O fácil escoamento de matéria-prima é ponto crítico para a escolha da localização.

A cidade de Umuarama-PR também traz o benefício de não possuir em seu território nenhuma empresa do ramo de processamento de mandioca, o que torna a cidade atrativa e com um bom potencial de mercado consumidor, havendo assim a possibilidade de alta lucratividade no setor.

A localização escolhida é apresentada na Figura 11, no qual o terreno está disponível para a compra, afim de ser projetada a empresa na área demarcada. A indústria, que será instalada no terreno escolhido, traz vantagens por que estará localizada na Rodovia João Jorge Saad, na PR-323, que liga a cidade até Tuneiras do Oeste, já citada anteriormente como maior produtora de mandioca do Paraná, desta maneira o escoamento da matéria-prima é favorecido.

Outro ponto importante é a presença do Córrego Pinhalzinho ao fundo da região demarcada, que receberá água proveniente da estação de tratamento de efluentes da indústria, devidamente tratada e fiscalizada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), ou Instituto das Águas do Paraná, para garantir a qualidade da água lançada no corpo hídrico. Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), o córrego está classificado dentre os corpos hídricos de água

doce de Classe III, e assim poderá receber o efluente após ser previamente tratado aos padrões estabelecidos pela norma.

**Figura 11 - Área escolhida para as instalações fabris de indústria.**



**Fonte:** Google Maps, 2019.

A região de instalação, mais especificamente a cidade de Umuarama, é um ponto estratégico de logística por ficar relativamente próximo ao mercado consumidor, que são indústrias de papel e celulose, frigoríficos e panificação. Num raio de 450 km, é possível obter inúmeras empresas possíveis compradoras de fécula para seus processos industriais. Neste raio, é possível evidenciar o grande mercado consumidor disponível para a fécula de mandioca, presente não somente no Paraná, mas abrangendo grande área, incluindo outros estados, como é apresentado na Figura 12.

**Figura 12 - Raio de 450 km para estabelecer mercado consumidor.**



**Fonte:** Google Maps (2019).

#### 4.2.2.2 Infraestrutura e incentivos fiscais

A cidade de Umuarama conta com ótima infraestrutura para implantação de indústrias, recebendo várias fábricas de diversos ramos. A rede de distribuição de água consegue abastecer toda a cidade. É cercada por rodovias, facilitando o escoamento de matéria-prima e produto. Possui faculdades de nível superior de ensino bem como o Instituto Federal do Paraná (IFPR), que podem realizar parcerias e novos projetos com a indústria.

Além de toda a infraestrutura da cidade, Umuarama ainda conta com o PRODEU – Programa de Desenvolvimento e Expansão Econômica de Umuarama, que visa o incentivo à instalação de novas indústrias, com isenção de taxas e alguns impostos. Criado em 1999, sendo hoje de forma readaptada, este programa de desenvolvimento econômico pode receber empreendimentos industriais de todo porte, facilitando a sua instalação com investimentos e gerando empregos para a cidade.

O município conta também com a Associação Comercial, Industrial e Agrícola de Umuarama (ACIU), que visa facilitar as questões surgidas entre os três setores trazendo maior desenvolvimento para a cidade e suas empresas. Tem grande tradição na cidade e atua como 4º poder de Umuarama, tendo decisões

importantes ajudando o crescimento industrial, sendo assim muito útil para a instalação e desenvolvimento da fábrica.

## 5 JUSTIFICATIVA

A produção de fécula de mandioca é caracterizada por uma indústria importante para a economia e o seu maior produto está presente em vários segmentos da dieta alimentar humana. Destacando-se ainda pela capacidade de geração de emprego por meio da cadeia produtiva, compreendendo desde o plantio da mandioca, a transformação em fécula e sua distribuição ao consumidor final.

O diferencial do projeto da indústria ManiSul está em sua produção sustentável aliada a uma redução em custos, já que o processo possui um método de tratamento de resíduos altamente sustentável, beneficiando a própria indústria com reaproveitamento do potencial energético de resíduos com a produção do biogás e ao mesmo tempo reduzindo gastos com a queima de lenha e utilização de energia elétrica. Assim, é possível retornar um preço competitivo do produto ao consumidor.

O fator localização está diretamente relacionado ao processamento de um produto com um valor mais acessível ao mercado, já que há a proximidade da indústria com a matéria prima e a expectativa de se manter crescente a produção de mandioca em Umuarama-PR.

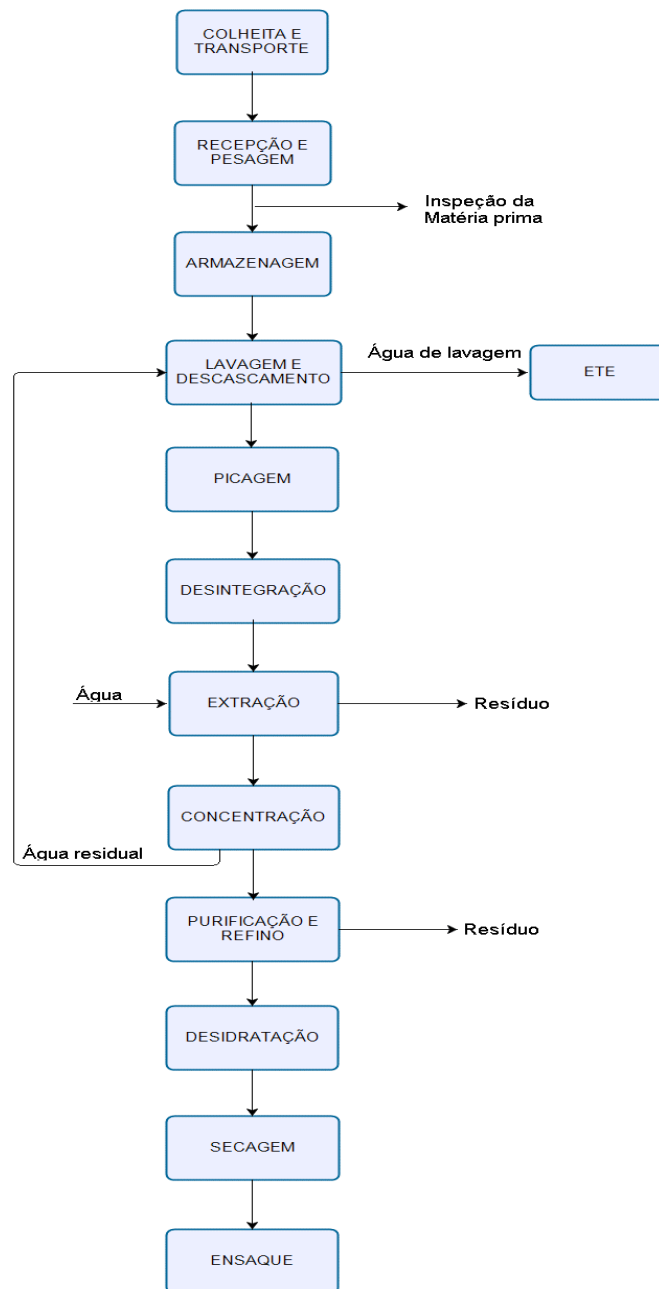
Pelos dados de mercado apresentados, a grande produção de mandioca e o potencial mercado consumidor na região do Paraná, a implantação de uma fecularia na região de Umuarama-PR possui as melhores condições no Estado do Paraná para entrar em funcionamento e ter sucesso na produção de fécula de mandioca a médio e longo prazo.

## 6 FLUXOGRAMA E DESCRIÇÃO DO PROCESSO

### 6.1 FLUXOGRAMA DO PROCESSO

O processo produtivo da fécula de mandioca está representado pelo fluxograma de blocos da Figura 13. Nos tópicos seguintes serão descritas todas as etapas.

**Figura 13 - Fluxograma do processo de produção de fécula de mandioca**



Fonte: Autoria própria (2019).

## 6.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

### 6.2.1 Colheita e transporte

A matéria prima que será recebida na indústria deve ser de boa qualidade, colhida em época ideal e transportada no período máximo de 24 horas após a colheita, já que passando desse período a mandioca está sujeita a deterioração fisiológica e/ou microbiológica, influenciando negativamente em sua qualidade (EMBRAPA, 2003b).

O transporte das raízes do campo até a indústria é realizado por caminhões. Para o carregamento dos caminhões utilizam-se bolsões de lona chamados “big bags” com capacidade em média para 800 kg. Após os bolsões serem preenchidos com a mandioca é realizado o carregamento, com o auxílio de um trator provido de um sistema hidráulico, como representado na Figura 14 (EMBRAPA, 2003b).

**Figura 14 - Trator hidráulico para carregamento.**



**Fonte:** MFRURAL (2017).

### 6.2.2 Recepção e pesagem

O início do processo se dá a partir da recepção e pesagem das cargas de raízes de mandioca. Os caminhões que chegam da lavoura são pesados e uma amostra da carga deve ser analisada, primeiro por uma balança comum e



posteriormente por uma balança hidrostática para o cálculo do teor de amido de mandioca e conseqüentemente, o preço a ser pago pela matéria prima.

O descarregamento do caminhão é realizado nas rampas de descarga, Figura 15, sendo a matéria prima conduzida ao depósito receptor para que possa passar pelas análises e posteriormente ser levada ao início do processo industrial.

As raízes que chegam passam primeiramente por um “peneirão”, no qual é possível separar o que fica retido, que é a matéria prima, do que passa pela peneira, que é toda terra e sujeira proveniente do campo, sendo devolvida para o caminhão o que não é raiz e assim pago apenas o que for utilizável no processo.

**Figura 15 - Rampa de descarregamento.**



**Fonte:** JOSCIL (2016).

### 6.2.3 Armazenagem

Após o primeiro processo de peneiramento, as raízes que foram selecionadas são transportadas por esteiras e descarregadas em dois reservatórios para armazenagem, conforme a Figura 16. No primeiro reservatório ficam contidas as mandiocas de casca marrom e no segundo as de casca branca. A identificação do lote e da variedade são de suma importância para selecionar a ordem dos lotes que serão processados, já que o produto proveniente de cada variedade de raiz será destinado a um consumidor final diferente.

**Figura 16 - Depósito de armazenagem da mandioca.**



**Fonte:** COPASUL (2015).

#### 6.2.4 Lavagem e descascamento

Esse procedimento é considerado uma etapa de preparação da matéria prima. O processo ocorre com a utilização de um equipamento lavador/descascador, Figura 17, que atua de maneira conjunta, onde ocorre a retirada de todas as impurezas e rejeitos que não serão utilizados, além de descascar a mandioca, possibilitando assim que as raízes sejam processadas com maior eficiência (ABEPRO, 2009).

SUFRAMA (2003) afirma que o teor de amido está presente em praticamente todo o conteúdo da raiz, sendo assim, para que não ocorram prejuízos de rendimento processual é necessário um cuidado especial com o descascamento, havendo a eliminação somente da chamada “casca fina”, garantindo que a matéria prima siga adiante com a sua total capacidade de transformação em produto.

Esta etapa de lavagem é a que necessita de maior quantidade de água. Assim, tendo em vista a sustentabilidade e diminuir custos de produção, parte da água utilizada é proveniente de reuso da etapa seguinte denominada de concentração. Os resíduos são direcionados para a estação de tratamento de

efluente (ETE), já que neles estarão contidos a manipueira advinda do processo de concentração, juntamente com as cascas e impurezas retiradas na etapa atual.

**Figura 17 - Lavador e descascador de mandioca.**



**Fonte:** PARANAVAÍMAQUINAS (2010).

#### 6.2.5 Picagem

Aqui se realiza a última parte da preparação da matéria prima. O picador, representado na Figura 18, tem a função de normalizar as raízes através da redução da dimensão das mesmas. Realizado o procedimento, as raízes estarão aptas a serem alimentadas ao processo seguinte de maneira homogênea e ideal, já que o equipamento possui determinado tamanho padrão para o processamento. Isso acarretará em uma posterior desintegração das fibras de forma mais rápida e eficiente, além de evitar possíveis problemas de entupimento.

**Figura 18 - Picador.**



**Fonte:** PARANAIVAÍMAQUINAS (2010).

### 6.2.6 Desintegração

Nesse estágio, após a matéria prima passar por toda a preparação, se inicia o processamento para a obtenção do produto final. O primeiro passo é a desintegração, na qual as raízes são moídas, ocorrendo então uma fragmentação de todo o material juntamente com a sua redução, a fim de que o amido presente possa ser liberado por meio da quebra da estrutura celular da mandioca (SUFRAMA, 2003).

O equipamento utilizado consiste em uma cevadeira, Figura 19, na qual o material é ralado quando se coloca em contato com as lâminas dentadas. Como em todo o processo, a eficiência sempre é um fator muito importante de processo e, neste caso, atinge-se as melhores condições quando o equipamento opera em suas maiores velocidades, em torno de 1200 à 1500 rpm, resultando em um amido com uma massa mais fina possibilitando assim uma maior qualidade no produto final, agregando maior valor comercial (EMBRAPA, 2003a).

**Figura 19 - Cevadeira.**



**Fonte:** VMAQ (2016).

### 6.2.7 Extração

Como em quase todos os processos, até a obtenção do produto final, compostos indesejados devem ser retirados. Esse estágio tem a função de realizar a separação do amido das fibras de mandiocas por meio da extração em peneiras cônicas rotativas, representados na Figura 20. O resíduo que é separado, conhecido como bagaço, tem um tratamento especializado a fim de se transformar em ração a ser usada na pecuária, resultando assim em um tratamento sustentável do rejeito juntamente com um retorno lucrativo à empresa.

A fim de alavancar a eficiência da etapa, os equipamentos são colocados em série, de 3 a 6 equipamentos, juntamente com a ação contracorrente da água na operação, havendo uma retirada praticamente completa do resíduo, pois em cada extrator uma quantidade de bagaço será retirada. Ao final do ciclo, segue para o processo apenas o “leite” de amido, estando isento do que não é desejado (SUFRAMA, 2003).

**Figura 20 - Extrator de peneiras cônicas rotativas.**



**Fonte:** PARANAÍMAQUINAS (2010).

#### 6.2.8 Concentração

Advinda do processo anterior, temos nesse estágio uma suspensão aquosa de amido. Com a intenção de realizar a separação dessas substâncias temos o uso da centrífuga de pratos, Figura 21. O equipamento realiza a separação e a concentração do produto, estando o amido ao final do processo com uma umidade de 45% e uma concentração de 22° a 25°Bé. Com isso, o produto final vai tomando forma, sendo necessário a partir daqui apenas as etapas de secagem e refino do material (EMBRAPA, 2003a).

Com a visão de sustentabilidade, em concordância com os atuais sistemas de gestão ambiental, nessa parte do processo é de importante relevância destacar o reuso dos efluentes. O resíduo proveniente desse estágio é conhecido como “manipueira” e possui um alto teor de toxicidade pela presença do cianeto, assim, antes de direcioná-lo para a seção de tratamento de efluentes (ETE) essa água é reutilizada no processo de lavagem, gerando assim uma economia com os gastos de água em conformidade com a visão socioambiental.

**Figura 21 - Centrifuga de pratos.**



**Fonte:** GEA (2019).

### 6.2.9 Purificação e refino

Equipamentos conhecidos como hidrociclones, Figura 22, são utilizados para empregar um refino ou na lavagem do amido por meio da força centrífuga, fazendo com que haja uma purificação do produto, eliminando possíveis fibras e partículas pequenas que ainda restaram no amido, resultando assim em um amido de alta qualidade.

A etapa seguinte exige a entrada de uma grande quantidade de matéria para ser processada, tendo isso em mente o amido concentrado e purificado é estocado em tanques de homogeneização para aguardo de uma quantidade considerável a ser direcionada a secagem. Assim, o material pode ser armazenado sem risco de uma possível decantação ou mudança em sua estrutura, sendo levado ao próximo estágio em condições ideais (SUFRAMA, 2003).

**Figura 22 - Hidrociclones.**



**Fonte:** PARANAVAÍMAQUINAS (2010).

#### 6.2.10 Desidratação

A partir desse momento o produto final passa pelos processos de secagem. A desidratação é a primeira etapa realizada, como uma espécie de pré-secagem, na qual o equipamento denominado desidratador Peeler, Figura 23, realiza o procedimento.

No equipamento a composição de entrada é disposta em um cesto horizontal em rotação, através de um tubo de alimentação, e assim por meio da força centrífuga, o amido é jogado contra as paredes internas do cesto formando uma torta, e a umidade é retirada pelo sifão e a torta é raspada e despejada no funil de descarga (ATLANTICA SEPARADORES, 1998).

O funcionamento do equipamento consiste em um desidratador centrífugo no qual o produto é gerado em bateladas, no entanto a operação ocorre de maneira contínua pela utilização de dois desidratadores que se alternam no processamento. O procedimento leva à desidratação do amido a uma umidade de 30% a 40%, sendo vários os benefícios na utilização do desidratador Peeler, como uma economia de energia na secagem e também uma qualidade elevada do produto ao final da etapa.



**Figura 23 - Desidratador Peeler.**



**Fonte:** MFRURAL (2017).

### 6.2.11 Secagem

Após o amido ser desidratado ele precisa passar por mais uma etapa de secagem para que ele se adeque aos padrões de umidade requisitados pelo mercado. A secagem efetiva acontece por meio de um secador pneumático do tipo “Flash Dryer”, no qual o esquema está representado pela Figura 24, em que o produto é seco e deslocado por uma corrente de ar quente gerada pelo queimador. A alimentação do queimador é feita a partir do biogás produzido do tratamento dos efluentes e, por fim, a mistura ar e amido é puxada pela ação de um exaustor (EMBRAPA, 2003a).

O ar utilizado na secagem possui uma temperatura média de 150°C, e o produto, antes a 40% de umidade, sai com 12 a 14%, sendo assim esse processo deve ocorrer de maneira muito rápida para que o amido não seja seco demasiadamente, possibilitando assim o risco de ser gelatinizado (SUFRAMA, 2003).

O amido com o teor de umidade ideal é separado do ar de secagem por meio de ciclones e o produto sai com uma temperatura de aproximadamente 50°C.

Encerrada a etapa de secagem, o amido é direcionado a um silo em que fica armazenado até que seja realizado o ensaque.

**Figura 24 - Exaustor do Secador Flash Dryer.**



**Fonte:** EBS (2019).

### 6.2.12 Ensaque

Finalizado o processo produtivo, o amido estocado nos silos é então transportado para a ensacadeira automática, passando por um último processo de refino, na qual peneiras específicas retêm as partículas grosseiras que não foram totalmente refinadas, restando assim o produto com a maior qualidade para ser ensacado e disponível ao consumidor. O ensaque é realizado pelo maquinário, não necessitando haver contato manual, em sacos padronizados de 25 kg.

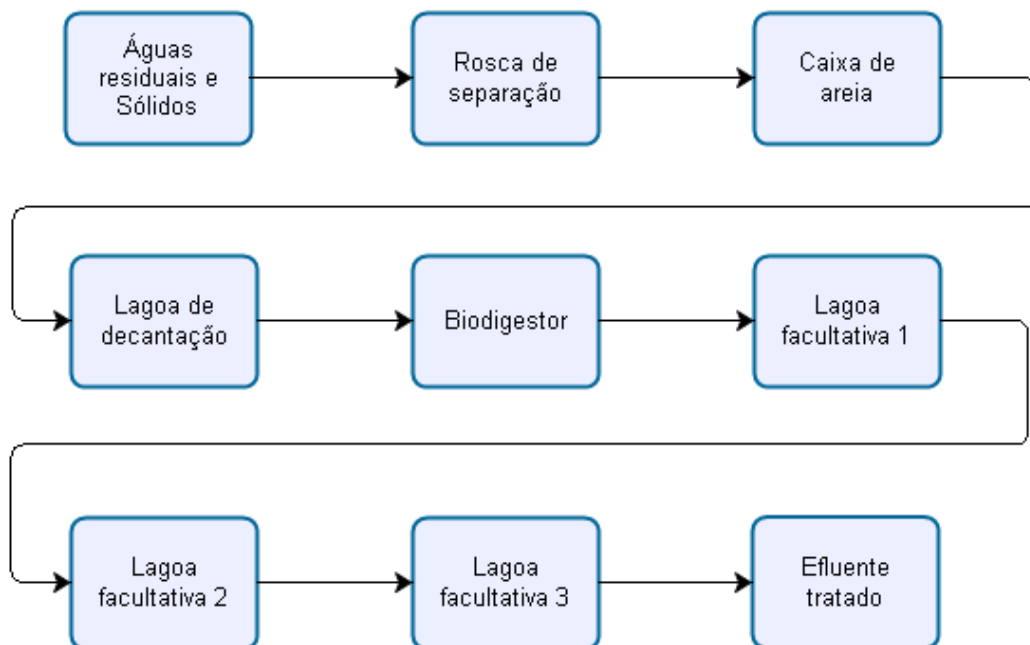
## 7 FLUXOGRAMA E DESCRIÇÃO DO TRATAMENTO DE RESÍDUOS

No processo de produção da fécula são gerados resíduos sólidos que consistem em cascas, porções fibrosas ou bagaços que são gerados nos processos de lavagem e filtração e resíduos líquidos que são obtidos dos processos de lavagem, contendo a manipueira (FERNANDES JÚNIOR e CEREDA, 1996).

A manipueira é o resíduo que evidencia a necessidade do tratamento dos efluentes da produção da fécula devido à toxicidade e alta taxa de contaminação, que surgem devido aos compostos cianogênicos. Quando são lançados em algum ambiente, o efluente não tratado pode causar danos ambientais severos (BARANA e CEREDA, 2000).

O processo de tratamento de resíduos consiste em diversas etapas e a Figura 25 apresenta o fluxograma do processo.

**Figura 25 - Fluxograma do tratamento de resíduos de uma fecularia.**



**Fonte:** Autoria própria (2019).

Primeiramente realiza-se a separação dos resíduos sólidos da parte líquida, ao qual o efluente passa por uma rosca de separação, sendo que o rejeito sólido retirado se constitui em sua maioria de cascas da mandioca. Essas cascas

após serem retiradas acabam não tendo um destino específico e são fornecidas para alguns pecuaristas, que agregam na alimentação dos animais.

Em sequência, tem-se a passagem do efluente nas caixas de areia, que funcionam como filtros, retirando os sólidos mais grosseiros que estão contidos no efluente, quando o mesmo se desloca dentro dessas caixas.

Após a passagem do efluente pelas caixas de areia, ele segue para a lagoa de decantação, sendo efetuada a decantação dos sólidos suspensos no líquido. Ressalta-se a importância desse processo devido as características do solo em que a mandioca foi cultivada. A mandioca produzida no oeste do Paraná chega para o processo impregnada de terra, devido ao fato do solo ser argiloso, onde se gera mais resíduo sólido, sendo assim a lagoa de decantação se torna indispensável no processo (FEIDEN, 2001).

O tratamento segue para o primeiro processo de tratamento do efluente líquido, que busca diminuir a carga orgânica presente, que consiste em um biodigestor anaeróbico, Figura 26. O biodigestor incide em um reservatório de matéria orgânica, no qual bactérias anaeróbicas consomem a matéria orgânica produzindo biofertilizantes e produtos gasosos, sendo em sua maioria metano e dióxido de carbono (MAGALHÃES, 1986).

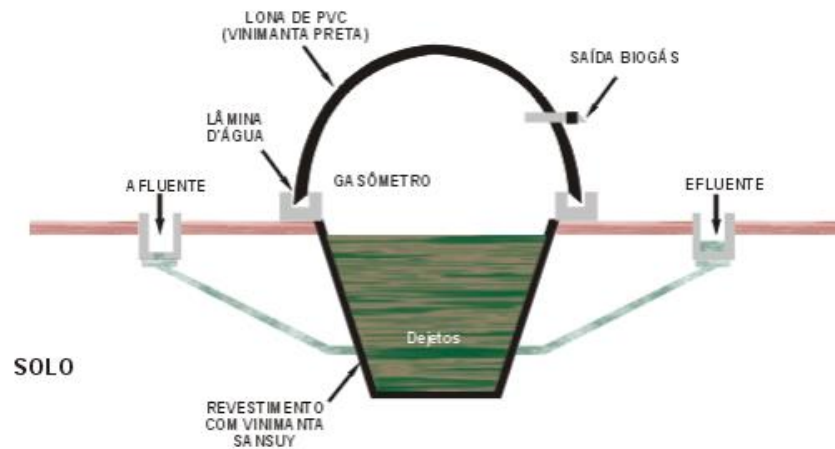
O biodigestor possui a câmara chamada gasômetro que armazena o metano que será utilizado como biogás, sendo posteriormente canalizado e transportado para armazenagem em um tanque pulmão, seguindo então para o processo de secagem Flash Dryer. Logo, tem-se o consumo de gases convencionais (GLP) reduzido (FERREIRA, 2013). O esquema é demonstrado na Figura 27.

**Figura 26 - Biodigestor.**



Fonte: Verde (2009).

**Figura 27 - Componentes do biodigestor.**



**Fonte:** DEGANUTTI et al. (2002).

A implantação do biodigestor acarreta uma série de benefícios que vão desde o fator econômico até o socioambiental, entre eles pode-se citar: a produção de energia por meio do biogás, economia, saneamento e aumento do incentivo a reciclagem dos resíduos gerados (LYNCH, 1998).

Segundo Rasi et al (2007), o biogás possui em sua composição alguns gases indesejáveis, podendo citar o dióxido de carbono que tem poder anti-chama e reduz o poder calorífico do biogás e o sulfeto de hidrogênio, que é um gás tóxico e de características corrosivas. Portanto se faz necessário a purificação do biogás, para se obter o biometano, que consiste em biogás rico em metano.

Segundo Petersson e Wellinger (2009) e Naja et al. (2011) existem diferentes processos e técnicas que promovem a purificação e enriquecimento do biogás, e devem ser escolhidos conforme a composição do mesmo.

Assim, após a implantação do biodigestor, será analisado as composições do biogás produzido pelos resíduos da produção de fécula de mandioca e com as composições será definido, futuramente, o melhor método de obtenção do biometano.

As lagoas facultativas caracterizam-se em proporcionar condições aeróbicas nas camadas próximas a superfície, anaeróbicas nas camadas próximas ao fundo da lagoa e ainda condições facultativas nas camadas intermediárias. O sistema consiste em três lagoas em série, onde o efluente é tratado consecutivamente em cada uma. Ao final do processo de tratamento o efluente

possui níveis de DQO e DBO que respeitam os limites de tolerância da legislação (MATTOS; BORGES, 2009).

A legislação do CEMA, pela Resolução 070/09, presente no Anexo 2, decreta que os efluentes provenientes de processos de beneficiamento de mandioca devem possuir valores de DBO em torno de 100 mgO<sub>2</sub>/L para serem descartados em corpos hídricos.

## 8 BALANÇO DE MASSA DA PRODUÇÃO DE FÉCULA DE MANDIOCA

A empresa ManiSul possui um regime de trabalho de 24 horas por dia, dividido em dois turnos de produção, resultando em um período total de 16 horas de processamento e 8 horas de manutenção e limpeza. Para fins de cálculos processuais foi considerado o regime permanente durante o processo.

Por se caracterizar em uma empresa de médio porte, a matéria prima processada diariamente é de 500 t, resultando em uma vazão mássica de entrada de 31250 kg/h. A média de produção das fecularias de mesmo porte da região varia de 400 a 600 t de mandioca processadas diariamente.

A composição inicial da matéria prima que entra no processo está representada na Tabela 4.

Todas as perdas processuais de matéria e amido presentes na cevadeira, extrator, centrífuga e hidrociclone, foram baseadas seguindo informações obtidas em dados de campo, utilizadas para auxílio na elaboração do trabalho. A perda total de amido corresponde a 6,67% do amido presente inicialmente na corrente de mandioca, sendo assim correspondente a 625 kg/h.

**Tabela 4 - Composição inicial da mandioca no processo**

Composição	Porcentagem mássica (%)
Umidade	62
Amido	30
Fibra	2
Casca	3
Terra	3

**Fonte:** Adaptado de KUCZMAN (2007).

O balanço de massa, de forma geral, é descrito como:

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

Considerando o processo em regime permanente e não havendo reação química em nenhuma etapa, a equação do balanço de massa a ser utilizada nos cálculos se reduzirá a:

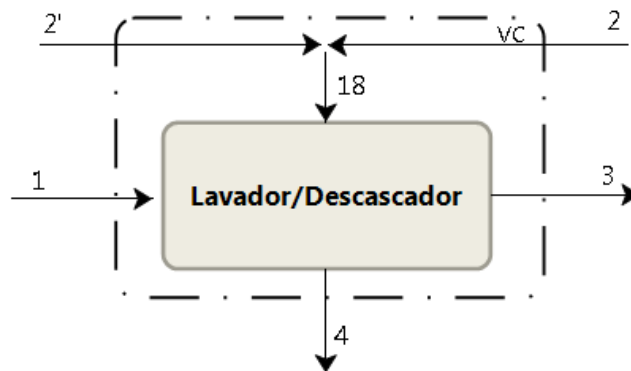
$$\Sigma Entrada = \Sigma Saída \quad (2)$$

As variáveis utilizadas nos cálculos a seguir, dos balanços de massa, estão especificadas na lista de símbolos localizada no início do trabalho.

### 8.1 BALANÇO NO LAVADOR/DESCASCADOR

Para início dos cálculos definiu-se o volume de controle do equipamento como representado na Figura 28, e a corrente 1, como citado anteriormente, apresenta a vazão mássica de entrada de mandioca que é de 31250 kg/h.

**Figura 28 - Volume de controle do lavador/descascador.**



Fonte: Autoria própria (2019).

A água utilizada para a lavagem é definida segundo KUCZMAN (2007), que estabelece uma relação entre a quantidade de água utilizada de mandioca processada, sendo para o nosso processo quantificada como 115552,32 kg/h (corrente 18), na qual 50% é água limpa (corrente 2) e o restante água residual proveniente de reciclo (corrente 2'). Sendo assim, a vazão mássica das correntes 2 e 2' é de 57776,16 kg/h cada.

A partir da Tabela 4, tem-se que no equipamento é retirado 6% da composição inicial referente a matéria de casca e terra. Assumindo que toda a corrente 2 e 2' utilizada para a lavagem sai pela corrente 4 juntamente com a matéria retirada, chega-se ao balanço de massa para as correntes 3 e 4 apresentados a seguir, respectivamente.

$$\dot{m}_3 = 0,94 * \dot{m}_1 \quad (3)$$



$$\dot{m}_3 = 0,94 * 31250 \frac{kg}{h} = 29375 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{m}_4 = 0,06 * \dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_2' \quad (4)$$

$$\dot{m}_4 = 0,06 * 31250 \frac{kg}{h} + 57776,16 \frac{kg}{h} + 57776,16 \frac{kg}{h} = 117427,32 \frac{kg}{h}$$

A partir dos valores das vazões das correntes 3 e 4, determinou-se as frações dos componentes de cada corrente, pelas Equações de (5) a (11).

$$x_{U,3} = \frac{(0,62 * \dot{m}_1)}{\dot{m}_3} \quad (5)$$

$$x_{U,3} = \frac{(0,62 * 31250 \frac{kg}{h})}{(29375 \frac{kg}{h})} = 0,6596$$

$$x_{A,3} = \frac{(0,3 * \dot{m}_1)}{\dot{m}_3} \quad (6)$$

$$x_{A,3} = \frac{(0,3 * 31250 \frac{kg}{h})}{(29375 \frac{kg}{h})} = 0,3191$$

$$x_{B,3} = \frac{(0,02 * \dot{m}_1)}{\dot{m}_3} \quad (7)$$

$$x_{B,3} = \frac{(0,02 * 31250 \frac{kg}{h})}{(29375 \frac{kg}{h})} = 0,0213$$

$$x_{A,4} = \frac{\dot{m}_2 * x_{A,2}}{\dot{m}_4} \quad (8)$$

$$x_{A,4} = \frac{57776,16 \frac{kg}{h} * 0,0096}{117427,32 \frac{kg}{h}} = 0,0047$$

$$x_{C,4} = \frac{(0,03 * \dot{m}_1)}{\dot{m}_4} \quad (9)$$

$$x_{C,4} = \frac{(0,03 * 31250 \frac{kg}{h})}{(117427,32 \frac{kg}{h})} = 0,008$$

$$x_{T,4} = \frac{(0,03 * \dot{m}_1)}{\dot{m}_4} \quad (10)$$

$$x_{T,4} = \frac{(0,03 * 31250 \frac{kg}{h})}{(117427,32 \frac{kg}{h})} = 0,008$$

$$x_{U,4} = 1 - x_{C,4} - x_{T,4} - x_{A,4} \quad (11)$$

$$x_{U,4} = 1 - 0,008 - 0,008 = 0,984$$

Os valores de cada corrente do lavador/descascador e suas respectivas composições estão presentes na Tabela 5.

**Tabela 5 - Balanço de massa do lavador/descascador.**

Número da Corrente	1	2	2'	3	4	18
Vazão Total (kg/h)	31250	57776,16	57776,16	29375	117427,3	115552,3
Fração Mássica:						
Amido	0,3	0,0096	-	0,3191	0,0047	0,0048
Umidade	0,62	0,9904	1	0,6596	0,979	0,9952
Bagaço	0,02	-	-	0,0213	-	-
Casca	0,03	-	-	-	0,008	-
Terra	0,03	-	-	-	0,008	-
Vazão por componentes (kg/h):						
Amido	9375	555,68	-	9375	555,68	-

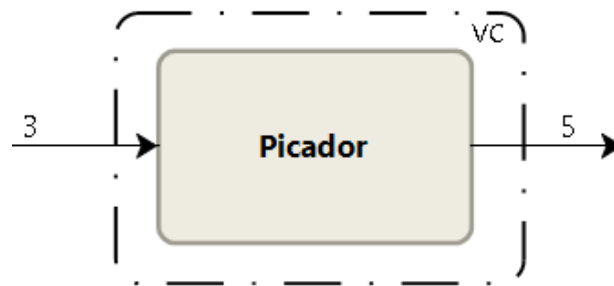
Número da Corrente	1	2	2'	3	4	18
Umidade	19375	57220,48	57776,2	19375	114996,6	115552,3
Bagaço	625	-	-	625	-	-
Casca	937,5	-	-	-	937,5	-
Terra	937,5	-	-	-	937,5	-

Fonte: Autoria própria (2019).

## 8.2 BALANÇO NO PICADOR

O volume de controle utilizado no equipamento é mostrado na Figura 29.

Figura 29 - Volume de controle do picador.



Fonte: Autoria própria (2019).

Neste equipamento ocorre apenas a redução do tamanho da matéria prima, portanto, não há variação na composição da mandioca e então, a vazão de entrada será igual à de saída de acordo com a Equação (12).

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_3 \quad (12)$$

$$\dot{m}_5 = 29375 \frac{kg}{h}$$

A Tabela 6 fornece as vazões mássicas e frações dos componentes das correntes 3 e 5.

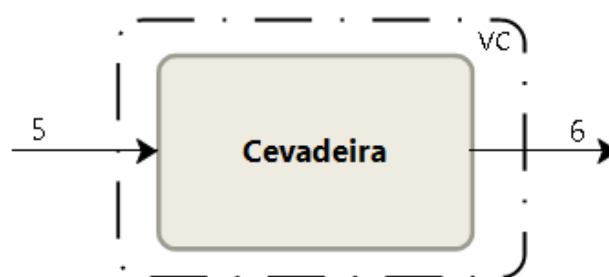
**Tabela 6 - Balanço de massa do picador.**

Número da Corrente	3	5
Vazão Total (kg/h)	29375	29375
Fração Mássica:		
Amido	0,3191	0,3191
Umidade	0,6596	0,6596
Bagaço	0,0213	0,0213
Vazão por componentes (kg/h):		
Amido	9375	9375
Umidade	19375	19375
Bagaço	625	625

**Fonte:** Autoria própria (2019).

### 8.3 BALANÇO NA CEVADEIRA

A Figura 30 apresenta o volume de controle utilizado nos cálculos.

**Figura 30 - Volume de controle da cevadeira.**

**Fonte:** Autoria própria (2019).

Nesta etapa, pelo fato de haver apenas a trituração da mandioca, a composição da matéria prima se manterá a mesma. No equipamento, é considerada uma perda de 0,01% da matéria, portanto, a vazão mássica da corrente 6 é calculada por meio do balanço de massa da Equação (13) a seguir.

$$\dot{m}_6 = 0,9999 * \dot{m}_5 \quad (13)$$

$$\dot{m}_6 = 0,9999 * 29375 \frac{kg}{h} = 29372,06 \frac{kg}{h}$$

As vazões mássicas e as composições de cada corrente constam na Tabela 7.

**Tabela 7 - Balanço de massa da cevadeira.**

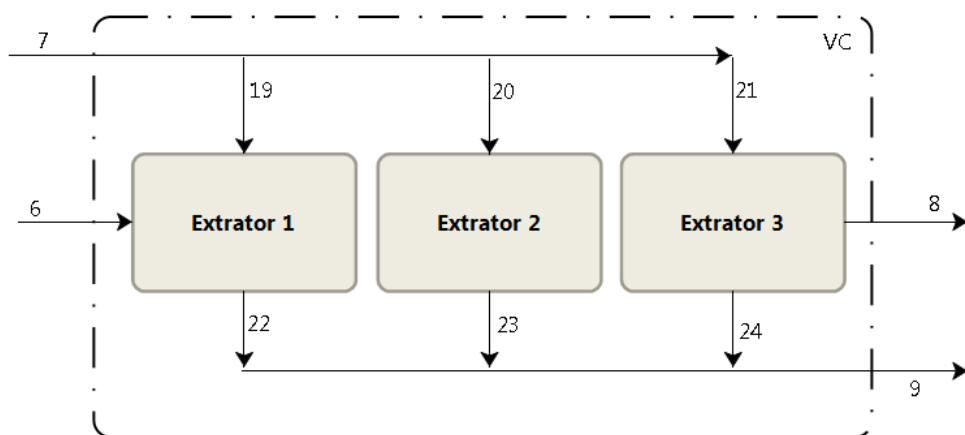
Número da Corrente	5	6
Vazão Total (kg/h)	29375	29372,06
Fração Mássica:		
Amido	0,3191	0,3191
Umidade	0,6596	0,6596
Bagaço	0,0213	0,0213
Vazão por componentes (kg/h):		
Amido	9375	9374,06
Umidade	19375	19373,06
Bagaço	625	624,94

**Fonte:** Autoria própria (2019).

#### 8.4 BALANÇO NO EXTRATOR

O volume de controle no extrator é apresentado na Figura 31.

**Figura 31 - Volume de controle do extrator.**



**Fonte:** Autoria própria (2019).

Neste processo todo o bagaço contido na corrente de entrada 6 é retirado por meio da corrente de saída 9 representando 10,46 % da mesma, sendo assim a vazão mássica da corrente 9 é determinada pelo balanço de massa por componente na Equação (14).

$$\dot{m}_9 = \frac{\dot{m}_6 * x_{B,6}}{x_{B,9}} \quad (14)$$

$$\dot{m}_9 = \frac{\left(29372,06 \frac{kg}{h}\right) * 0,0212766}{0,1046358} = 5972,50 \frac{kg}{h}$$

A perda de amido presente na corrente 9 corresponde a 10,8% da perda total. Conhecendo o valor da perda total, tem-se que a vazão de amido contida na corrente 9 corresponde a 67,5 kg/h. Portanto, a fração de amido e umidade na corrente 9 é determinada, respectivamente, pelas Equações (15) e (16).

$$x_{A,9} = \frac{\dot{m}_{A,9}}{\dot{m}_9} \quad (15)$$

$$x_{A,9} = \frac{67,5 \frac{kg}{h}}{5972,50 \frac{kg}{h}} = 0,011$$

$$x_{U,9} = 1 - x_{A,9} - x_{B,9} \quad (16)$$

$$x_{U,9} = 1 - 0,011 - 0,105 = 0,884$$

CCP (2014) fornece a relação da quantidade de água utilizada para a extração em comparação com a vazão de matéria processada. Assim, temos para o nosso processo uma vazão de água na extração de 50287,3 kg/h, representado pela corrente 7.

O conhecimento das vazões mássicas das correntes 6, 7 e 9, torna possível a obtenção da corrente 8 por meio do balanço de massa global, apresentado na Equação (17).

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_6 + \dot{m}_7 - \dot{m}_9 \quad (17)$$

$$\dot{m}_8 = 29372,06 \frac{kg}{h} + 50287,3 \frac{kg}{h} - 5972,50 \frac{kg}{h} = 73686,86 \frac{kg}{h}$$

Por meio do balanço de massa por componente do amido, representado na Equação (18), é possível determinar as frações de amido e umidade da corrente 8, já que esta corrente possui apenas essas composições.

$$x_{A,8} = \frac{\dot{m}_6 * x_{A,6} - \dot{m}_9 * x_{A,9}}{\dot{m}_8} \quad (18)$$

$$x_{A,8} = \frac{29372,06 \frac{kg}{h} * 0,3191 - 5972,50 \frac{kg}{h} * 0,013}{73686,86 \frac{kg}{h}} = 0,126$$

E assim,

$$x_{U,8} = 0,874$$

As correntes 19, 20 e 21 são obtidas através da divisão em 3 dos valores referentes a corrente 7. Analogamente, tem-se os valores das correntes 22, 23 e 24 pela divisão da corrente 9, como mostrado no volume de controle representado na Figura 31.

Os valores de cada corrente do extrator e suas respectivas vazões por composição estão presentes nas Tabelas 8 e 9.

**Tabela 8 - Balanço de massa do extrator.**

Número da Corrente	6	7	8	9
Vazão Total (kg/h)	29372,06	50287,3	73686,86	5972,5
Fração Mássica:				
Amido	0,3191489	1	0,1263	0,0113018
Umidade	0,6596745	-	0,8737	0,884062
Bagaço	0,0212766	-	-	0,1046358
Vazão por componentes (kg/h):				
Amido	9374,06	-	9306,56	67,5
Umidade	19373,06	50287,3	64380,3	5280,07
Bagaço	624,94	-	-	624,94

**Fonte:** Autoria própria (2019).

Tabela 9 - Balanço de massa do extrator (continuação)

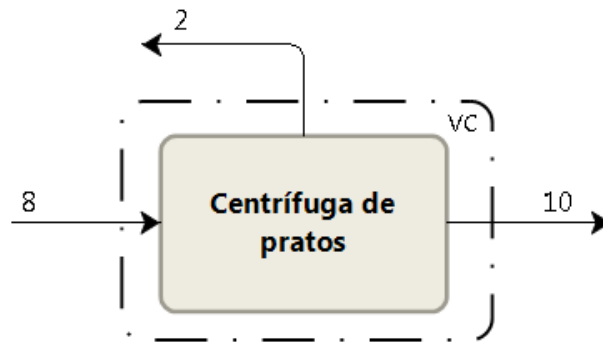
Número da Corrente	19	20	21	22	23	24
Vazão Total (kg/h)	16762,43	16762,43	16762,43	1990,833	1990,833	1990,833
Fração Mássica:						
Amido	-	-	-	0,011302	0,011302	0,011302
Umidade	1	1	1	0,884062	0,884062	0,884062
Bagaço	-	-	-	0,104636	0,104636	0,104636
Vazão por componentes (kg/h):						
Amido	-	-	-	22,5	22,5	22,5
Umidade	16762,43	16762,43	16762,43	1760,023	1760,023	1760,023
Bagaço	-	-	-	208,3133	208,3133	208,3133

Fonte: Autoria própria (2019).

## 8.5 BALANÇO NA CENTRÍFUGA

O volume de controle utilizado no equipamento é mostrado na Figura 32.

Figura 32 - Volume de controle da centrífuga de pratos.



Fonte: Autoria própria (2019).

Por meio do balanço global na centrífuga e o conhecimento dos valores das vazões mássicas 8 e 2, a vazão de saída 10 pode ser determinada conforme a Equação (19).

$$\dot{m}_{10} = \dot{m}_8 - \dot{m}_2 \quad (19)$$

$$\dot{m}_{10} = 73686,86 \frac{kg}{h} - 57776,16 \frac{kg}{h} = 15910,70 \frac{kg}{h}$$



Segundo EMBRAPA (2003a), o teor de umidade na corrente 10 corresponde a 0,45, sendo o restante amido. Com esses valores, o cálculo do percentual da composição na corrente 2 é efetuado por meio do balanço de massa por componente em relação ao amido, de acordo com a equação (20).

$$x_{A,2} = \frac{\dot{m}_8 * x_{A,8} - \dot{m}_{10} * x_{A,10}}{\dot{m}_2} \quad (20)$$

$$x_{A,2} = \frac{73686,86 \frac{kg}{h} * 0,1263 - 15910,70 \frac{kg}{h} * 0,55}{57776,16 \frac{kg}{h}} = 0,0096$$

Como a composição da vazão de saída é constituída apenas de amido e umidade, tem-se que  $x_{U,2} = 0,9904$ .

A Tabela 10 fornece as vazões mássicas e composições das correntes presentes na centrífuga.

**Tabela 10 - Balanço de massa da centrífuga de pratos.**

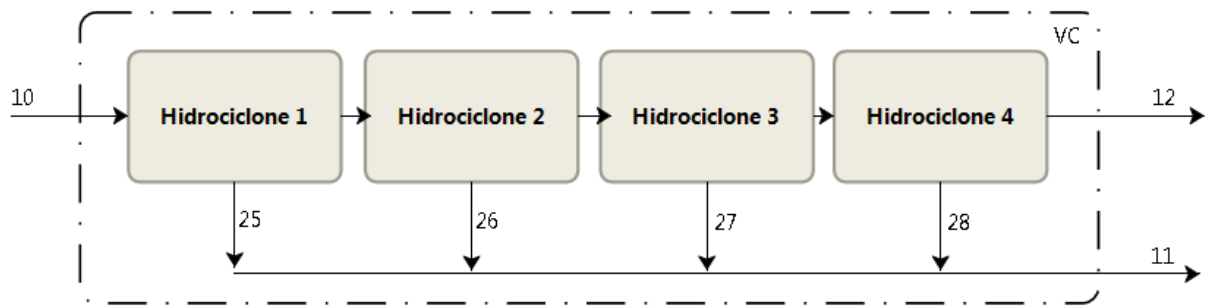
<b>Número da Corrente</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
Vazão Total (kg/h)	57776,16	73686,86	15910,7
Fração Mássica:			
Amido	0,0096	0,1263	0,55
Umidade	0,9904	0,8737	0,45
Vazão por componentes (kg/h):			
Amido	555,68	9306,56	8750,88
Umidade	57220,48	64380,3	7129,81

**Fonte:** Autoria própria (2019).

## 8.6 BALANÇO NO HIDROCICLONE

A Figura 33 apresenta o volume de controle utilizado nos cálculos do hidrociclone.

Figura 33 - Volume de controle do hidrociclone.



Fonte: Autoria própria (2019).

O hidrociclone é responsável apenas por retirar as partículas grosseiras presentes na corrente 10 de entrada. Portanto, esta retirada é definida, por dados de campo, como 0,0101% do total da matéria que entra no equipamento, não havendo alteração na composição da corrente de saída, apenas em sua vazão mássica.

O balanço de massa utilizado para o cálculo da vazão mássica da corrente 12 é mostrado pela Equação (21), abaixo.

$$\dot{m}_{12} = \dot{m}_{10} - \dot{m}_{11} \quad (21)$$

$$\dot{m}_{12} = 15910,70 \frac{kg}{h} - 0,000101 * 15910,70 \frac{kg}{h} = 15909,09 \frac{kg}{h}$$

Conforme é mostrado pelo volume de controle do hidrociclone, representado na figura 33, as correntes 25, 26, 27 e 28 são obtidas pela divisão da corrente 11 em outras 4 correntes.

Os valores das vazões mássicas e composições das correntes estão dispostas na Tabela 11.

Tabela 11 - Balanço de massa do hidrociclone.

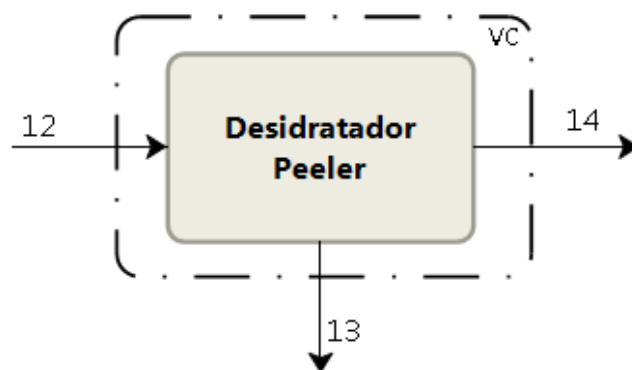
Número da Corrente	10	11	12	25	26	27	28
Vazão Total (kg/h)	15910,7	1,61	15909,09	0,4025	0,4025	0,4025	0,4025
Fração Mássica:							
Amido	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Umidade	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Vazão por componentes (kg/h):							
Amido	8750,88	0,88	8750	0,22	0,22	0,22	0,22
Umidade	7129,81	0,72	7159,09	0,18	0,18	0,18	0,18

Fonte: Autoria própria (2019).

## 8.7 BALANÇO NO DESIDRATADOR PEELER

O volume de controle que foi utilizado nos cálculos do balanço de massa do desidratador é mostrado na Figura 34.

Figura 34 - Volume de controle do desidratador peeler.



Fonte: Autoria própria (2019).

O desidratador tem a função de reduzir a umidade presente na corrente de entrada, assim a corrente 13 contém somente água. Após transcorrer o equipamento a corrente 14 apresenta um teor de umidade de 0,35, sendo o restante amido. Por meio do balanço por componente, mostrado na Equação (22), obtém-se a vazão mássica da corrente 14.

$$\dot{m}_{14} = \frac{\dot{m}_{12} * x_{A,12}}{x_{A,14}} \quad (22)$$

$$\dot{m}_{14} = \frac{15909,09 \frac{kg}{h} * 0,55}{0,65} = 13461,55 \frac{kg}{h}$$

O balanço global na Equação (23) fornece a vazão mássica da corrente 13, referente à retirada de umidade da etapa.

$$\dot{m}_{13} = \dot{m}_{12} - \dot{m}_{14} \quad (23)$$

$$\dot{m}_{13} = 15909,09 \frac{kg}{h} - 13461,54 \frac{kg}{h} = 2447,552 \frac{kg}{h}$$

Todas as vazões do equipamento são apresentadas na Tabela 12, abaixo.

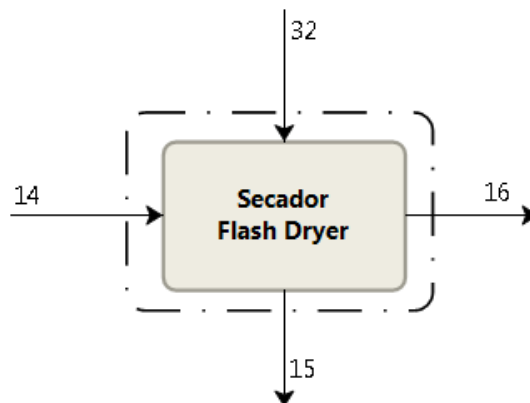
**Tabela 12 - Balanço de massa do desidratador peeler.**

Número da Corrente	12	13	14
Vazão Total (kg/h)	15909,09	2447,55	13461,54
Fração Mássica:			
Amido	0,55	-	0,65
Umidade	0,45	1	0,35
Vazão por componentes (kg/h):			
Amido	8750	-	8750
Umidade	7159,09	2447,55	4711,54

**Fonte:** Autoria própria (2019).

## 8.8 BALANÇO NO SECADOR FLASH DRYER

**Figura 35 - Volume de controle do secador.**



**Fonte:** Autoria própria (2019).

Os cálculos realizados nesta etapa seguiram o volume de controle da Figura 35.

O secador é responsável por realizar o último processo de retirada de umidade do produto aos padrões estabelecidos. A corrente 32 representa o ar quente utilizado no processo e apresenta vazão de 85674,637 kg/h e 0,01313 de umidade, cujo valor foi obtido pelo balanço de energia realizado e apresentado posteriormente no Capítulo 9.

SUFRAMA (2003), afirma que a umidade do produto na corrente 16 é 0,14, seguindo os padrões de venda da fécula de mandioca no mercado.

A vazão mássica da corrente 16 é obtida pelo balanço de massa por componente de amido, mostrado na Equação (24).

$$\dot{m}_{16} = \frac{\dot{m}_{14} * x_{A,14}}{x_{A16}} \quad (24)$$

$$\dot{m}_{16} = \frac{13461,54 \frac{kg}{h} * 0,65}{0,86} = 10174,42 \frac{kg}{h}$$

Pelo balanço por componente da umidade é possível determinar a vazão mássica da corrente 15, como apresentado na Equação (25), na qual representa a retirada de umidade da etapa final.

$$\dot{m}_{U,15} = \dot{m}_{U,32} + \dot{m}_{U,14} - \dot{m}_{U,16} \quad (25)$$

$$\dot{m}_{U,15} = 1124,517 \frac{kg}{h} + 4711,54 \frac{kg}{h} - 1424,42 \frac{kg}{h} = 4411,637 \frac{kg}{h}$$

Em posse do valor de  $\dot{m}_{U,15}$ , que se refere a umidade que será retirada no processo, é possível determinar a vazão total da corrente de ar úmido 15 por meio da equação (26), abaixo. Já que temos na corrente 15 o ar úmido de saída, constituído de todo o ar que entra no processo juntamente com a umidade retirada do amido.

$$\dot{m}_{15} = \dot{m}_{U,15} + \dot{m}_{Ar,32} \quad (26)$$

$$\dot{m}_{15} = 4411,637 \frac{kg}{h} + 84550,12 \frac{kg}{h} = 88961,7576 \frac{kg}{h}$$

Os valores das vazões mássicas e composições das correntes estão dispostas na Tabela 13.

**Tabela 13 - Balanço de massa do secador Flash Dryer.**

Corrente	14	15	16	32
Vazão Total (kg/h)	13461,54	88961,7576	10174,42	85674,637
Fração Mássica:				
Amido	0,65	-	0,86	-
Umidade	0,35	0,04959	0,14	0,013125
Ar	-	0,95041	-	0,986875
Vazão por componentes (kg/h):				
Amido	8750	-	8750	-
Umidade	4711,54	4411,637	1424,42	1124,517
Ar	-	84550,12	-	84550,12

**Fonte:** Autoria própria (2019).

O produto final do processo é obtido a uma vazão de 10174,42 kg/h por meio da corrente 16, com a composição compatível à apresentada pela legislação (14% de umidade e 86% de amido).

Assim, torna-se possível o cálculo do rendimento total ( $\eta_1$ ) e do rendimento em relação as perdas de amido durante o processo ( $\eta_2$ ), conforme as Equações (27) e (28), respectivamente abaixo.

$$\eta_1 = \frac{\dot{m}_{16}}{\dot{m}_1} \quad (27)$$

$$\eta_1 = \frac{10174,42 \frac{kg}{h}}{31250 \frac{kg}{h}}$$

$$\eta_1 = 0,3256$$

$$\eta_2 = \frac{\dot{m}_{16} * x_{A,16}}{\dot{m}_1 * x_{A,1}} \quad (28)$$

$$\eta_2 = \frac{10174,42 \frac{kg}{h} * 0,86}{31250 \frac{kg}{h} * 0,33}$$

$$\eta_2 = 0,9333$$

Segundo (EMBRAPA, 2003a), de maneira geral, no cenário brasileiro, as fecularias obtêm um rendimento total médio de 25% na produção do amido.

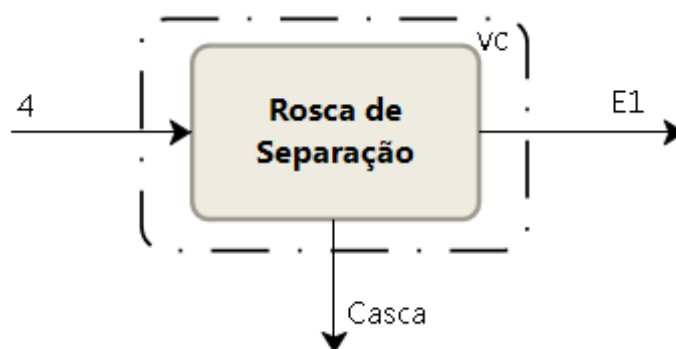
Com isso, destaca-se o nosso rendimento total,  $\eta_1$ , de 32,56%, com uma produção acima da média, garantindo ainda mais a qualidade, tecnologia e inovação da empresa.

## 8.9 BALANÇO NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS

### 8.9.1 Rosca de separação

O volume de controle utilizado no separador é mostrado na Figura 36.

**Figura 36 - Volume de controle da rosca de separação.**



**Fonte:** Autoria própria (2019).

Nesta primeira etapa do tratamento a casca proveniente da mandioca, que está contida na corrente 4, é totalmente retirada. Assim, por balanço de massa

pode-se calcular as vazões de efluente E1 e de casca, sendo apresentado os cálculos por meio das Equações (29) e (30)

$$\dot{m}_c = \dot{m}_4 * x_{C,4} \quad (29)$$

$$\dot{m}_c = 117427,3 \frac{kg}{h} * 0,008 = 937,5 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{m}_{E1} = \dot{m}_4 - \dot{m}_c \quad (30)$$

$$\dot{m}_{E1} = 117427,3 \frac{kg}{h} - 937,5 \frac{kg}{h} = 116489,82 \frac{kg}{h}$$

Conhecendo o valor vazão da mássica do efluente E1, pode-se determinar as devidas frações de cada componente neste efluente, por meio das Equações (31) a (33).

$$x_{A,E1} = \frac{x_{A,4} * \dot{m}_4}{\dot{m}_{E1}} \quad (31)$$

$$x_{A,E1} = \frac{0,0047 * 117427,30 \frac{kg}{h}}{116489,82 \frac{kg}{h}} = 0,00477$$

$$x_{T,E1} = \frac{x_{T,4} * \dot{m}_4}{\dot{m}_{E1}} \quad (32)$$

$$x_{T,E1} = \frac{0,0080 * 117427,30 \frac{kg}{h}}{116489,82 \frac{kg}{h}} = 0,00805$$

$$x_{U,E1} = 1 - x_{A,E1} - x_{T,E1} \quad (33)$$

$$x_{U,E1} = 1 - 0,00477 - 0,00805 = 0,98718$$



A Tabela 14 fornece as vazões mássicas e composições das correntes de entrada e saída da etapa.

**Tabela 14 - Balanço de massa na rosca de separação.**

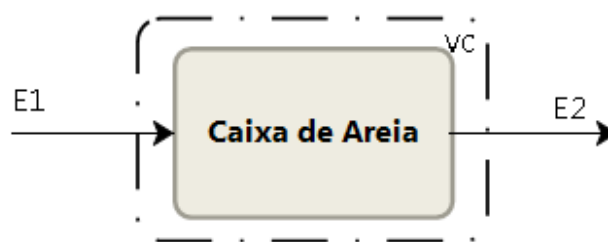
Corrente	4	E1	Casca
Vazão Total (kg/h)	117427,32	116489,82	937,5
Fração Mássica:			
Amido	0,0047	0,0048	-
Umidade	0,979	0,9872	-
Terra	0,008	0,008	-
Casca	0,008	-	1
Vazão por componentes (kg/h):			
Amido	555,68	555,68	-
Umidade	114996,64	114996,64	-
Terra	937,5	937,5	-
Casca	937,5	-	937,5

**Fonte:** Autoria própria (2019).

### 8.9.2 Caixa de areia

É apresentado na Figura 37 o volume de controle utilizado no filtro de areia.

**Figura 37 - Volume de controle da caixa de areia.**



**Fonte:** Autoria própria (2019).

Neste processo, parte do resíduo constituído na matéria advinda do efluente E1 fica retida na caixa de areia, sendo retirado no período de limpeza por um maquinário e descartado em aterro. Considerando que o retentado corresponde a 10% da terra, 20% do amido e 1% da umidade do total de efluente E1, pode-se determinar o valor da vazão de efluente E2 e as respectivas frações de cada componente, pelo balanço de massa, apresentado pelas Equações (34) a (37).

$$\dot{m}_{E2} = (0,99 * x_{U,E1} + 0,8 * x_{A,E1} + 0,9 * x_{T,E1}) * \dot{m}_{E1} \quad (34)$$

$$\dot{m}_{E2} = (0,99 * 0,987118 + 0,8 * 0,00477 + 0,9 * 0,00805) * 116489,82 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{m}_{E2} = 115134,96 \frac{kg}{h}$$

$$x_{T,E2} = \frac{0,9 * x_{T,E1} * \dot{m}_{E1}}{\dot{m}_{E2}} \quad (35)$$

$$x_{T,E2} = \frac{0,9 * 0,00805 * 116489,82 \frac{kg}{h}}{115134,96 \frac{kg}{h}} = 0,00733$$

$$x_{A,E2} = \frac{0,8 * x_{A,E1} * \dot{m}_{E1}}{\dot{m}_{E2}} \quad (36)$$

$$x_{A,E2} = \frac{0,8 * 0,00477 * 116489,82 \frac{kg}{h}}{115134,96 \frac{kg}{h}} = 0,00386$$

$$x_{U,E2} = 1 - x_{A,E2} - x_{T,E2} \quad (37)$$

$$x_{U,E2} = 1 - 0,00386 - 0,00733 = 0,98881$$

As vazões mássicas dos efluentes de entrada e saída e suas devidas composições são apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Balanço de massa da caixa de areia.

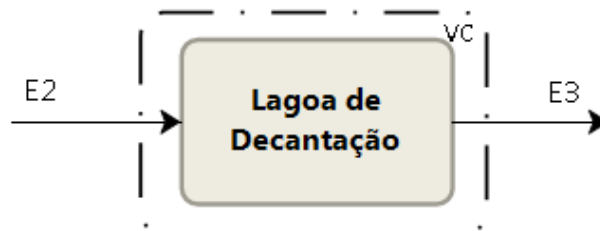
Corrente	E1	E2
Vazão Total (kg/h)	116489,82	115134,97
Fração Mássica:		
Amido	0,0048	0,0039
Umidade	0,9872	0,9888
Terra	0,008	0,0073
Vazão por componentes (kg/h):		
Amido	555,68	444,54
Umidade	114996,64	113846,67
Terra	937,5	843,75

Fonte: Autoria própria (2019).

### 8.9.3 Lagoa de decantação

O volume de controle deste processo é mostrado na Figura 38.

Figura 38 - Volume de controle na lagoa de decantação.



Fonte: Autoria própria (2019).

Nesta etapa, o amido e terra presente no efluente E2 é retirado por via de decantação. O decantado é retirado no período de limpeza e com isso, pode-se calcular a vazão do efluente E3, pelo balanço de massa por componente da umidade, apresentado na Equação (38).

$$\dot{m}_{E3} = x_{U,E2} * \dot{m}_{E2} \quad (38)$$

$$\dot{m}_{E3} = 0,98881 * 115134,96 \frac{kg}{h} = 113846,67$$

Na Tabela 16 é apresentado as vazões dos efluentes E2 e E3 e suas respectivas composições.

**Tabela 16 - Balanço de massa da lagoa de decantação.**

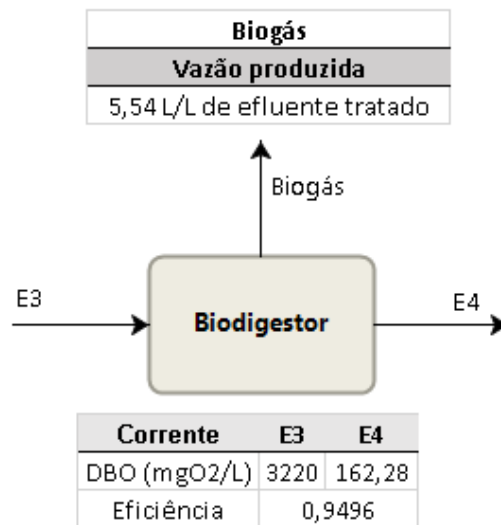
<b>Corrente</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
Vazão Total (kg/h)	115134,97	113846,67
Fração Mássica:		
Amido	0,0039	-
Umidade	0,9888	1
Terra	0,0073	-
Vazão por componentes (kg/h):		
Amido	444,54	-
Umidade	113846,67	113846,67
Terra	843,75	-

**Fonte:** Autoria própria (2019).

#### 8.9.4 Biodigestor

Com a vazão de entrada da corrente de efluente 3 no biodigestor temos, segundo dados coletados em campo, uma DBO de 3220 mgO<sub>2</sub>/L. O biodigestor tem uma eficiência de 0,9496 estando o efluente ao final do equipamento a uma DBO de 162,28 mgO<sub>2</sub>/L. CHAI PRASERT *et al.* (2003) afirma que a quantidade de Biogás produzido no equipamento é de 5,54 litros de gases por litro de efluente tratado, sendo o biogás utilizado para alimentar os equipamentos nos processos de secagem. Todos os dados do biodigestor estão esquematizados na Figura 39 para melhor visualização.

**Figura 39 - Eficiência do tratamento no biodigestor.**



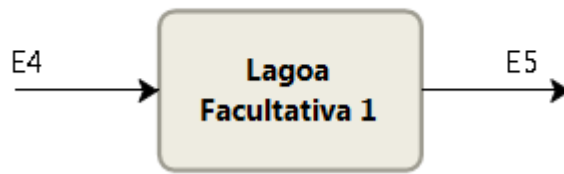
**Fonte:** Autoria própria (2019).

#### 8.9.5 Lagoas facultativas

Após passar pelo biodigestor, o efluente ainda não está de acordo com a legislação do CEMA, que de acordo com a Resolução 070/09, presente no Anexo 2, exige uma DBO de 100 mgO<sub>2</sub>/L para ser descartado no córrego, sendo assim necessário um tratamento secundário dessa corrente. O tratamento escolhido para diminuir a corrente de resíduo até os padrões exigidos consiste em 3 lagoas facultativas com uma eficiência média de 35% em cada uma delas.

O efluente ao final da terceira lagoa, de acordo com dados de campo, sai com uma DBO de 44,54 mgO<sub>2</sub>/L estando apto a ser descartado no rio, garantindo assim que o processo produtivo ocorra com o tratamento e descarte correto de seus efluentes industriais. As taxas de DBO e a eficiência de cada lagoa estão mostradas nas Figuras 40, 41 e 42.

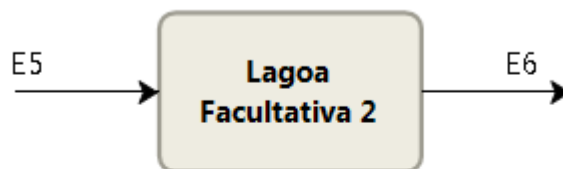
**Figura 40 - Eficiência do tratamento na lagoa facultativa 1.**



Corrente	E4	E5
DBO (mgO <sub>2</sub> /L)	162,28	105,48
Eficiência	0,35	

Fonte: Autoria própria (2019).

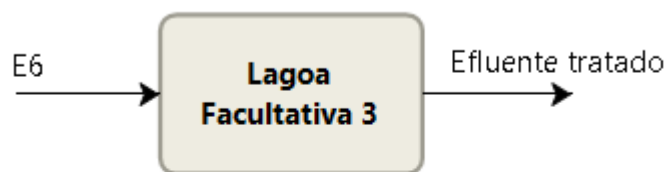
**Figura 41 - Eficiência do tratamento na lagoa facultativa 2.**



Corrente	E5	E6
DBO (mgO <sub>2</sub> /L)	105,48	68,56
Eficiência	0,35	

Fonte: Autoria própria (2019).

**Figura 42 - Eficiência do tratamento na lagoa facultativa 3.**



Corrente	E6	Efluente tratado
DBO (mgO <sub>2</sub> /L)	68,56	44,54
Eficiência	0,35	

Fonte: Autoria própria (2019).

## 9 BALANÇO DE ENERGIA DA PRODUÇÃO DE FÉCULA DE MANDIOCA

### 9.1 ENERGIA TÉRMICA

O balanço de energia térmica dentro do processo de produção da fécula de mandioca ManiSul será realizado apenas no processo de secagem, no qual existe a necessidade de se calcular o calor necessário para se efetuar o aquecimento do ar, bem como a quantidade de combustível para se realizar o processo, e também a energia gasta para se retirar a umidade do amido.

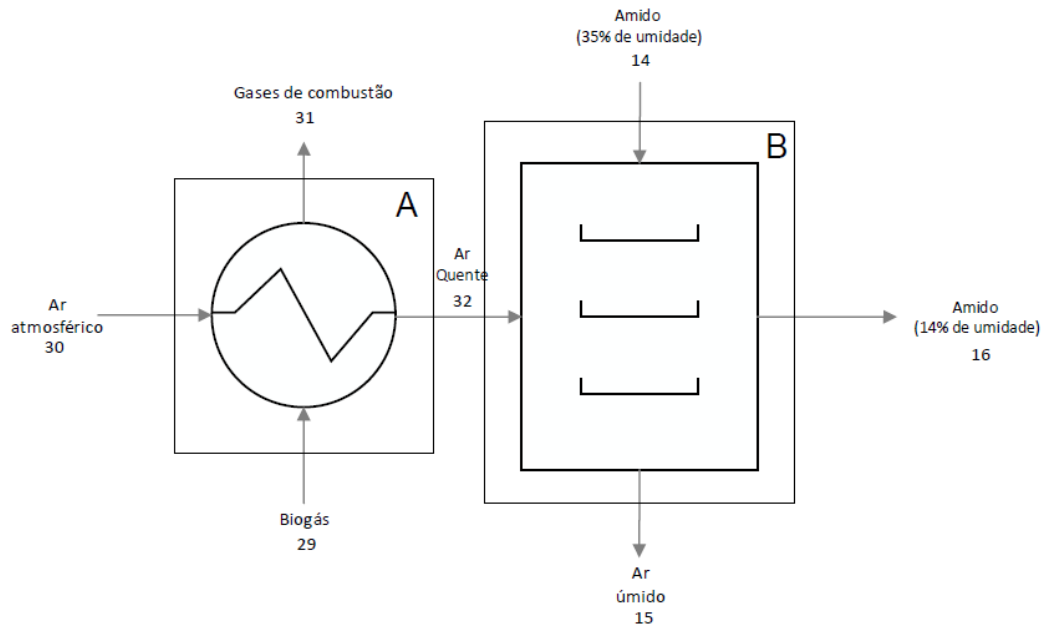
As variáveis utilizadas nos cálculos a seguir, do balanço de energia, estão especificadas na lista de símbolos localizada no início do trabalho.

#### 9.1.1 Cálculo da energia térmica em processo com queimador de biogás

Nesta seção será apresentado o balanço de energia térmica realizado no secador Flash Dryer junto ao queimador de biogás, no qual o cálculo foi dividido entre duas regiões, A e B, apresentado na Figura 43.

Na região A tem-se a troca de calor entre o ar ambiente e os gases de combustão gerados pela queima do biogás. Já na região B, tem-se a secagem do amido, em que o ar quente transfere calor ao amido úmido, e parte da umidade é transferida para o próprio ar.

**Figura 43 - Modelo esquemático das regiões A e B no balanço de energia.**



**Fonte:** Autoria própria (2019).

No balanço de energia considerou-se regime permanente, variação de energia potencial e cinética desprezíveis. As estruturas dos equipamentos são isoladas do ambiente e nos processos de troca térmica não ocorrem variações nas pressões dos fluidos, portanto a variação de energia interna será igual a variação da entalpia. Assim, a equação do balanço de energia que define essas considerações é dada pela Equação (39).

$$\dot{Q} = \dot{m} * \Delta H = \dot{m} * C_p * \Delta T \quad (39)$$

- **BALANÇO ENERGÉTICO NA REGIÃO B**

Na região B é onde se obtém o processo de secagem do amido, assim se faz necessário calcular pelo balanço de energia a quantidade de calor transferida pelo ar quente para o amido chegar na umidade desejada. A corrente de amido que entra no processo de secagem possui umidade de 35% e temperatura de 30 °C, e a corrente de amido seco possui umidade de 14% e temperatura de 50°C, portanto pelo balanço de massa, deve-se evaporar uma quantidade de 3287,12 kg/h de água contida no amido.



A corrente de ar quente sai do queimador com uma temperatura de 150 °C e sai do secador com uma temperatura de 70 °C. Assim aplicando a Equação (39) para esse processo tem-se a Equação (40).

$$\dot{Q} = \dot{m}_{H_2O(vapor)} * (H_v - h_{liq}) + \dot{m}_{U,16} * Cp_{H_2O} * (T_{16} - T_{14}) + \dot{m}_{A,14} * Cp_{amido} * (T_{16} - T_{14}) \quad (40)$$

A capacidade calorífica do amido e da água foram retirados pelo Perry (2007) e os valores de entalpia foram obtidos por Moran e Shapiro (2009). A Tabela 17 contém os valores para se determinar a Equação (40).

Tabela 17 - Variáveis utilizadas para a resolução da equação 40.

Corrente	Vazão (kg/h)	Cp (kcal/kg.°C)	Hvap (kcal/kg)	hliq (kcal/kg)	Tf (°C)	Ti (°C)
$\dot{m}_{A,14}$	8750	0,3	-	-	50	30
$\dot{m}_{U,16}$	1424,42	1	-	-	50	30
$\dot{m}_{H_2O(vapor)}$	3287,12	-	627,5425	30,0512	70	30

Fonte: Adaptado de Perry (2007) e Moran e Shapiro (2009).

Substituindo os valores na Equação (40) temos que o calor transferido do ar para a corrente de amido é de 2029202,904 kcal/h.

Com o valor obtido pela Equação (40) pode-se calcular a quantidade de ar seco necessária para o processo. Aplicando a Equação (39) para o ar, tem-se a Equação (41).

$$\dot{Q} = \dot{m}_{ar,seco} * Cp_{ar} * (T_{15} - T_{32}) \quad (41)$$

O valor de  $\dot{Q}$  será negativo pois trata-se de calor cedido, a temperatura inicial é de 150 °C e final é de 70 °C. A capacidade calorífica do ar de 0,241 kcal/kg °C foi retirado no Perry (2007). Assim a vazão de ar seco em kg/h é de 84550,121.

Como a vazão de ar foi considerada na base seca e o ar atmosférico possui uma certa quantidade de umidade, pode-se determinar a composição do ar atmosférico. O ar atmosférico em Umuarama possui umidade relativa média de

50% e temperatura média de 30 °C. Com auxílio da carta psicométrica, Anexo 1, foi determinada a umidade absoluta do ar atmosférico, tendo um valor de 0,0133.

Assim a vazão de umidade presente no ar atmosférico é dada pela Equação (42).

$$\dot{m}_{u,at} = UA * \dot{m}_{ar,seco} \quad (42)$$

$$\dot{m}_{u,at} = 0,0133 * 84550,121 \frac{Kg}{h} = 1124,517 \frac{Kg}{h}$$

Logo a vazão total da corrente 30 é dada pela Equação (43).

$$\dot{m}_{30} = \dot{m}_{u,at} + \dot{m}_{ar,seco} \quad (43)$$

$$\dot{m}_{30} = 1124,517 \frac{Kg}{h} + 84550,121 \frac{Kg}{h} = 85674,638 \frac{Kg}{h}$$

Para comprovar que o processo de secagem vai ocorrer, a umidade relativa da corrente 15 deve ser menor ou igual a 100%, pois o ar possui um limite de saturação pra absorver umidade. Assim, primeiramente determinou-se a umidade absoluta da corrente 15 pela Equação (44).

$$UA_{15} = \frac{\dot{m}_{H2O(vapor)} + \dot{m}_{u,at}}{\dot{m}_{ar,seco}} \quad (44)$$

$$UA_{15} = \frac{3287,12 \frac{Kg}{h} + 1124,517 \frac{Kg}{h}}{84550,121 \frac{Kg}{h}} = 0,0522$$

Novamente, com a carta psicométrica, que está contida no Anexo 1, utilizando como umidade absoluta o valor encontrado anteriormente e temperatura de 70 °C, pode-se encontrar um valor de umidade relativa de 25%. Como a umidade se encontra abaixo da linha de saturação da carta psicométrica, o processo de secagem é comprovado.

- BALANÇO ENERGÉTICO NA REGIÃO A

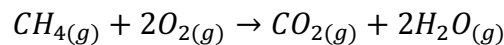
Aplicando a equação Q na região A, para o ar, pode-se determinar o calor total cedido ao ar no queimador. Assim, obtém-se a Equação (45).

$$\dot{Q}_{total} = \dot{m}_{ar,seco} * Cp_{ar} * (T_{32} - T_{30}) \quad (45)$$

Nas condições de entrada o ar possui temperatura média de 30 °C, sai a uma temperatura de 150 °C e possui capacidade calorífica de 0,241 kcal/kg °C. Portanto, temos que o calor total absorvido pelo ar é de 2435043,485 kcal/h.

Com o calor total obtido pode-se calcular a quantidade de biogás utilizado. Segundo Motta (1985) a composição do biogás é de 70% de gás metano, 20% de gás carbônico e 10% de outros gases. O gás metano é o componente do biogás que alimenta a chama e gera a energia necessária para aquecer o ar ambiente.

Assim se faz necessário determinar a quantidade de calor liberado na queima do gás metano. A reação de combustão do metano é dada abaixo:



Segundo Augusto et al (2015) a temperatura de chama, quando se utiliza metano, é de 2116 K e o metano do biogás está a uma temperatura de 298 K. O calor de combustão em calorias por mol de metano vai ser dado pela Equação (46).

$$\dot{Q} = -\Delta H^{\circ}_{298} + \sum_{Reagentes} (n * \int_{298}^{2116} Cp dT) - \sum_{Produtos} (n * \int_{298}^{2116} Cp dT) \quad (46)$$

Para os reagentes CH<sub>4</sub> e O<sub>2</sub> tem-se que o somatório é dado pela Equação (47), sendo n igual a 1 para o CH<sub>4</sub> e 2 para o O<sub>2</sub>.

$$\begin{aligned} \sum_{Reagentes} (n * \int_{298}^{2116} Cp dT) \\ = 1 * \int_{298}^{2116} (\alpha + \beta * T + \gamma * T^2) dT + 2 * \int_{298}^{2116} (\alpha + b * T + C * T^{-2}) dT \end{aligned} \quad (47)$$

Para os produtos da combustão, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, o somatório é calculado pela Equação (48), onde n é 1 para o CO<sub>2</sub> e 2 para o H<sub>2</sub>O.

$$\sum_{\text{Produtos}} (n * \int_{298}^{2116} C_p dT) = 1 * \int_{298}^{2116} (a + b * T + C * T^{-2}) dT + 2 * \int_{298}^{2116} (a + b * T + C * T^{-2}) dT \quad (48)$$

A Tabela 18 contém os valores de  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  para o metano, adaptado do Spencer (1948), e a Tabela 19 mostra os valores de a, b e c para os outros componentes da reação, adaptado do Kelley (1960).

**Tabela 18 - Capacidades caloríficas molares do metano no estado de gás ideal.**

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
<b>CH<sub>4</sub></b>	3,381	1,80E-02	-4,30E-06

**Fonte:** Adaptado de Spencer (1948).

**Tabela 19 - Capacidades caloríficas molares do gás oxigênio, gás carbônico e água no estado de gás ideal.**

	a	b	c
<b>O<sub>2</sub></b>	7,16	1,00E-03	-4,00E+04
<b>CO<sub>2</sub></b>	10,57	2,10E-03	-2,06E+05
<b>H<sub>2</sub>O</b>	7,3	2,46E-03	0

**Fonte:** Adaptado de Kelley (1960).

Segundo Spencer (1948), o calor padrão de combustão do metano a 298 K é de -212800 cal/mol. Fazendo os devidos cálculos utilizando as equações 47 e 48 e substituindo os valores na equação 46 temos que o calor liberado na queima de um mol de metano é de aproximadamente 210,9 kcal/mol.

Como a reação de combustão de um mol gera 210,9 kcal, e o ar no trocador precisa absorver 2435043,485 kcal/h, a vazão mássica de metano no trocador será de 185,359 kg/h. Como o metano equivale a 70% da vazão de biogás temos que a vazão total de biogás necessária para o processo é de 264,798 kg/h ou 403,657 m<sup>3</sup>/h. Por fim, a vazão de gases de combustão que são gerados na queima do biogás é de 403,552 kg/h.

### 9.1.2 Cálculo da energia térmica em processo com caldeira a lenha

Como uma maneira alternativa para o aquecimento do ar de secagem, para o caso de não haver biogás para alimentar o queimador no processo descrito anteriormente, é proposto o cálculo do balanço de energia térmica utilizando uma caldeira a lenha e um trocador de calor.

Ao utilizar a caldeira, temos a queima da lenha para a geração vapor, que por sua vez irá aquecer o ar utilizado na secagem do amido em um trocador de calor. Dessa maneira, foi considerado que a quantidade de calor necessária pra aquecer o ar é mesma que a calculada para o queimador de biogás. Portanto, o calor calculado anteriormente de 2435043,485 kcal/h será utilizado para determinar a vazão de vapor que deve passar pelo trocador de calor e posteriormente a quantidade de lenha queimada na caldeira para se realizar o processo.

A pressão escolhida para o trabalho da caldeira é de 9 kgf/cm<sup>2</sup>. Em posse da pressão e da tabela de propriedades termodinâmicas da água retirada de Moran e Shapiro (2009), foi possível encontrar a temperatura de vapor saturado e calor latente de vaporização, sendo 174,5 °C e 485,6 kcal/kg, respectivamente.

Assim, a vazão de vapor requerida da caldeira é dada pela Equação (49).

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{\dot{Q}_{total}}{\dot{Q}_{latente}} \quad (49)$$

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{2435043,485 \frac{kcal}{h}}{485,6 \frac{kcal}{kg}} = 5014,504 \text{ kg/h}$$

Logo, a vazão de vapor requerida para aquecer o ar de secagem é de 5014,504 kg/h.

Para gerar o vapor na caldeira utiliza-se lenha como combustível. Segundo Mitamura (2005), considerando que a lenha possui 40 % de umidade, o poder calorífico é cerca de 2400 kcal/kg. Assim, a quantidade de lenha requerida para queima é dada pela Equação (50).

$$\dot{m}_{lenha} = \frac{\dot{Q}_{total}}{PC} \quad (50)$$

$$\dot{m}_{lenha} = \frac{2435043,485 \frac{kcal}{h}}{2400 \frac{Kcal}{kg}} = 1014,601 \text{ kg/h}$$

A grande quantidade de lenha necessária para manter o processo em funcionamento e o apelo ambiental, foram motivos cruciais para se ter a escolha primária de produzir o biogás e utilizá-lo para queima, fornecendo a energia térmica requerida no processo de secagem do produto.

## 9.2 ENERGIA ELÉTRICA

Basicamente o restante dos equipamentos envolvidos no processo produtivo funciona por meio da utilização da energia elétrica. A Tabela 20 mostra os equipamentos e suas respectivas potências de funcionamento para melhor visualização do balanço de energia elétrica gasto na produção.

**Tabela 20 - Potência dos equipamentos.**

<b>Equipamento</b>	<b>Potência (kW)</b>
Rampas de descarregamento	80
Moegas	3
Lavador e Descascador	10
Picador	22
Cevadeira	355
Extratoras	55
Centrífuga de Pratos	95
Hidrociclones	40
Desidratador Peeler	110
Queimador de Biogás	6
Caldeira	36
Trocador de Calor	40
Flash Dryer	290
Enscadeiras	4,4
<b>TOTAL</b>	<b>1146,4</b>

**Fonte:** Autoria Própria (2019).

### 9.2.1 Gerador de Energia Elétrica

Além do uso na geração de energia térmica, o biogás pode também ser utilizado com fonte para geradores de energia elétrica. Sendo assim, para se aproveitar o biogás gerado no tratamento de efluentes e minimizar os custos com energia elétrica, em nosso processo é utilizado um gerador de energia a biogás, que tem a capacidade de gerar energia elétrica utilizando o biogás como fonte em seu funcionamento.

Tratando-se do biogás a energia química contida em suas moléculas é convertida em energia mecânica por um processo de combustão controlada. A energia mecânica então tem a potencialidade de ativar um gerador, havendo assim a conversão em energia elétrica (COELHO, 2006).

O biogás total que é produzido em nosso biodigestor é de 633,49 m<sup>3</sup>/h. Desse total, 403,657 m<sup>3</sup>/h é utilizado como combustível nos queimadores para ser utilizado como energia térmica na secagem. Logo, restam 229,83 m<sup>3</sup>/h para ser convertido em energia elétrica.

Segundo ARAUJO (2013), o aproveitamento do biogás em geradores de energia elétrica segue uma conversão de 1,33 kWh por m<sup>3</sup> de biogás inserido.

O gerador escolhido tem a capacidade de gerar 300 kWh de potência, utilizando 225,564 m<sup>3</sup> de biogás. Logo, por termos armazenado 229,83 m<sup>3</sup>/h de biogás que não foram utilizados como energia térmica, podemos reduzir parte dos gastos energéticos da empresa com uso do gerador em sua aplicação máxima.

A utilização do gerador reforça ainda mais o comprometimento com a sustentabilidade e viabilidade da empresa, já que a partir dele é possível reduzir gastos consideráveis com o custo elétrico por meio do uso do biogás proveniente dos resíduos gerados.

### 9.3 INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA

Um processo industrial consiste em um conjunto de atividades que tem por objetivo transformar matérias primas e converte-las em produtos. A integração de processos é uma metodologia que se embasa na utilização do reaproveitamento de massa e de energia para obter melhores resultados na cadeia produtiva e aumentar a eficiência em todo o sistema (FONTANA, 2002).

A integração energética se baseia em uma das estratégias de aproveitamento ou recuperação da energia utilizada em um processo. Esse aproveitamento nada mais é do que utilizar o calor empregado nas correntes quentes para simultaneamente realizar o aquecimento das correntes frias. Com isso é possível diminuir grande parte dos insumos energéticos garantindo ainda a sustentabilidade da produção (PERLINGEIRO, 2005).

O desenvolvimento da aplicação da integração energética está cada vez mais evidente no cenário atual. Isso está relacionado com as constantes pesquisas que visam o melhor aproveitamento dos processos, buscando encontrar a melhor relação entre os custos operacionais existentes, reduzindo o consumo de utilidades e o número de unidades necessárias para as trocas térmicas, resultando em uma planta industrial mais econômica, sustentável e eficiente (QUEIROZ; PESSOA, 2005).

Tendo em vista o conceito de integração energética e o os pilares que tornam eficiente o seu uso como uma forma de recuperação de energia, temos que na cadeia produtiva do amido de mandioca ManiSul não será necessária a utilização da integração energética.

Dentre todas as etapas presentes até a obtenção do produto final é aplicado apenas o uso de uma corrente quente para a atividade de secagem do amido, não necessitando nenhum processo posterior ou anterior de resfriamento. Portanto, não existe a possibilidade de recuperação ou aproveitamento da energia utilizada em nossa produção.



## 10 DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS DA ETAPA DE PRODUÇÃO

A seguir serão listados e detalhados os equipamentos que serão utilizados no processo de produção, bem como suas especificações e características, selecionados minuciosamente para garantir a efetividade do balanço de massa e energia que foram elaborados, garantindo assim o cumprimento da capacidade produtiva da ManiSul.

### 10.1 PLATAFORMA DE PESAGEM

A balança escolhida para o cálculo da quantidade de matéria-prima recebida pelos caminhões foi a de modelo SCS-3010030EXKA, que suporta até 30 t de peso bruto do caminhão carregado. Suas dimensões são de 10 m de comprimento e 3 m de largura.

### 10.2 RAMPA DE DESCARREGAMENTO

Para ocorrer o descarregamento do caminhão foram escolhidas duas plataformas de descarga lateral do modelo S-30-30-10-L que apresenta uma eficiência no tempo para descarga, levando somente de 2 a 2,5 minutos para realiza-la. A plataforma suporta uma capacidade de peso de 35, com uma potência requerida de 40 kW. As dimensões da plataforma são de 10,0 m de comprimento e 2,9 m de largura, e essa plataforma apresenta um ângulo de basculamento de 45°.

### 10.3 MOEGA

Para a armazenagem da mandioca foi escolhida duas moegas com transportador helicoidal de rosca LS. Cada moega apresenta a capacidade de armazenamento de 70 t e uma capacidade máxima de transporte de matéria-prima é de 520 m<sup>3</sup>/h, para o acionamento da rosca requer uma potência de 1,5 kW. As dimensões do equipamento são de 9 m de comprimento, 6 m de largura e 6 m de altura.

#### 10.4 LAVADOR E DESCASCADOR

Para a etapa de lavagem e descascamento da matéria prima propôs-se o uso de um equipamento descascador/lavador de modelo QXJ1000-3. Uma única unidade do equipamento garante o processamento total da etapa com eficiência e qualidade. O modelo escolhido tem por especificação uma capacidade de operação de 35 t/h com uma potência de trabalho de 10 kW. A velocidade do motor é de 21 rpm e o diâmetro da pá é de 1 m. As dimensões do equipamento são 7,05 m de comprimento, 2,3 m de largura e 2,0 m de altura.

#### 10.5 PICADOR

Buscando atender a demanda de produção da ManiSul, foi escolhido o picador PS50-100. O picador proporciona uma capacidade de processamento de 50 t/h com uma potência requerida de 22 kW. Esse picador é equipado com 24 lâminas e a velocidade do seu rotor é de 1200 rpm. As dimensões de comprimento, largura e altura do picador são respectivamente, 1,49 m, 1,30 m e 0,60 m.

#### 10.6 CEVADEIRA

Para efetuar o processo de desintegração foi escolhida a cevadeira GL1000/800. A cevadeira apresenta uma capacidade de processamento de 35 t/h e com um motor que requer uma potência de 355 kW, sendo que o rotor da cevadeira é equipado com 204 lâminas trituradoras. A cevadeira possui um peso de 6120 kg e as seguintes dimensões, 3,100 m de comprimento, 1,445 m de largura e 1,420 m de altura.

#### 10.7 EXTRATORA

Para realizar a extração do amido da mandioca, foi escolhida a peneira centrífuga GL1050, que permite o processamento de até 600 t/dia com o uso de três peneiras extratoras em série. O modelo GL1050 é acionado por correia e utiliza uma potência de motor de 37 kW até 55 kW. Cada extratora apresenta as

seguintes dimensões, 1,400 m de comprimento, 1,415 m de largura e 1,950 m de altura.

#### 10.8 CENTRÍFUGA DE PRATOS

Para a etapa de concentração do amido, iremos utilizar a centrífuga de pratos modelo CT-140, feita de aço inox e que apresenta uma capacidade de 140 m<sup>3</sup>/h. O motor elétrico da centrífuga requer 95 kW e o comando hidráulico do motor requer uma potência de 0,5 cv. O modelo escolhido possui as seguintes dimensões, 1,90 m de comprimento, 1,70 de largura e 1,95 mm de altura.

#### 10.9 HIDROCICLONE

Para o hidrociclone, que tem a função de purificação do amido, foi escolhido o modelo C-400 que possui quatro módulos. Esse modelo é de aço inox e com ciclonetes de um polímero especial. O equipamento tem uma capacidade de 20 t/h e para seu acionamento se tem a demanda de 40 kW. Suas dimensões apresentam os seguintes valores, 2,4 m de comprimento, 0,8 m de largura e 1,8 m de altura.

#### 10.10 DESIDRATADOR PEELER

Na primeira etapa do processo de secagem serão utilizados dois desidratadores peeler de modelo GKH1600 com o limite de carregamento de 1150 kg. Teve-se a escolha de dois equipamentos, devido ao fato de enquanto um estiver em funcionamento, o outro estará sendo descarregado e recarregado novamente. Cada um desses desidratadores requer uma potência de 110 kW e apresentam as seguintes dimensões, 4,76 m de comprimento, 3,20 m de largura e 3,08 m de altura.

#### 10.11 QUEIMADOR DE BIOGÁS

Para realizar o aquecimento do ar para a secagem foi utilizado o queimador de Biogás cujo modelo é BT600-NLS50. O queimador escolhido possui uma

capacidade máxima de biogás processado de 600 m<sup>3</sup>/h, garantindo o processamento completo de nossa produção, com uma potência de 6 kW. As dimensões do equipamento são 1,1 m de diâmetro e 5,8 m de altura.

#### 10.12 CALDEIRA

A caldeira utilizada para a eventual operação alternativa de secagem, com o uso de lenha no processo, é a de modelo VMI-L. A caldeira escolhida tem a característica mista por possuir a fornalha aquatubular e corpo flamotubular com alta eficiência. Possui uma capacidade de geração de vapor saturado de 6 t/h, a uma pressão de 9 kgf/cm<sup>2</sup> (8,71 atm), potência de 36 kW, com uma alimentação de biomassa e retirada de cinzas de maneira manual. As dimensões da caldeira são de 7,827 m de comprimento, 3,556 m de largura e 3,837 m de altura.

#### 10.13 TROCADOR DE CALOR

A segunda etapa da operação alternativa para se atingir o ar de secagem consiste em se realizar a troca térmica e obter o ar quente. Para isso foi escolhido o trocador de casco e tubos de modelo WJ-Tube20. Esse equipamento supre as necessidades de nosso processo tendo em vista que opera com uma temperatura de até 200 °C e pressão de até 0.6 Mpa, utilizando 40 kW de potência. O trocador de calor escolhido possui uma área de troca térmica de 21.5 m<sup>2</sup>, comprimento efetivo de 3 m e diâmetro total de 0.65 m

#### 10.14 SECADOR FLASH DRYER

Para a etapa final da secagem do amido, foi escolhido o secador *flash dryer* de modelo DG-12, que irá suprir a demanda da produção. Esse modelo de secador requer uma potência de 290 kW para o seu funcionamento, com uma capacidade de produção de amido seco ao final da secagem de 12 t/h. As condições de operação são de até 40% de umidade do amido antes da secagem e de 12 a 14% de umidade no amido após a secagem, o que enquadra o equipamento perfeitamente em nosso processo. O secador ocupa uma área de 5,5 x 4,5 m<sup>2</sup> e 7,0 m de altura.

#### 10.15 SILO DE ARMAZENAMENTO

O armazenamento do amido após a secagem é realizado em um silo do modelo TCZK03603 que apresenta uma capacidade de 30 t. As dimensões do silo são de 3,6 m de diâmetro e 9,19 m de altura.

#### 10.16 ENSACADEIRA

O ensacamento do produto irá ser realizado utilizando duas ensacadeiras automatizadas do modelo LCS-CK2. Esse modelo apresenta uma capacidade de embalar até 500 unidades por hora de até uma pesagem de 50 kg e requer uma potência de 2,2 kW. Este equipamento apresenta 3,77 m de comprimento, 0,67 m de largura e 1,45 m de altura, como suas dimensões.

#### 10.17 GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA

Para a geração de energia elétrica, a partir do biogás produzido pelo biodigestor, será utilizado o gerador de energia elétrica a biogás de modelo 300GFT, que tem a capacidade de produzir uma potência de 300 kW. Esse equipamento possui uma frequência de 50 a 60Hz e velocidade de rotação de 1500 a 1800 rpm. As dimensões do gerador são de 3,05 m de comprimento, 1,55 m de largura e 1,95 m de altura.

## 11 DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DO TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Nesta seção serão apresentados o dimensionamento e as especificações para as etapas do tratamento de resíduos, de maneira que o efluente gerado possa ser tratado de maneira eficiente, sendo possível o seu descarte no corpo hídrico.

As variáveis utilizadas nos cálculos a seguir, do dimensionamento do tratamento de resíduos, estão especificadas na lista de símbolos localizada no início do trabalho.

### 11.1 ROSCA DE SEPARAÇÃO

O equipamento para a primeira etapa do pré-tratamento, onde se retira as cacas da mandioca contidas no efluente, é montado com um motor com redutor, de modelo WCG20, que é acoplado em uma haste que possui uma rosca. O motor requer 1,4 kW de potência, possui 40 cm de comprimento e 20 cm de largura. Já a haste possui 2 metros de comprimento com diâmetro de 5 cm.

### 11.2 CAIXA DE AREIA

Como a caixa de areia funciona basicamente como um simples filtro para a remoção de sólidos grosseiros que possam vir com a manipueira. Suas dimensões irão ser iguais as da lagoa de decantação que será descrita a seguir.

### 11.3 LAGOA DE DECANTAÇÃO

Inicialmente para ter o dimensionamento da lagoa de decantação, foi necessário se calcular a velocidade de sedimentação da areia na manipueira, por meio da Lei de Stokes, demonstrada pela Equação (51).

Como a manipueira é basicamente líquida, dessa maneira, os dados para o fluido foram encontrados na literatura para a água na temperatura de Umuarama (LIDE, 2004). Enquanto os valores para areia foram considerados a massa específica média para areia úmida e a decantação de partículas maiores que 0,06 mm de diâmetro (OPERATION, 2019).

$$V_s = \frac{g(\rho_p - \rho_f)d_p^2}{18\mu} \quad (51)$$

$$v_s = \frac{9,81 \times (2000 - 995,6) \times (0,00006)^2}{18 \times 0,0007977} = 0,002474 \frac{m}{s} = 8,90 \frac{m}{h}$$

Onde:

- $v_s$  é a velocidade de sedimentação;
- $g$  é a gravidade;
- $\rho_p$  é a massa específica da partícula;
- $\rho_f$  é a massa específica do fluido;
- $\mu$  é a viscosidade dinâmica do fluido;
- $d_p$  é o diâmetro da partícula.

A velocidade de sedimentação apresenta uma relação entre a área de sedimentação e a vazão do efluente, como pode ser visto na Equação (52) (ORTEGA, 2012).

$$v_s = \frac{\dot{V}}{BL} \rightarrow BL = \frac{\dot{V}}{v_s} \quad (52)$$

$$BL = \frac{115,64}{8,90} = 12,98m^2$$

Onde:

- $\dot{V}$  é a vazão volumétrica do efluente;
- $B$  é a largura da lagoa;
- $L$  é o comprimento da lagoa.

Considerando uma relação entre L/B igual a 4, foi encontrado o valor de 7,2 m para o comprimento e 1,8 m de largura para a lagoa de decantação. Estimando

uma profundidade de 1,1 m, essa lagoa apresenta um volume de 14,256 m<sup>3</sup> e um tempo de sedimentação de 7,4 min.

#### 11.4 BIODIGESTOR

O biodigestor é constituído de uma lagoa anaeróbica, portanto, para dimensionar o biodigestor, primeiramente se faz o dimensionamento da lagoa. Assim o cálculo inicia-se determinando a carga orgânica total presente no efluente que chega para o tratamento, que é dado pela Equação (53).

A vazão de efluente que chega para o tratamento, já apresentada no balanço de massa do Capítulo 8, foi de 114,349 m<sup>3</sup>/h e a DBO de 3220 mgO<sub>2</sub>/L.

$$CO_{total} = \dot{V} * DBO \quad (53)$$

$$CO_{total} = 114,349 \frac{m^3}{h} * 3220 \frac{mg}{L} * \frac{1000 L}{1 m^3} * \frac{1 kg}{10^6 mg}$$

$$CO_{total} = 368,2027 \frac{kg}{h}$$

Adotando um tempo de retenção hidráulica (TDH) de 5 dias (VON SPERLING, M., 1996), calculou-se o volume da lagoa do biodigestor pela Equação (54).

$$V = \dot{V} * TDH \quad (54)$$

$$V = 114,349 \frac{m^3}{h} * 5 d * \frac{24 h}{1 d}$$

$$V = 13730,2517 m^3$$

Segundo Von Sperling (1996), a profundidade da lagoa do biodigestor gira em torno de 4 a 5 metros, assim adotando 4,5 metros de profundidade pode-se calcular a área de meia profundidade através da Equação (55).

$$A_{1/2} = \frac{V}{H} \quad (55)$$



$$A_{1/2} = \frac{13730,2517 \text{ m}^3}{4,5 \text{ m}} = 3051,167 \text{ m}^2$$

A relação comprimento L e largura B segundo Von Sperling (1996), é dado pela Equação (56).

$$2 * B = L \quad (56)$$

A área de meia profundidade pode ser calculada também pela Equação (57), apresentada abaixo.

$$A_{1/2} = L * B \quad (57)$$

Relacionando a Equação (56) com a (57), pode-se determinar o valor da largura B de meia profundidade pela Equação (58).

$$B = \sqrt{\frac{A_{1/2}}{2}} \quad (58)$$

$$B = \sqrt{\frac{3051,167 \text{ m}^2}{2}} = 39,06 \text{ m}$$

Substituindo o valor encontrado pela Equação (58) na Equação (56) tem-se:

$$L = 2 * 39,06 \text{ m} = 78,12 \text{ m}$$

Com as dimensões de meia profundidade determinadas anteriormente, as dimensões do nível de fundo, espelho d'água e terreno da lagoa anaeróbia podem ser calculadas.

As lagoas de tratamento de resíduos são construídas em forma de tronco-piramidais, adotando taludes com inclinação 2:1 e borda livre de 0,5 metros. Determinou-se as dimensões dos níveis restantes, que estão presentes na Tabela 21.

Tabela 21 - Dimensões dos níveis de profundidade da lagoa do biodigestor.

Nível	Comprimento (m)	Largura (m)
Terreno	81,62	42,56
Espelho de água	80,62	41,56
1/2 Profundidade	78,12	39,06
Fundo	75,62	36,56

Fonte: Autoria própria (2019).

Como a eficiência do biodigestor é de 0,9496, pode-se determinar a carga orgânica presente no efluente que seguirá para a primeira lagoa facultativa pela Equação (59), que é dada por:

$$CO_V = \frac{(1 - DBO_{remoção})}{1} * CO_{total} \quad (59)$$

$$CO_V = \frac{(1 - 0,9496)}{1} * 368,2027 \frac{kg}{h} = 18,557 \frac{kg}{h}$$

Assim a carga orgânica do efluente que seguirá para a lagoa facultativa será de 18,557 kg/h.

## 11.5 LAGOAS FACULTATIVAS

Para dimensionar as lagoas facultativas primeiramente se deve determinar a carga superficial  $L_s$ , sendo a temperatura média de Umuarama de 30 °C, pode-se determinar  $L_s$  por meio da Equação (60) (VON SPERLING, M., 1996).

$$L_s = 350 * (1,107 - 0,002 * T)^{T-25} \quad (60)$$

$$L_s = 350 * (1,107 - 0,002 * 30)^{30-25}$$

$$L_s = 440,353 \frac{kgDBO}{d.ha}$$

Para determinar a área superficial total das lagoas,  $A_s$ , utilizou-se a Equação (61).

$$A_s = \frac{COv}{Ls} \quad (61)$$

$$A_s = \frac{18,557 \frac{kg}{h}}{440,353 \frac{kgDBO}{d.ha}} * \frac{24 h}{1 dia} * \frac{10^4 m^2}{1 ha}$$

$$A_s = 10114,101 m^2$$

Como o projeto são para 3 lagoas facultativas de mesma dimensão, a área superficial de cada lagoa será de 3371,367 m<sup>2</sup>.

A área de espelho de água pode ser calculada também pela Equação (62), apresentada abaixo.

$$A_s = L * B \quad (62)$$

A relação comprimento L e largura B para as lagoas facultativas segundo Von Sperling (1996), é dado pela Equação (63).

$$3 * B = L \quad (63)$$

Relacionado a Equação (62) com a (63), pode-se determinar o valor da largura B do espelho de água pela Equação (64).

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{3}} \quad (64)$$

$$B = \sqrt{\frac{3371,367 m^2}{3}} = 33,52 m$$

Substituindo o valor encontrado pela Equação (64) na Equação (63), tem-se:

$$L = 3 * 33,52 \text{ m} = 100,56 \text{ m}$$

Com as dimensões de espelho de água determinadas anteriormente e adotando 2,5 metros como a profundidade das lagoas, as dimensões do nível de fundo, meia profundidade e terreno das lagoas facultativas podem ser calculadas.

As lagoas facultativas são construídas em forma de tronco-piramidais, adotando taludes com inclinação 2:1 e borda livre de 0,5 metros. Determinaram-se as dimensões dos níveis restantes, que estão presentes na Tabela 22.

**Tabela 22 - Dimensões dos níveis de profundidade das lagoas facultativas.**

Nível	Comprimento (m)	Largura (m)
Terreno	101,56	34,02
Espelho de água	100,56	33,52
1/2 Profundidade	99,06	32,02
Fundo	97,56	30,52

**Fonte:** Aatoria própria (2019).

A eficiência de cada lagoa é de 35%, assim calculou-se a carga orgânica de saída em cada lagoa, por meio da Equação (59).

$$CO_{V1} = \frac{(1 - 35)}{1} * 18,557 \frac{kg}{h} = 12,062 \frac{kg}{h}$$

$$CO_{V2} = \frac{(1 - 35)}{1} * 12,062 \frac{kg}{h} = 7,84 \frac{kg}{h}$$

$$CO_{V3} = \frac{(1 - 35)}{1} * 7,84 \frac{kg}{h} = 5,096 \frac{kg}{h}$$

Assim a DBO final da última lagoa facultativa é dada pela Equação (65).

$$DBO_{final} = \frac{CO_{V3}}{\dot{V}} \quad (65)$$

$$DBO_{final} = \frac{5,096 \frac{kg}{h}}{114,349 \frac{m^3}{h}} * \frac{1 m^3}{1000 L} * \frac{10^6 mgO^2}{1 Kg}$$

$$DBO_{final} = 44,54 \text{ mgO}^2/\text{L}$$

A eficiência total do tratamento é dada pela Equação (66).

$$\eta = 1 - \frac{DBO_{final}}{DBO_{inicial}} \quad (66)$$

$$\eta = 1 - \frac{44,54 \text{ mgO}^2/\text{L}}{3220 \text{ mgO}^2/\text{L}}$$

$$\eta = 0,986$$

Assim temos que o tratamento de resíduo teve uma eficiência total de 98,6%, tendo o efluente tratado uma DBO de 44,54 mgO<sub>2</sub>/L. Portanto, de acordo com a legislação do CEMA na Resolução 070/09, o efluente está apto a ser despejado em um corpo hídrico.

## 12 DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSOS

O diagrama de fluxo de processos é uma ferramenta de suma importância dentro de uma empresa. Está classificada dentro do setor de qualidade, pois a partir de representações gráficas é possível descrever as etapas e estágios que regem toda a cadeia produtiva, obtendo a possibilidade de sua otimização para melhor rendimento e eficiência na produção (ALONÇO, 2017).

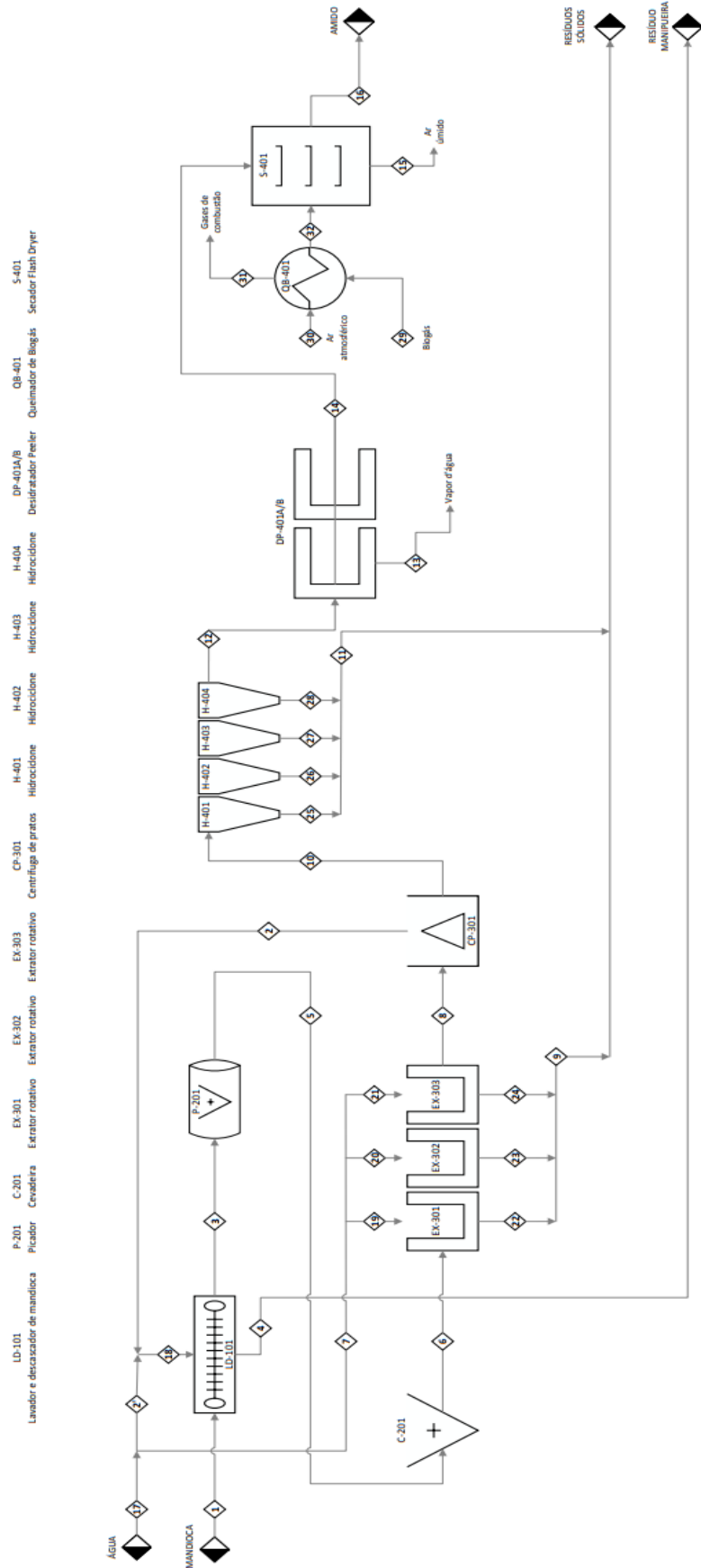
O PFD (Process Flow Diagram) permite uma análise mais minuciosa dentro do processo envolvido, contendo mais detalhes sobre o tipo de equipamento utilizado, bem como as composições e transformações envolvidas.

Segundo (AZEVEDO, 2016), as principais funções e objetivos presentes em um diagrama de fluxo de processos são:

- Melhor compreensão dos processos;
- Entender a interação em cada etapa processual;
- Analisar as eventuais falhas da produção;
- Identificar trabalhos desnecessários;
- Constatar possíveis desperdícios de insumos, utilidades e tempo;
- Buscar a otimização visando a maior eficiência produtiva.

Tomando como base a importância e necessidade para melhor padronização e melhorias em todas as etapas de produção, a Figura 44 mostra o diagrama de fluxo de processos proposto na produção de amido de mandioca presente na empresa ManiSul, desenvolvida no *software* Visio da marca Microsoft. Para melhor visualização, o modelo e suas especificações estão disponíveis em: <https://drive.google.com/open?id=1U1ve02qMTmQS64DB7W2pG9gX4k8A8kRL>.

Figura 44 - Diagrama de fluxo do processo produtivo da ManiSul.



Fonte: Autoria própria (2019).

Para que todo o diagrama de fluxo de processos apresentado pela Figura 44 possa ser compreendido, foram elaboradas tabelas com as informações de temperatura, pressão, vazão total e vazões por componentes de cada corrente, divididas por áreas. As Tabelas 23 a 28 apresentam as especificações das correntes presentes em suas respectivas áreas.

- **ÁREA 100**

A Área 100 contempla os processos realizados no equipamento Lavador/Descascador.

**Tabela 23 - Especificações das correntes na Área 100.**

<b>Número da Corrente</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2'</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
Vazão Total (kg/h)	31250	57776,16	57776,16	29375	117427,32	108063,5	115552,3
Vazão por componentes (kg/h):							
Amido	9375	555,68	-	9375	555,68	-	-
Umidade	19375	57220,48	57776,2	19375	114996,64	108063,5	115552,3
Bagaço	625	-	-	625	-	-	-
Casca	937,5	-	-	-	937,5	-	-
Terra	937,5	-	-	-	937,5	-	-
Temperatura (°C)	30	30	30	30	30	30	30
P (atm)	1	1	1	1	1	1	1

**Fonte:** Autoria Própria (2019).

- **ÁREA 200**

A Área 200 se baseia nos processos envolvendo os equipamentos Picador e Cevadeira.

**Tabela 24 - Especificações das correntes na Área 200.**

<b>Número da Corrente</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Vazão Total (kg/h)	29375	29375	29372,06
Vazão por componentes (kg/h):			
Amido	9375	9375	9374,06
Umidade	19375	19375	19373,06
Bagaço	625	625	624,94
Temperatura (°C)	30	30	30



Número da Corrente	3	5	6
P (atm)	1	1	1

Fonte: Aatoria Própria (2019).

- **ÁREA 300**

A Área 300 inclui os processos realizados nos extratores rotativos e na centrífuga de pratos.

**Tabela 25 - Especificações das correntes na Área 300: Parte 1.**

Número da Corrente	6	7	8	9
Vazão Total (kg/h)	29372,06	50287,3	73686,86	5972,5
Vazão por componentes (kg/h):				
Amido	9374,06	-	9306,56	67,5
Umidade	19373,06	50287,3	64380,3	5280,07
Bagaço	624,94	-	-	624,94
Temperatura (°C)	30	30	30	30
P (atm)	1	1	1	1

Fonte: Aatoria Própria (2019).

**Tabela 26 - Especificações das correntes na Área 300: Parte 2.**

Número da Corrente	19	20	21	22	23	24
Vazão Total (kg/h)	16762,43	16762,43	16762,43	1990,833	1990,833	1990,833
Vazão por componentes (kg/h):						
Amido	-	-	-	22,5	22,5	22,5
Umidade	16762,43	16762,43	16762,43	1760,023	1760,023	1760,023
Bagaço	-	-	-	208,3133	208,3133	208,3133
Temperatura (°C)	30	30	30	30	30	30
P (atm)	1	1	1	1	1	1

Fonte: Aatoria Própria (2019).

- **ÁREA 400**

A Área 400 envolve os processos realizados nos hidrociclones, desidratador peeler, queimador de biogás e no secador flash dryer.

**Tabela 27 - Especificações das correntes na Área 400: Parte 1.**

<b>Número da Corrente</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
Vazão Total (kg/h)	15910,7	1,61	15909,09	2447,55	13461,54	88961,7576	10174,42
Vazão por componentes (kg/h):							
Amido	8750,88	0,88	8750	-	8750	-	8750
Umidade	7129,81	0,72	7159,09	2447,55	4711,54	4411,54	1424,42
Ar	-	-	-	-	-	84550,12	-
Biogás	-	-	-	-	-	-	-
Gases de Combustão	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	30	30	30	30	30	70	50
P (atm)	1	1	1	1	1	1	1

**Fonte:** Autoria Própria (2019).

**Tabela 28 - Especificações das correntes na Área 400: Parte 2.**

<b>Número da Corrente</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>
Vazão Total (kg/h)	0,4025	0,4025	0,4025	0,4025	264,799	85674,637	403,552	85674,637
Vazão por componentes (kg/h):								
Amido	0,22	0,22	0,22	0,22	-	-	-	-
Umidade	0,18	0,18	0,18	0,18	-	1124,517	-	1124,517
Ar	-	-	-	-	-	84550,12	-	84550,12
Biogás	-	-	-	-	264,799	-	-	-
Gases de Combustão	-	-	-	-	-	-	403,552	-
Temperatura (°C)	30	30	30	30	25	30	150	150
P (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1

**Fonte:** Autoria Própria (2019).

### 13 PLANTA BAIXA

O “layout” é um método de direção e disposição das operações, com o objetivo de elaborar uma ligação de harmonia entre os operadores e funcionários com a produção e maquinário, gerando assim um aumento na eficiência, qualidade e rentabilidade do sistema (JONES & GEORGE, 2008).

A implantação de um bom planejamento do layout industrial pode trazer muitas vantagens a todo o sistema produtivo, como, melhorias na qualidade do estoque, redução do deslocamento de materiais, produtos e pessoas, utilização racional do espaço disponível e viabilização de supervisão e obtenção de qualidade (MOREIRA, 2015).

O melhor planejamento de toda a estrutura fabril deve ser alcançado, tendo em vista que um projeto de layout mal estruturado pode gerar inúmeros problemas e dificuldades ao longo do processo, como, atrasos na produção, geração de estoque confusos ou desnecessários e interrupções de fornecimento. Todos esses problemas acarretam em um descontentamento por parte do consumidor, resultando assim em perda de clientes e consumidores (KANNAN, 2010).

Levando em consideração todos os aspectos e conceitos que uma planta industrial deve conter para que a produção seja alcançada com qualidade e eficiência, temos na Figura 45 planta fabril da ManiSul. Para melhor visualização a planta industrial também está disponível em: <https://drive.google.com/open?id=1ehlkdUZM6tpYCr5IAMdpNYCt2scZ0YC9>

A estruturação de cada setor, administrativo, comercial, produção e tratamento de efluentes foi definida com intuito de otimizar todo o fluxo de processo, garantindo maior segurança e qualidade na produção.

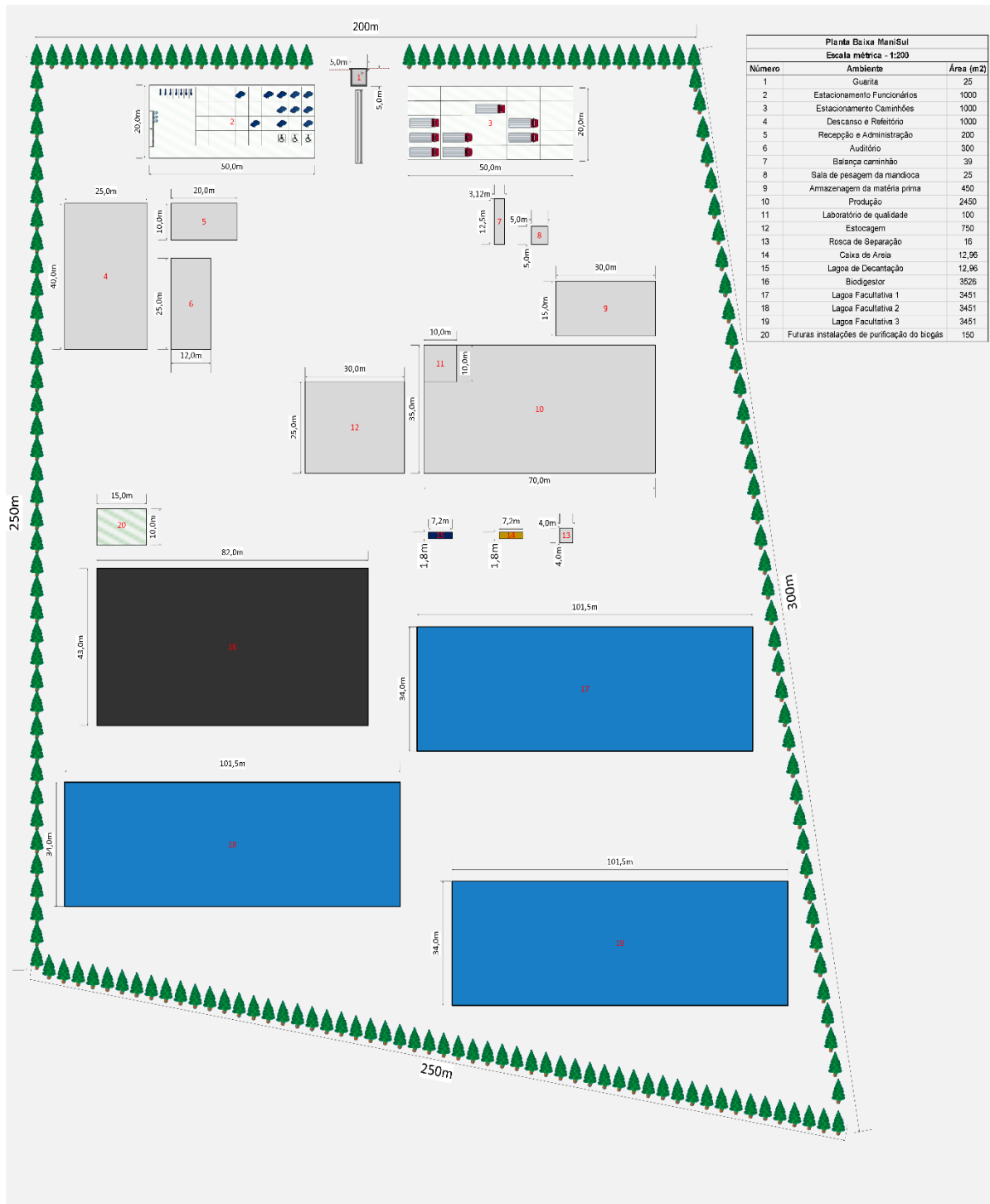
Logo na entrada da indústria é possível observar a existência de uma guarita com duas entradas. Uma entrada para os funcionários e visitantes da empresa e outra para os caminhões fornecedores de matéria prima e receptores de amido, bem como a comodidade de um estacionamento respectivo para cada veículo. Essa divisão garante o fluxo seguro de todos os veículos dentro da empresa.

Outro ponto a se destacar é a localização da recepção da matéria prima, processo produtivo e armazenagem do produto final. Esses setores mantêm uma distância segura às demais localidades da indústria, assim como também um

trajeto grande e aberto para a circulação dos caminhões receptores e fornecedores, garantindo a trafego harmonioso pela empresa.

Ao fundo da indústria encontra-se a seção referente ao tratamento de efluentes. É a maior área da empresa, já que conta com uma lagoa de decantação, biodigestor e lagoas facultativas que foram projetadas para garantir a eficiência da eliminação dos resíduos. A localização da estação de tratamento de efluentes foi selecionada ao fundo da empresa, principalmente por se manter próxima ao corpo hídrico de descarte e para evitar a inalação, por parte dos funcionários, do mal odor provenientes das lagoas.

Figura 45 - Planta baixa da empresa ManiSul.



Fonte: Autoria Própria (2019).

## 14 ANÁLISE ECONÔMICA

O lucro é uma das principais formas de avaliação de êxito de um empreendimento. A maximização da rentabilidade sobre o capital investido é o principal objetivo econômico de uma boa gestão financeira eficaz (Kuhn, 2012). Ainda segundo Kuhn, é notável no Brasil que as empresas utilizam dos mais diversos artifícios para sobreviver e competir no mercado, como por exemplo a redução de custos, terceirização de atividades, o remodelamento da estrutura produtiva, enfim, um gerenciamento adequado dos recursos financeiros.

De maneira simplificada, a análise financeira é o esforço dedicado a compreensão das finanças de um negócio com foco na garantia da sua estabilidade, viabilidade e capacidade de gerar lucro. Utiliza-se um conjunto de ações e instrumentos que permite avaliar a saúde financeira do empreendimento, e também prever seu desempenho no futuro (CRESOL, 2018).

Com a finalidade de quantificar a viabilidade do empreendimento ManiSul, será feita a seguir a sua análise econômica. A localização, obras civis, investimento dos equipamentos, custos operacionais, e entre outros fatores foram considerados para se realizar a análise, e serão explicitados a seguir.

### 14.1 DESPESAS FIXAS

As despesas Fixas são aquelas que não possuem nenhuma relação com o custo do produto, seja a produção ou compra de mercadorias. Enquadra-se nesse tipo de despesa a compra do terreno, construções das obras, equipamentos adquiridos, infraestrutura geral da indústria, entre outros.

#### 14.1.1 Terreno da planta industrial e construção civil

Já citado anteriormente no projeto, a implantação da ManiSul ocorrerá na cidade de Umuarama – PR. A instalação da planta na cidade é acarretada pelo programa PRODEU, no qual contempla a mesma com o terreno doado.

Em se tratando da construção civil, serão necessários R\$ 2.486.302,53. Dentro desse valor já está incluso toda a planta industrial da ManiSul, incluindo o revestimento e isolamento da estrutura na área produtiva

demandada pelos processos industriais, de modo em que as necessidades sejam atendidas de maneira satisfatória.

A Tabela 29 abaixo mostra valores de investimentos em terreno, construção civil e obras para estação de tratamento de efluentes.

**Tabela 29 - Custos da planta industrial.**

<b>Investimento</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Terreno	-
Legislação	-
Construção Civil	R\$ 2.186.302,53
E.T.E.	R\$ 300.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 2.486.302,53</b>

**Fonte:** Autoria própria (2019).

A Tabela 30, abaixo, apresenta valores de investimentos gerais pré-operacionais.

**Tabela 30 - Custos gerais pré-operacionais**

<b>Investimentos Gerais</b>	<b>Especificações</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Computadores	Alta performance	7	R\$ 35.000,00
Cadeiras	Escritório	30	R\$ 8.500,00
Mesas	-	10	R\$ 2.700,00
Impressoras	Alta performance	3	R\$ 2.200,00
Projektor	-	1	R\$ 730,00
Telefone	-	5	R\$ 515,00
Caminhões	Scania - G-360 A 4X2	2	R\$ 337.509,00
Empilhadeira	PR 1760	1	R\$ 89.000,00
Copa	Completa	1	R\$ 4.328,15
Banheiros	Completo	3	R\$ 4.613,61
Refeitório	Completo	1	R\$ 17.630,45
Pallets	-	20	R\$ 1.400,50
Cursos e treinamentos	-	-	R\$ 7.000,00
EPI	-	50	R\$ 8.200,00
Laboratório Geral	Completo	1	R\$ 15.340,30
Oficina Mecânica e Elétrica	Completa	1	R\$ 9.653,20
Sistema de Controle	Completa	1	R\$ 176.560,30
Sistema contra incêndio	Completa	1	R\$ 102.530,00
Captação e distribuição de água	Completa	1	R\$ 620.352,10

<b>Investimentos Gerais</b>	<b>Especificações</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Rede elétrica industrial	Completo	1	R\$ 783.603,00
Outros	-	-	R\$ 530.250,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 5.243.918,14</b>

**Fonte:** Aatoria própria (2019).

#### 14.1.2 Equipamentos

Para os equipamentos que são essenciais ao processo, foi realizado uma pesquisa para a análise de preço, dimensionamento, viabilidade e qualidade, para selecionar as máquinas adequadas e que possuem um bom custo/benefício. O total investido em equipamentos foi R\$ 2.013.840,00, e os custos de cada equipamento estão dispostos na Tabela 31.

**Tabela 31 - Custos dos equipamentos.**

<b>Equipamentos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores (R\$)</b>
Balança	1	R\$ 22.120,00
Rampa de Descarregamento	2	R\$ 20.000,00
Moega	2	R\$ 32.450,00
Descascador/Lavador	1	R\$ 14.872,00
Picador	1	R\$ 12.400,00
Cevadeira	1	R\$ 21.000,00
Extrator Peneira Centrífuga	1	R\$ 390.230,00
Sistema Centrífuga de pratos	1	R\$ 734.000,00
Hidrociclones	1	R\$ 333.290,00
Desidratador Peeler	2	R\$ 160.000,00
Flash Dryer	1	R\$ 89.970,00
Ensacadeira	2	R\$ 32.000,00
Silo de armazenamento	1	R\$ 13.200,00
Queimador de Biogás	1	R\$ 40.000,00
Caldeira	1	R\$ 47.108,00
Trocador de Calor	1	R\$ 1.200,00
Gerador de energia elétrica	1	R\$ 50.000,00
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>R\$ 2.013.840,00</b>

**Fonte:** Aatoria própria (2019).



## 14.2 DESPESAS VARIÁVEIS

Além das despesas fixas, existem as despesas variáveis que são custos que flutuam com relação as mudanças na produção, ou seja, os valores são alterados de acordo com a quantidade produzida pela empresa (FERNANDES, 2015). Nesse conjunto de despesas encontra-se gastos como insumos, energia elétrica e custos de mão-de-obra.

Para efetuar o cálculo da quantia necessária de capital para o pagamento da energia elétrica, consultou-se o valor do kWh do Paraná, utilizando a tarifa branca categoria B3, equivalente a R\$ 0,69 (COPEL, 2019). A Tabela 32 apresenta os valores que serão gastos com energia elétrica da ManiSul, considerando 16 horas de trabalho por dia.

**Tabela 32 - Custos dos gastos energéticos.**

<b>Equipamentos</b>	<b>Energia requerida (kW)</b>	<b>Energia requerida/dia</b>	<b>Custo energia (R\$/dia)</b>
Balança	2,3	36,8	R\$ 25,39
Rampa de Descarregamento	40	640	R\$ 441,54
Moega	1,5	24	R\$ 16,56
Descascador/Lavador	10	160	R\$ 110,38
Picador	22	352	R\$ 242,84
Cevadeira	355	5680	R\$ 3.918,63
Extrator Peneira Centrífuga	37	592	R\$ 408,42
Centrífuga de pratos	95	1520	R\$ 1.048,65
Hidrociclones	40	640	R\$ 441,54
Desidratador Peeler	110	1760	R\$ 1.214,22
Flash Dryer	290	4640	R\$ 3.201,14
Ensacadeira	2,2	35,2	R\$ 24,28
Demais instalações	50	800	R\$ 551,92
Queimador de Biogás	6	96	R\$ 66,23
<b>Sub-Total</b>	1061	16976	R\$ 11.711,74
<b>Desconto do gerador</b>	300	4800	R\$ 3.311,52
<b>Total</b>	761	12176	R\$ 8.400,22
<b>Custo Anual</b>	273960	4383360	R\$ 3.024.080,06

**Fonte:** Autoria própria (2019).

Dessa forma, o custo anual com energia elétrica será de R\$ 3.024.080,06, sendo 300 kW e R\$ 3.311,52 economizados com a compra do gerador de energia, o que viabiliza economicamente e agrega tecnologia a indústria.

Para se calcular o total que será gasto com insumos para a operação da indústria, foi necessário quantificar o total anual de raiz de mandioca, sendo 500 toneladas por dia, o uso de água comum, para banheiros, cozinha e afins, e por fim calcular a quantidade de embalagem e seus rótulos. Os valores calculados, e suas devidas referências estão contidas na Tabela 33 abaixo.

**Tabela 33 - Custos dos insumos e rotulagem.**

Insumos	Consumo Mensal	Consumo Anual	Preço (R\$)	Custo anual (R\$)
Raiz Mandioca (ton)	15000	180000	R\$ 372,04	R\$ 66.967.200,00
Água uso comum (m <sup>3</sup> )	630	7560	R\$ 8,46	R\$ 63.957,60
Rótulo da embalagem (unidade)	293016,96	3516203,5	R\$ 0,02	R\$ 70.324,07
Embalagem (unidade)	293016,96	3516203,5	R\$ 0,37	R\$ 1.300.995,30
<b>Total</b>				<b>R\$ 68.402.476,97</b>

**Fonte:** Autoria própria (2019).

Segundo CEPEA (2019), e por meio de uma série de dados de valores da raiz de mandioca, disponível em plataforma digital, foi possível calcular um preço médio anual da raiz. Seu custo varia mensalmente, porém a média anual dos últimos anos for próxima de R\$ 372,04, possibilitando se calcular o custo anual com insumos.

### 14.3 CAPITAL DE GIRO

Segundo SEBRAE (2019), o capital de giro é o dinheiro necessário para financiar a continuidade das operações de uma empresa. São recursos para se pagar impostos, salários, custos de matéria-prima, manter o estoque e arcar com demais despesas operacionais.

Antes do cálculo do capital de giro, foi calculado o custo anual em salários de funcionários, por meio do quadro de funcionários considerando seus respectivos pisos salariais, adicional noturno, INSS (Instituto Nacional de Seguro Social), 13º salário (mensal), 1/3 Férias (mensal), FGTS (Fundo de Garantia do Tempo de

Serviço), Insalubridade e Periculosidade e Vale transporte. O quadro de funcionários com seus respectivos valores e custo anual está disposto no Apêndice A.

Os funcionários estão divididos em turnos de 1 a 4 no quadro, sendo 1 horário de limpeza e manutenção, das 6 horas até 14 horas. Turno 2 das 14 horas às 22 horas e turno 3 das 22 horas às 6 horas, sendo ambos turnos para operação. O turno 4 é o horário comercial padrão. Sendo assim, todos os funcionários trabalham 8 horas por dia.

Para se calcular então a necessidade financeira para o primeiro ano de produção da ManiSul, foi estipulado um capital de giro de 3 meses (n). A Equação (67) apresenta como foi realizado o cálculo do capital de giro.

$$\text{Capital de giro} = \frac{\text{Custo total do 1º ano de operação}}{12 \text{ meses}} * 3 \text{ meses} \quad (67)$$

Os custos anuais das despesas operacionais utilizados para calcular o capital de giro de R\$ 18.880.340,51 estão dispostos na Tabela 34, abaixo.

**Tabela 34 - Custos das despesas operacionais.**

<b>Despesas operacionais</b>	<b>Custo anual (R\$)</b>
Insumos	R\$ 68.402.476,97
Energia	R\$ 3.024.080,06
Salário	R\$ 3.774.804,99
<b>Total</b>	<b>R\$ 75.201.362,02</b>

**Fonte:** Autoria própria (2019).

#### 14.4 FINANCIAMENTO

A ManiSul optou por fazer um financiamento SAC (Sistema de Amortização constante), cujo é oferecido pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), que contém em sua plataforma online um simulador do financiamento, possibilitando o cálculo das amortizações, taxa de juros anual, e valor das parcelas.

O investimento inicial contempla a compra dos equipamentos, custos pré-operacionais, capital de giro necessário e os salários dos funcionários do setor

administrativo, que trabalham o segundo semestre do primeiro ano da ManiSul, visto que o primeiro ano é destinado à construção da indústria. Na tabela 35, abaixo, estão dispostos os valores para o investimento total.

**Tabela 35 - Custos dos investimentos.**

<b>Investimento</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Equipamento	R\$ 2.013.840,00
Pré-operacional	R\$ 5.243.918,14
Capital de giro	R\$ 18.800.340,51
Salário 1 semestre administrativo	R\$ 1.267.055,24
<b>Total</b>	<b>R\$ 27.325.153,88</b>

**Fonte:** Aatoria própria (2019).

O investimento total inicial será de R\$ 27.325.153,88, sendo que 50% será financiado pelo BNDES, e os outros 50% virão de sócios investidores.

Sendo assim, o valor financiado pelo Banco será de R\$ 13.662.576,94, e a simulação foi feita no site do BNDES sendo 10 anos para o pagamento do financiamento, contendo 2 anos de carência, que é o prazo que a empresa tem para pagar a primeira parcela. Desta forma, a taxa de juros calculada foi de 12,47% a.a. seguindo os mesmos padrões do financiamento. Foi possível então, pela ferramenta do Excel, simular o financiamento do BNDES, mostrado na Tabela 36.

**Tabela 36 - Financiamento do BNDES.**

<b>Anos</b>	<b>Parcela</b>	<b>Juros</b>	<b>Amortização</b>	<b>Saldo Devedor</b>
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 13.662.576,94
1	R\$ 1.703.723,34	R\$ 1.703.723,34	R\$ 0,00	R\$ 15.366.300,28
2	R\$ 3.452.807,67	R\$ 1.916.177,65	R\$ 1.536.630,03	R\$ 13.829.670,25
3	R\$ 3.261.189,91	R\$ 1.724.559,88	R\$ 1.536.630,03	R\$ 12.293.040,23
4	R\$ 3.069.572,14	R\$ 1.532.942,12	R\$ 1.536.630,03	R\$ 10.756.410,20
5	R\$ 2.877.954,38	R\$ 1.341.324,35	R\$ 1.536.630,03	R\$ 9.219.780,17
6	R\$ 2.686.336,62	R\$ 1.149.706,59	R\$ 1.536.630,03	R\$ 7.683.150,14
7	R\$ 2.494.718,85	R\$ 958.088,82	R\$ 1.536.630,03	R\$ 6.146.520,11
8	R\$ 2.303.101,09	R\$ 766.471,06	R\$ 1.536.630,03	R\$ 4.609.890,08
9	R\$ 2.111.483,32	R\$ 574.853,29	R\$ 1.536.630,03	R\$ 3.073.260,06
10	R\$ 1.919.865,56	R\$ 383.235,53	R\$ 1.536.630,03	R\$ 1.536.630,03
11	R\$ 1.728.247,79	R\$ 191.617,76	R\$ 1.536.630,03	R\$ 0,00

**Fonte:** Aatoria própria (2019).

O ano zero é referente ao período do pedido do financiamento, questões burocráticas e planejamento das obras. O ano um é destinado as obras da empresa, e os anos seguintes, de 2 a 11, são referentes ao período de produção industrial.

A amortização é a extinção de uma dívida por meio de pagamentos periódicos, onde no SAC, são valores constantes, calculados pela divisão do saldo devedor pelo tempo destinado ao pagamento, 10 anos. A parcela é a soma juro com a amortização, e o juro é calculado em cima do saldo devedor, por isso seu valor diminui com o tempo.

#### 14.5 DEPRECIAÇÃO

A depreciação é a perda do valor real de um bem devido ao desgaste pelo seu uso, ou até mesmo desgaste natural pelo tempo. Por lei, os bens da indústria e equipamentos são depreciáveis num período de 10 anos. Para se mensurar a depreciação anual, foram listados os bens depreciáveis e suas devidas taxas de depreciação na Tabela 37 abaixo.

**Tabela 37 - Depreciação dos bens.**

<b>Investimento</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Taxa anual</b>	<b>Depreciação 1º ano</b>
Equipamentos	R\$ 2.013.840,00	10%	R\$ 201.384,00
Obras	R\$ 2.486.302,53	4%	R\$ 99.452,10
Computadores	R\$ 35.000,00	10%	R\$ 3.500,00
Cadeiras	R\$ 8.500,00	10%	R\$ 850,00
Mesas	R\$ 2.700,00	10%	R\$ 270,00
Impressoras	R\$ 2.200,00	10%	R\$ 220,00
Projektor	R\$ 730,00	10%	R\$ 73,00
Telefone	R\$ 515,00	10%	R\$ 51,50
Caminhões	R\$ 337.509,00	20%	R\$ 67.501,80
Empilhadeira	R\$ 89.000,00	20%	R\$ 17.800,00
Pallets	R\$ 1.400,50	10%	R\$ 140,05
Laboratório Geral	R\$ 15.340,30	10%	R\$ 1.534,03
Oficina Mecânica e Elétrica	R\$ 9.653,20	10%	R\$ 965,32
Sistema de Controle	R\$ 176.560,30	10%	R\$ 17.656,03
<b>Total</b>	<b>R\$ 5.179.250,83</b>	<b>-</b>	<b>R\$ 411.397,83</b>

**Fonte:** Aatoria própria (2019).

Uma taxa média de depreciação foi calculada para se estimar as depreciações e valores dos anos seguintes, sendo o valor depreciado do primeiro ano dividido pelo valor real dos investimentos. Assim, calculou-se a depreciação anual durante 10 anos, que será necessária no fluxo de caixa mais adiante. A Tabela 38 apresenta os custos anuais de depreciação.

**Tabela 38 - Custos de depreciação anual.**

<b>Ano</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Valor Depreciado</b>
1	R\$ 5.179.250,83	R\$ 411.397,83
2	R\$ 4.767.852,99	R\$ 378.719,71
3	R\$ 4.389.133,28	R\$ 348.637,28
4	R\$ 4.040.496,00	R\$ 320.944,35
5	R\$ 3.719.551,65	R\$ 295.451,12
6	R\$ 3.424.100,53	R\$ 271.982,88
7	R\$ 3.152.117,65	R\$ 250.378,75
8	R\$ 2.901.738,90	R\$ 230.490,69
9	R\$ 2.671.248,21	R\$ 212.182,37
10	R\$ 2.459.065,84	R\$ 195.328,32
11	R\$ 2.263.737,52	R\$ 179.813,02
12	R\$ 2.083.924,51	R\$ 165.530,12

**Fonte:** Autoria própria (2019).

## 14.6 FATURAMENTO BRUTO ANUAL E IMPOSTOS

### 14.6.1 Faturamento bruto anual

No cálculo do faturamento bruto anual, consideramos uma perda de 1% de fécula produzida por conta de possíveis vazamentos ou qualquer negligência no transporte do produto. Como a ManiSul processa apenas o amido de mandioca, o cálculo da receita foi feito embasado na produção e nas quantidades de horas trabalhadas para a produção do mesmo. O cálculo foi feito a partir da Equação (68).

$$Faturamento = Q * 16 * 360 * \frac{P}{25} * 0.99 \quad (68)$$

Onde Q é a vazão final de fécula produzida e P o preço vendido da embalagem do produto. O faturamento bruto anual alcançado será de R\$ 121.839.086,48.

#### 14.6.2 Impostos

Para o faturamento líquido mensal da empresa considera-se os tributos cobrados sobre o faturamento bruto. O programa PRODEU oferece às empresas que se instalarem em Umuarama-PR algumas isenções de tributações. São elas atribuídas ao PIS (Programa de Integração Social), COFINS (Contribuição para o financiamento da seguridade social), IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano), ITBI (Imposto de Transmissão de Bens Imóveis) e ISSQN (Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza). Na Tabela 39 são representadas as tributações impostas à ManiSul.

**Tabela 39 - Tributações impostas.**

Referência	Tributo	Taxa
PORTAL TRIBUTÁRIO (2019)	IPRJ	15%
PLANALTO (2019)	PIS	0%
PLANALTO (2019)	COFINS	0%
PORTAL TRIBUTÁRIO (2019)	CSLL	12%
FIEP (2019)	ICMS	17%

**Fonte:** Autoria própria (2019).

#### 14.7 FLUXO DE CAIXA

Segundo SEBRAE (2019), o fluxo de caixa é uma ferramenta de gestão financeira que tem como finalidade apurar o saldo disponível em seu negócio, para que sempre tenha capital de giro na empresa. Numa planilha, são contabilizados entradas e saídas monetárias, durante um período pré-estabelecido.

As entradas são a receita bruta anual da empresa, que provém da venda do produto, e o lucro líquido. Já a saída contabiliza os custos de produção, os impostos diretos e de renda, depreciação, juros do financiamento, amortização e pró-labore.

Para a elaboração do fluxo de caixa, é necessário a compreensão de dois conceitos importantes: EBITDA (Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization), e LAIR (Lucro Antes do Imposto de Renda). O EBITDA é a geração de capital na empresa contando somente as atividades operacionais, e o LAIR relacionado as atividades não operacionais.

Para o cálculo do EBITDA, é diminuído da receita bruta anual os custos operacionais e os impostos diretos, sendo que nos custos operacionais estão inclusoa as despesas para produção anual e também o custo anual de salários. O LAIR é o EBITDA menos a depreciação e os juros de financiamento. Assim, o lucro líquido é obtido considerando o imposto de renda no LAIR.

O Pró-Labore é definido como a remuneração dos sócios, dada por sua participação nas atividades da empresa. Os 5 sócios recebem anualmente R\$ 100.000,00 por ano cada.

Com a posse dos dados, o fluxo de caixa é gerado com a soma do lucro líquido, a depreciação, amortização e Pró-Labore. Nas tabelas 40, 41, 42 e 43 estão dispostos os valores de cada parâmetro, e o fluxo de caixa.

**Tabela 40 - Fluxo de caixa: Parte 1.**

	0º Ano	1º Ano	2º Ano
<b>Investimento</b>	-R\$ 27.325.153,88	-	-
<b>Receita Bruta Anual</b>	-	-	R\$ 162.452.115,30
<b>Impostos Diretos</b>	-	-	-R\$ 27.616.859,60
<b>Custo Operacional</b>	-	-R\$ 1.267.055,24	-R\$ 75.201.362,02
<b>EBITDA</b>	-	-R\$ 1.267.055,24	R\$ 59.633.893,68
<b>Depreciação (-)</b>	-	-R\$ 411.397,83	-R\$ 378.719,71
<b>Juros do financiamento</b>	-	-R\$ 1.703.723,34	-R\$ 1.916.177,65
<b>LAIR</b>	-	-R\$ 3.382.176,41	R\$ 57.338.996,32
<b>Imposto de Renda</b>	-	-	R\$ 43.862.071,13
<b>Lucro Líquido</b>	-	-R\$ 3.382.176,41	R\$ 13.476.925,19
<b>Depreciação (+)</b>	-	R\$ 411.397,83	R\$ 378.719,71
<b>Amortização</b>	-	-R\$ 1.536.630,03	-R\$ 1.536.630,03
<b>Pró-Labore</b>	-	-	-R\$ 500.000,00
<b>Fluxo de caixa Líquido</b>	-R\$ 27.325.153,88	-R\$ 4.507.408,61	R\$ 11.819.014,87

Fonte: Autoria própria (2019).



Tabela 41 - Fluxo de caixa: Parte 2.

	3º Ano	4º Ano	5º Ano
<b>Investimento</b>	-	-	-
<b>Receita Bruta Anual</b>	R\$ 162.452.115,30	R\$ 162.452.115,30	R\$ 162.452.115,30
<b>Impostos Diretos</b>	-R\$ 27.616.859,60	-R\$ 27.616.859,60	-R\$ 27.616.859,60
<b>Custo Operacional</b>	-R\$ 75.201.362,02	-R\$ 75.201.362,02	-R\$ 75.201.362,02
<b>EBITDA</b>	R\$ 59.633.893,68	R\$ 59.633.893,68	R\$ 59.633.893,68
<b>Depreciação (-)</b>	-R\$ 348.637,28	-R\$ 320.944,35	-R\$ 295.451,12
<b>Juros do financiamento</b>	-R\$ 1.724.559,88	-R\$ 1.532.942,12	-R\$ 1.341.324,35
<b>LAIR</b>	R\$ 57.560.696,52	R\$ 57.780.007,21	R\$ 57.997.118,20
<b>Imposto de Renda</b>	R\$ 43.862.071,13	R\$ 43.862.071,13	R\$ 43.862.071,13
<b>Lucro Líquido</b>	R\$ 13.698.625,39	R\$ 13.917.936,08	R\$ 14.135.047,07
<b>Depreciação (+)</b>	R\$ 348.637,28	R\$ 320.944,35	R\$ 295.451,12
<b>Amortização</b>	-R\$ 1.536.630,03	-R\$ 1.536.630,03	-R\$ 1.536.630,03
<b>Pró-Labore</b>	-R\$ 500.000,00	-R\$ 500.000,00	-R\$ 500.000,00
<b>Fluxo de caixa Líquido</b>	R\$ 12.010.632,64	R\$ 12.202.250,40	R\$ 12.393.868,17

Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 42 - Fluxo de caixa: Parte 3.

	6º Ano	7º Ano	8º Ano
<b>Investimento</b>	-	-	-
<b>Receita Bruta Anual</b>	R\$ 162.452.115,30	R\$ 162.452.115,30	R\$ 162.452.115,30
<b>Impostos Diretos</b>	-R\$ 27.616.859,60	-R\$ 27.616.859,60	-R\$ 27.616.859,60
<b>Custo Operacional</b>	-R\$ 75.201.362,02	-R\$ 75.201.362,02	-R\$ 75.201.362,02
<b>EBITDA</b>	R\$ 59.633.893,68	R\$ 59.633.893,68	R\$ 59.633.893,68
<b>Depreciação (-)</b>	-R\$ 271.982,88	-R\$ 250.378,75	-R\$ 230.490,69
<b>Juros do financiamento</b>	-R\$ 1.149.706,59	-R\$ 958.088,82	-R\$ 766.471,06
<b>LAIR</b>	R\$ 58.212.204,22	R\$ 58.425.426,10	R\$ 58.636.931,93
<b>Imposto de Renda</b>	R\$ 43.862.071,13	R\$ 43.862.071,13	R\$ 43.862.071,13
<b>Lucro Líquido</b>	R\$ 14.350.133,08	R\$ 14.563.354,97	R\$ 14.774.860,80
<b>Depreciação (+)</b>	R\$ 271.982,88	R\$ 250.378,75	R\$ 230.490,69
<b>Amortização</b>	-R\$ 1.536.630,03	-R\$ 1.536.630,03	-R\$ 1.536.630,03
<b>Pró-Labore</b>	-R\$ 500.000,00	-R\$ 500.000,00	-R\$ 500.000,00
<b>Fluxo de caixa Líquido</b>	R\$ 12.585.485,93	R\$ 12.777.103,70	R\$ 12.968.721,46

Fonte: Autoria própria (2019).

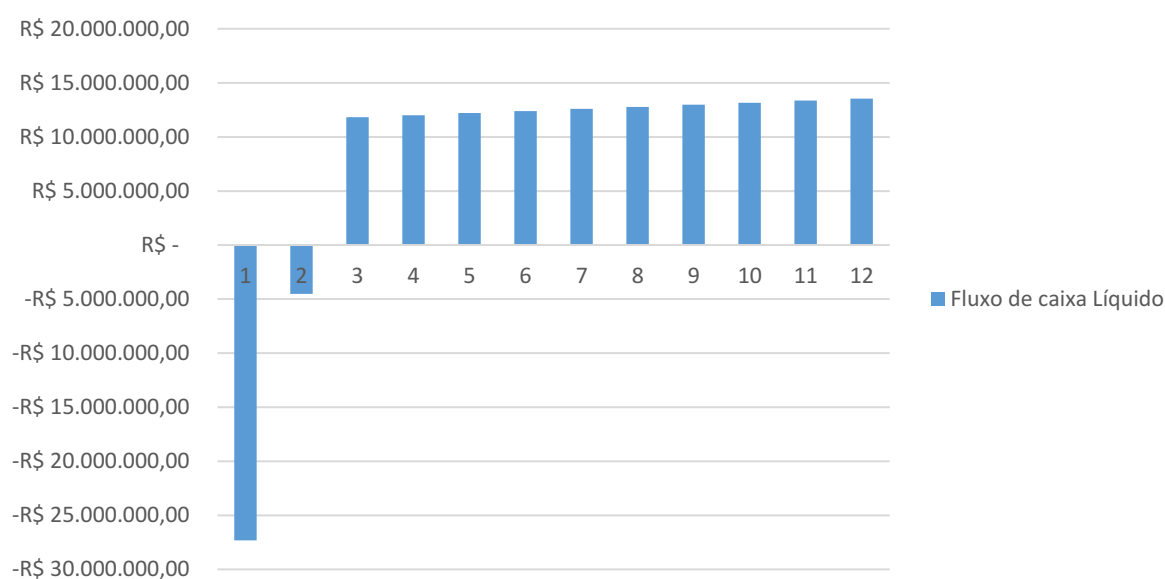
Tabela 43 - Fluxo de caixa: Parte 4.

	9º Ano	10º Ano	11º Ano
<b>Investimento</b>	-	-	-
<b>Receita Bruta Anual</b>	R\$ 162.452.115,30	R\$ 162.452.115,30	R\$ 162.452.115,30
<b>Impostos Diretos</b>	-R\$ 27.616.859,60	-R\$ 27.616.859,60	-R\$ 27.616.859,60
<b>Custo Operacional</b>	-R\$ 75.201.362,02	-R\$ 75.201.362,02	-R\$ 75.201.362,02
<b>EBITDA</b>	R\$ 59.633.893,68	R\$ 59.633.893,68	R\$ 59.633.893,68
<b>Depreciação (-)</b>	-R\$ 212.182,37	-R\$ 195.328,32	-R\$ 179.813,02
<b>Juros do financiamento</b>	-R\$ 574.853,29	-R\$ 383.235,53	-R\$ 191.617,76
<b>LAIR</b>	R\$ 58.846.858,01	R\$ 59.055.329,83	R\$ 59.262.462,90
<b>Imposto de Renda</b>	R\$ 43.862.071,13	R\$ 43.862.071,13	R\$ 43.862.071,13
<b>Lucro Líquido</b>	R\$ 14.984.786,88	R\$ 15.193.258,70	R\$ 15.400.391,77
<b>Depreciação (+)</b>	R\$ 212.182,37	R\$ 195.328,32	R\$ 179.813,02
<b>Amortização</b>	-R\$ 1.536.630,03	-R\$ 1.536.630,03	-R\$ 1.536.630,03
<b>Pró-Labore</b>	-R\$ 500.000,00	-R\$ 500.000,00	-R\$ 500.000,00
<b>Fluxo de caixa Líquido</b>	R\$ 13.160.339,23	R\$ 13.351.956,99	R\$ 13.543.574,75

Fonte: Autoria própria (2019).

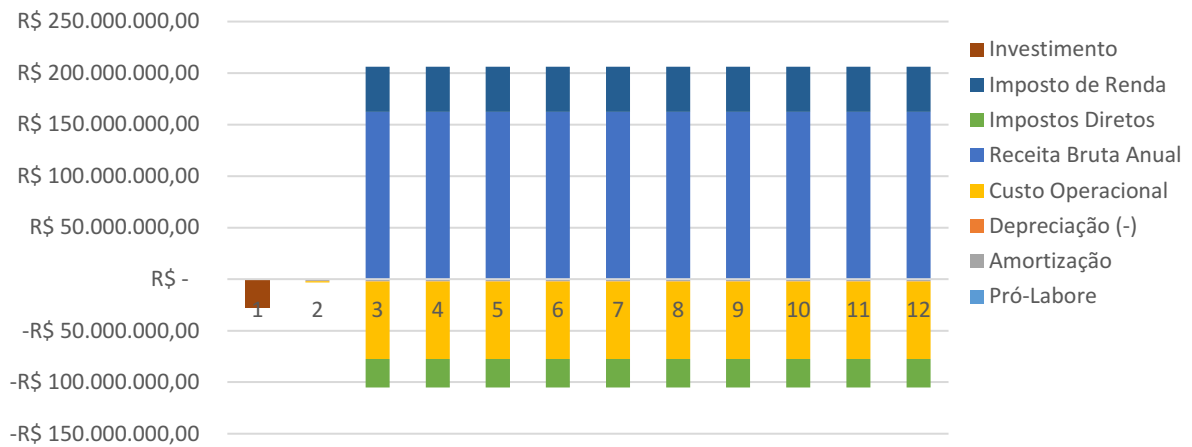
A Figura 46 abaixo representa como será o gráfico do fluxo de caixa líquido da ManiSul enquanto a Figura 47, mostra de forma detalhada os custos de entrada e saída da indústria.

Figura 46 - Fluxo de caixa líquido.



Fonte: Autoria própria (2019).

**Figura 47 - Fluxo de caixa detalhado.**



**Fonte:** Autoria própria (2019).

#### 14.8 PAYBACK, VALOR PRESENTE LÍQUIDO E TAXA INTERNA DE RETORNO

O “Payback” nos transmite o prazo de retorno do investimento inicial e funciona como um indicador de atratividade, permitindo a verificação do prazo para o investimento se pagar, ou seja, para recuperar o valor referente ao investimento. Como parâmetro, adotamos a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e também determinamos o Valor Presente Líquido (VPL) como indicador de viabilidade. A Equação (69) apresenta o cálculo para o VPL, sendo FC o fluxo de caixa e o índice  $j$  o ano correspondente ao FC.

$$VPL = \sum_{j=0}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} \quad (69)$$

Para simulação do investimento, a TMA considerada foi de 13%. Este valor está acima da taxa SELIC de 5,0% referente ao dia 05 de novembro de 2019, de acordo com o Banco Central do Brasil, sendo adotada como taxa básica de juros para investimentos no país (BCB, 2019).

O “payback” é sempre atualizado junto ao VPL atual sendo que, no ano zero, tanto o valor presente quanto o “payback” assumem o valor do fluxo de caixa. A Tabela 44 apresenta os dados do fluxo de caixa, valor presente e “payback”.

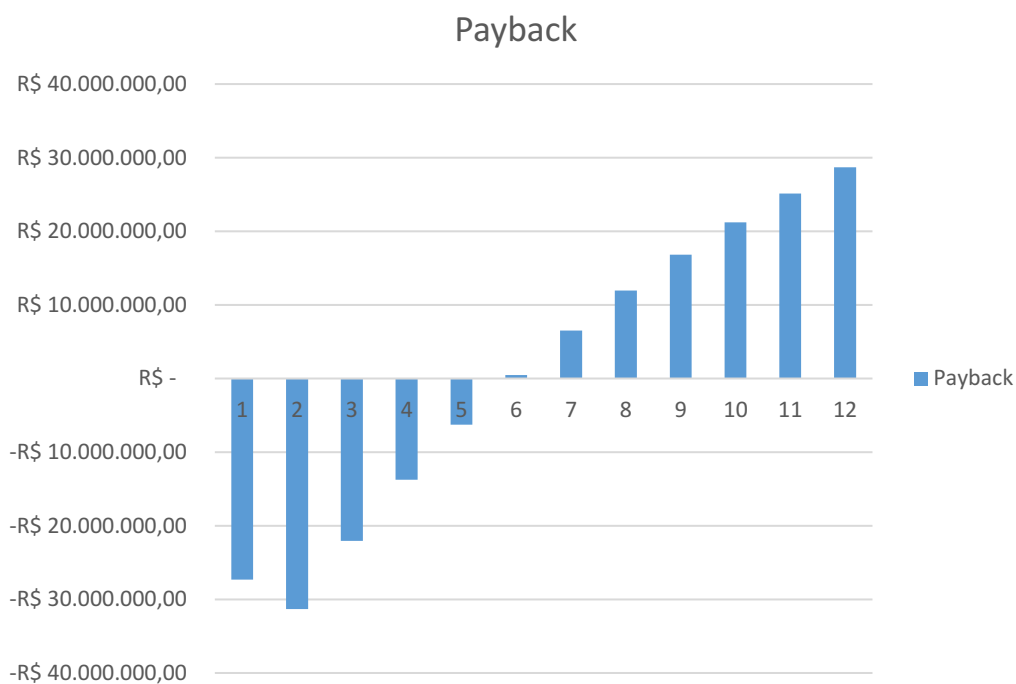
Tabela 44 - Fluxo de caixa, valor presente e payback.

Ano	Fluxo de caixa	Valor presente	Payback
0	-R\$ 27.325.153,88	-R\$ 27.325.153,88	-R\$ 27.325.153,88
1	-R\$ 4.507.408,61	-R\$ 3.988.857,18	-R\$ 31.314.011,05
2	R\$ 11.819.014,87	R\$ 9.256.022,30	-R\$ 22.057.988,76
3	R\$ 12.010.632,64	R\$ 8.323.970,90	-R\$ 13.734.017,86
4	R\$ 12.202.250,40	R\$ 7.483.868,69	-R\$ 6.250.149,17
5	R\$ 12.393.868,17	R\$ 6.726.895,09	R\$ 476.745,93
6	R\$ 12.585.485,93	R\$ 6.045.042,07	R\$ 6.521.788,00
7	R\$ 12.777.103,70	R\$ 5.431.043,92	R\$ 11.952.831,92
8	R\$ 12.968.721,46	R\$ 4.878.312,47	R\$ 16.831.144,39
9	R\$ 13.160.339,23	R\$ 4.380.877,33	R\$ 21.212.021,72
10	R\$ 13.351.956,99	R\$ 3.933.330,95	R\$ 25.145.352,68
11	R\$ 13.543.574,75	R\$ 3.530.778,15	R\$ 28.676.130,83

Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 48 exemplifica o “payback” e mostra quando ocorrerá o retorno do investimento.

Figura 48 – Payback.



Fonte: Autoria própria (2019).

Observa-se que a ManiSul irá retornar o investimento entre o sexto e sétimo ano. Além disso, o VPL obtido foi de R\$ 28.676.130,83, caracterizando-se assim como um empreendimento viável. Outro fator que pode mensurar o rendimento de um projeto é a Taxa Interna de Retorno (TIR). A viabilidade econômica é confirmada se a TMA adotada for menor que a TIR. Essa taxa pode ser calculada por meio da consideração da VPL como zero, segundo a Equação (70).

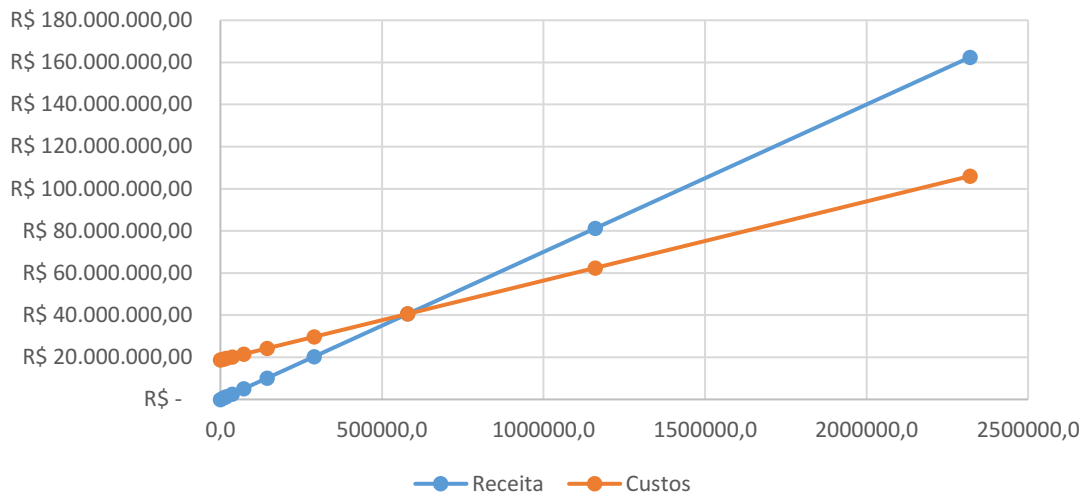
$$0 = \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1 + TIR)^j} - FC_0 \quad (70)$$

A TIR obtida para a ManiSul foi de 29%, valor esse maior que a TMA adotada, de 13%. Logo, conclui-se que o projeto é viável economicamente, tendo, portanto, sua implementação justificada.

#### 14.9 PONTO DE EQUILÍBRIO

Ponto de equilíbrio é o ponto onde a receita bruta e as despesas da indústria se igualam. É a mínima quantia de sacos 25 kg de fécula que precisam ser vendidos para que todas as despesas sejam pagas. Foram consideradas de vendas ao ano, até todos os sacos de féculas produzidos, sendo 2320745 sacos.

Analisando a Figura 49, abaixo, conclui-se serão necessários vender 580.186,13 unidades, o que equivale a exatos 3 meses de produção e vendas, assegurando que a empresa não terá prejuízo.

**Figura 49 - Ponto de Equilíbrio**

**Fonte:** Autoria Própria (2019).

## 15 CONCLUSÃO

Diante dos dados de mercado apresentados, é possível concluir que o estado do Paraná é um dos estados mais favoráveis para a instalação de uma fecularia. A escolha pela cidade de Umuarama-PR apresenta vantagens cruciais para a instalação da indústria, como grande quantidade e proximidade a matéria prima, a não existência de concorrências dentro da cidade e o grande mercado consumidor da região.

A partir dos balanços materiais apresentados foi possível realizar o projeto de produção atendendo a demanda de mercado com um processamento pré-estabelecido de mandioca, garantindo uma alta eficiência e qualidade na obtenção do produto. A capacidade de produção de amido é de 10174,42 kg/h, sendo assim classificada a indústria como de médio porte.

O tratamento de efluentes atende muito bem as normas estabelecidas para o lançamento em corpos hídricos, garantindo que não haverá contaminação do córrego. Conta ainda com a produção de biogás que é empregado de forma eficiente no processo de aquecimento do ar, o que torna evidente a visão sustentável da empresa.

A realização do balanço de energia permitiu estimar a quantidade de energia térmica e elétrica envolvida no processo, bem como a quantidade de insumos e utilidades requeridas para a capacidade de operação.

Com base na análise financeira foi possível justificar a implementação da empresa, havendo um retorno dos investimentos em um período entre 6 e 7 anos após o início da produção. O balanço financeiro foi realizado tomando como base todas as fontes de receitas provenientes da fécula de mandioca e considerando todas as despesas envolvidas, como custos de construção, operação, equipamentos e salários.

## REFERÊNCIAS

- ABEPRO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Cadeia de produção do amido de mandioca (*manihot esculenta*): Um estudo dos relacionamentos e da coordenação da C-VALE Terra Roxa.** 2009. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_STO\\_091\\_617\\_14537.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_617_14537.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2019.
- AGÊNCIA PARANÁ DE DESENVOLVIMENTO. **Programa Paraná competitivo** Disponível em: <<https://www.apdbrasil.org.br/>> Acesso em: 16 abr. 2019.
- ALLEM, A. C. **The origins and taxonomy of cassava.** In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. (Eds.). **Cassava: biology, production and utilization.** Wallingford: CABI Publications, 2002. p. 1-16
- ALONÇO, G. **O que é fluxograma de processos.** 2017. Disponível em: <<https://certificacaoiso.com.br/o-que-e-fluxograma-de-processos/>>. Acesso em: 15 out, 2019.
- ARAUJO, I. R. C. **Avaliação do Potencial de Produção de Biogás em uma Fecularia no Oeste do Paraná.** Foz do Iguaçu, 2013. Disponível em: <<https://dspace.unila.edu.br/123456789/583>> Acesso em: 10 out, 2019.
- ASSOCIAÇÃO COMERCIAL, INDUSTRIAL E AGRÍCOLA DE UMUARAMA. **História.** Disponível em: <<http://aciupr.com.br/historia>> Acesso em 30 abr. 2019.
- ATLANTICA SEPARADORES. **Centrifuga-Peeler.** 1998. Disponível em: <<http://www.atlanticaseparadores.com.br/centrifuga-peeler>>. Acesso em: 08. jul 2019.
- AUGUSTO, R. P. J. et al. **O efeito do biogás na temperatura de chama, quando usado como combustível auxiliar.** ABM WEEK. Rio de Janeiro.2015 p. 970-976.
- AZEVEDO, I.C.G. **Fluxograma como ferramenta de mapeamento de processo no controle de qualidade de uma indústria de confecção.** 2016. Disponível em: <[http://www.inovarse.org/sites/default/files/T16\\_M\\_024.pdf](http://www.inovarse.org/sites/default/files/T16_M_024.pdf)>. Acesso em 15 out, 2019.
- BARANA, A.C.; CEREDA, M.P. **Cassava wastewater (manipueira) treatment using a two-phase anaerobic biodigester.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.20, n.2, p.183-6, 2000.
- BARROS, T. Mandioca: uma raiz versátil. **Jasmine Alimentos.** 2017. Disponível em: <<https://www.jasminealimentos.com/wikinatural/mandioca-raiz-beneficios/>>. Acesso em: 2 abr. 2019.
- BCB. **Histórico das taxas de juros.** 2019. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/#!/c/COPOMJUROS/>>. Acesso em: 05 nov. 2019.



BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n°. 263, de Setembro de 2005 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 368-369, 2005.

BOURSIER, B. Applications alimentaires des amidons modifiés. **Industries Alimentaires et Agricoles**, Paris, v. 111, n. 9, p. 583-592, 1994.

CCP – CENTROS COMUNITÁRIOS DE PRODUÇÃO. **Processamento de farinha e fécula de mandioca.** Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/ResponsabilidadeSocial/Manual%20CCP%20%20Processamento%20de%20Farinha%20e%20F%C3%A9cula%20de%20Mandioca.pdf>> Acesso em: 02 jun. 2019.

CEMA – CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 070/09.** Condições e padrões de lançamento de efluentes líquidos industriais. Paraná: CEMA, 2009

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Preços tiveram forte recuperação em 2016.** Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/mandioca-retro2016-precos-tiveram-forte-recuperacao-em-2016.aspx>> Acesso em: 03 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Tamanho da oferta e preços menores preocupam.** Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/mandioca-perspec-2019-tamanho-da-oferta-e-precos-menores-preocupam.aspx>> Acesso em: 11 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Mandioca: Preços da Raiz de Mandioca e da Fécula.** Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/mandioca.aspx>> Acesso em: 25 out. 2019.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B., LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido.** São Paulo: Fundação Cargill, 221 p. (Série: Culturas de tuberosas amiláceas Latino-americanas, v. 1), 2001.

CHAIPRASERT, P.; SUVAJITTANONT, W.; SURARAKSA, B.; TANTICHAROEN, M.; BHUMIRATANA, S. Nylon fibers as supporting media in anaerobic hybrid reactors: it's effects on system's performance and microbial distribution. **Water Research**, Oxford, v.37, n.19, p.4.605- 4.612, 2003.

COELHO, S.T. **Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto.** São Paulo, 2006. Disponível em: [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100070&script=sci\\_arttext](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100070&script=sci_arttext) > Acesso em: 10 out, 2019.

COÊLHO, Jackson. D. Produção de Mandioca – Raiz, Farinha e Fécula. **Caderno Setorial ETENE.** Fortaleza, Ano 3, n° 44, set. 2018.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Preços da mandioca em raiz e fécula.** 2019. Disponível em: <<http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>> Acesso em 16 ago. 2019.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução N° 357, 17 de março de 2005.** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 out, 2019

COPASUL. **Fécula de mandioca: Muito além da tapioca.** 2015. Disponível em: <<https://www.copasul.coop.br/noticias/fecula-de-mandioca-muito-alem-da-tapioca/448>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Tarifas aplicadas à alta tensão.** 2019. Disponível em: <[https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/tabela\\_tarifas/\\$FILE/Tabela%20tarifas.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/tabela_tarifas/$FILE/Tabela%20tarifas.pdf)> Acesso em: 26 out. 2019.

COZINHA TÉCNICA. **Fécula de mandioca.** 2012. Disponível em: <<https://cozinhatecnica.com/2019/02/fecula-de-mandioca-polvilho-doce-goma-amido-de-mandioca/>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

CRESOL. **Análise financeira da empresa: aprenda como fazer.** 2018. Disponível em: <<https://blog.cresol.com.br/analise-financeira-da-empresa-como-fazer/>> Acesso em: 25 out. 2019.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R; SANTOS, C. Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada. **Anais 4° Encontro de Energia no Meio Rural.** Campinas, São Paulo, 2002.

EBS. **Exaustor.** 2019. Disponível em: <<http://www.ebs.ind.br/?exe=maquinas/21-exaustor>>. Acesso em: 10 out, 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Iniciando um Pequeno Grande Negócio Agroindustrial – Processamento da Mandioca.** 2003a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/993937/iniciando-um-pequeno-grande-negocio-agroindustrial-processamento-da-mandioca>>. Acesso em: 02 Abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Cultivo da Mandioca para a Região dos Tabuleiros Costeiros.** 2003b. Disponível em: <[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_tabcosteiros/colheita.htm](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_tabcosteiros/colheita.htm)>. Acesso em: 30 mar. 2019.

\_\_\_\_\_. **Desempenho da cultura nos maiores estados produtores.** 2018. Disponível em: <[http://www.cnpmf.embrapa.br/Base\\_de\\_Dados/index\\_pdf/dados/brasil/mandioca/b5\\_mandioca.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/mandioca/b5_mandioca.pdf)>. Acesso em 15 de abr. 2019.

FEIDEN, A. **Avaliação da eficiência de lagoas de tratamento de resíduos líquidos**. In: CEREDA, M.P. (Coord.) Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. v.4, cap.13, p.186-2001.

FERNANDES, R. **Você sabe a diferença entre custo fixo e custo variável?**. 2015. Disponível em: <<https://capitalsocial.cnt.br/diferenca-entre-custo-fixo-e-custovariavel/>>. Acesso em: 26 out. 2019.

FERNANDES JÚNIOR, A.; CEREDA, M.P. Influência do tempo de retenção hidráulica (TRH) sobre a fase acidogênica da digestão anaeróbia de manipueira. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.11, n.3, p.1-7, 1996.

FERREIRA, Jandira. **Produção do biogás e funcionamento de biodigestores no ensino de ciências**. Monografia (Especialização no Ensino de Ciências) – Universidade Tecnológica federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2013.

FILHO, G. A. F.; BAHIA, J. J. S. **Mandioca**, 2009. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/mandioca.htm>> Acesso em: 25 mar. 2019.

FONTANA, D. **Recuperação de águas de processos - Desenvolvimento de um Problema Padrão**. 2002. 121 f.- Universidade Federal do Rio Grande, Porto Alegre, Brasil, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em 03 abr. 2019.

GAMEIRO, A. H. **Mandioca: de alimento básico à matéria-prima industrial**. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo 2002.

GEA. **Separador centrífugo**. 2019. Disponível em: <[https://www.gea.com/pt/productgroups/centrifuges-separation\\_equipment/centrifugal-separator/index.jsp](https://www.gea.com/pt/productgroups/centrifuges-separation_equipment/centrifugal-separator/index.jsp)>. Acesso em: 22 abr. 2019.

HIMMELBLAU, David Mautner; RIGGS, James L. **Engenharia química: princípios e cálculos**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2014.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

INDESTEL EMBALAGENS. **Sacaria**. 2019. Disponível em: <[http://indestel.com.br/site/index.php?route=information/information&information\\_id=3](http://indestel.com.br/site/index.php?route=information/information&information_id=3)> Acesso em: 30 out.2019.

JONES, Gareth R.; GEORGE, Jennifer M. **Administração Contemporânea**. 4ª edição. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

JOSCIL. **Sistema de Descarga e Tombadores**. 2016. Disponível em: <[http://www.joscil.com/catalogos/APRESENTA%C3%87%C3%83O\\_TOMBADOR.pdf](http://www.joscil.com/catalogos/APRESENTA%C3%87%C3%83O_TOMBADOR.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2019.

KANNAN, V. R. **Analyzing the Trade-off Between Efficiency and Flexibility in Cellular Manufacturing Systems**. *Production Planning & Control*, v. 9, n.4, p. 572-579, 2010.

Kelley, K. K. **Heats and free energies of formation of ferrites and aluminates of calcium, magnesium, sodium, and lithium**. Washington, DC. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1960.

KUCZMAN, OSVALDO. **Tratamento anaeróbio de efluente de fecularia em reator horizontal de uma fase**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná em Engenharia Agrícola, Cascavel, Paraná, 2007.

KUHN, I. N; LAMPERT, A. L. **Análise financeira**. Ijuí: Ed. Unijuí, Coleção educação à distância. Série livro-texto, p. 86, 2012.

LAVINA, M. L. **Estimativa da disponibilidade de bagaço de mandioca – resíduo da extração de fécula e polvilho na região Sul Catarinense**. Santa Catarina, 1993.

LEGISLAÇÃO MUNICIPAL DE UMUARAMA. **Reorganiza o PRODEU, e dá outras providências**. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/pr/u/umuarama/lei-ordinaria/1999/220/2192/lei-ordinaria-n-2192-1999-reorganiza-o-prodeu-programa-de-desenvolvimento-e-expansao-economica-de-umuarama-e-da-outras-providencias>> Acesso em: 27 out. 2019.

LIDE, D. R. **CRC Handbook of Chemistry and Physics**. 85th Edition, CRC Press, Boca Raton, 2004.

LYNCH, J. M. **Terrestrial biotechnology: current opinion in biotechnology**. V. 9, n. 3, p.247-251, jun. 1998.

MAGALHÃES, A. P. T. **Biogás: um projeto de saneamento urbano**. São Paulo: Nobel, 120 p.,1986.

MATTOS, P. L. R.; BEZERRA, V. S. Cultivo da Mandioca para o Estado do Amapá. **Embrapa: Sistemas de Produção**. jan, 2003. Disponível em: <[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_amapa/plantio.htm](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_amapa/plantio.htm)> Acesso em: 28 mar. 2019.

MATTOS, J. C. P.; BORGES J. T. **Sistemas de lagoas de estabilização alternativas sustentáveis para a preservação dos mananciais hídricos em ecossistemas industriais na Amazônia Sul-Ocidental: Estudo de caso de agroindústria do município de Ariquemes-RO**. Ariquemes, 2009.

MENDONÇA, S. R. **Lagoas de estabilização e aeradas mecanicamente: novos conceitos**. CIP Brasil. Catalogação na fonte. Sindicato nacional dos editores de livros, Rio de Janeiro/RJ, 388 p.,1990.

MFRURAL. **Big bag colheita de mandioca**. 2017. Disponível em: <<https://www.mfrural.com.br/detalhe/big-bag-colheita-de-mandioca-264184.aspx>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Indústria para extração de amido de milho**. 2017. Disponível em: <<https://www.mfrural.com.br/detalhe/industria-para-extracao-de-amido-de-milho-241501.aspx>>. Acesso em: 27 abr. 2019.

MITAMURA, S.S. **Notas de aula: Treinamento de segurança na operação de caldeira**, realização Mitamura Engenharia S/S Ltda. (Apostila). Londrina: 01 de mar. à 05 de abr. de 2005.

MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MOREIRA, B. Layout Industrial: **Como melhorar a eficiência dos processos**. 2015. Disponível em: <<https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/gestao-empresarial/layout-industrial/>> Acesso em: 5 out, 2019.

MOTTA, L. C. **Utilização de resíduos de indústria de farinha de mandioca em digestão anaeróbica**. Botucatu, 1985. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade estadual Paulista.

NAJA, Ghinwa M. et al. **Assessment of biogas potential hazards**. Renewable Energy, 36, 3445-3451, 2011.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO – NEPA. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2011.

OPERATION. **Densidade dos materiais**. 2019. Disponível em: <<http://www.operation.com.br/densidade-dos-materiais>>. Acesso em 23 out. 2019.

ORTEGA, E. **Decantação e Sedimentação**. Notas de Aula, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

PARANAVAÍMAQUINAS. **Descascador**. 2010. Disponível em: <[http://www.paranavaimaquinas.com.br/php/descascador\\_fs.php](http://www.paranavaimaquinas.com.br/php/descascador_fs.php)>. Acesso em: 15 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Picador**. 2010. Disponível em: <<http://www.paranavaimaquinas.com.br/php/picador.php>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Separador centrífugo**. 2010. Disponível em: <<http://www.paranavaimaquinas.com.br/php/separadorcentrifugos.php>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Hidrociclones.** 2010. Disponível em: <<http://www.paranavaimaquinas.com.br/fecularias/site/hidrociclones.php>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

PERLINGEIRO, C. A. G. **Engenharia de Processos: Análise, Simulação, Otimização e Síntese de Processos Químicos.** São Paulo: Blucher, 2005.

PERRY, H.R.; GREEN; D.W.; **Perry's Chemical engineers' handbook,** 8th. Edition, 2007.

PETERSSON, A.; WELLINGER, A.; **Biogas upgrading technologies – developments and innovations.** Task 37. Biogás Upgrading. IEA Bioenergy. 2009

PINTO, P. H. M. **Tratamento de manipueira de feccularia em biodigestor anaeróbico para disposição em corpo receptor, rede pública ou uso em fertirrigação.** 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, São Paulo, 2008.

PLANALTO. **LEI Nº 11.787, DE 25 DE SETEMBRO DE 2008.** 2008. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Lei/L11787.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11787.htm)>. Acesso em: 03 nov. 2019.

PODER EXECUTIVO ESTADUAL. **Lei nº 19.802.** 2018. Disponível em: <[http://www.fiepr.org.br/assuntosLegislativos/uploadAddress/Lei\\_n\\_19.802\\_de\\_21\\_de\\_dezembro\\_de\\_2018%5B84839%5D.pdf](http://www.fiepr.org.br/assuntosLegislativos/uploadAddress/Lei_n_19.802_de_21_de_dezembro_de_2018%5B84839%5D.pdf)> Acesso em: 03 nov. 2019.

PORTAL TRIBUTÁRIO. **CSLL - CONTRIBUIÇÃO SOCIAL SOBRE O LUCRO LÍQUIDO.** 2018. Disponível em:<<http://www.portaltributario.com.br/tributos/csl.html>>. Acesso em: 03 nov. 2019.

\_\_\_\_\_. **IMPOSTO DE RENDA - PESSOA JURÍDICA.** 2019. Disponível em:<<http://www.portaltributario.com.br/tributos/irpj.html>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

RASI, S.; VEIJANEN, A.; RINTALA, J. **Trace compounds of biogas from different biogas production plants.** Energy 32, 1375–1380, 2007.

QUEIROZ, E. M.; PESSOA, F. L. P. **Integração de Processos: Uma Ferramenta para Minimizar o Consumo Energético e o Impacto Ambiental.** Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2005. cap. 8.

SALOMÃO Jr., A.; GASI, T. M. T.; PEREIRA, P. C. **Caracterização de efluentes de indústria de farinha de mandioca.** São Paulo: CETESB, 1994.

SANEPAR - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Tabela de tarifas de saneamento básico 2019.** 2019. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/clientes2012/tabeledetarifas2019-site.pdf>> Acesso em: 26 out. 2019.

SEAB - SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Prognóstico - mandioca 2017/18.** 2017. Disponível em:

<[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2018/Mandioca\\_2017\\_18.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2018/Mandioca_2017_18.pdf)> Acesso em 06 abr. 2019.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Estudo de Mercado sobre a Mandioca (Farinha e Fécula)**. 2008. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/5602f3e181880.pdf>> Acesso em: 05 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Capital de giro: o que é e como funciona**. 2019. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/semanadomei2019/conteudos/capital-de-giro-o-que-e-e-como-funciona,b09f103bc7d1b610VgnVCM1000004c00210aRCRD>> Acesso em: 24 out. 2019.

SEET - SECRETARIA DO ESPORTE E DO TURISMO. **Infraestrutura de Transporte**. Disponível em: <<http://www.turismo.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=481>> acesso em: 16 abr. 2019.

SECRETARIA MUNICIPAL DE UMUARAMA. **PRODEU - Programa será reestruturado para atrair novos investimentos**. Disponível em: <<http://www.umuarama.pr.gov.br/noticias/ler/932/prodeu--programa-sera-reestruturado-para-atrair-novos-investimentos.html>> Acesso em 30 abr. 2019.

SPENCER, H. M. **Empirical heat capacity equations of gases and graphite**. Ind. Eng. Chem. Charlottesville. 1948

SUFRAMA - SUPERINTENDÊNCIA DA ZONA FRANCA DE MANAUS. **Projeto potencialidades regionais, estudo de viabilidade econômica: Amido de mandioca**. 2003. Disponível em: <[http://www.suframa.gov.br/publicacoes/proj\\_pot\\_regionais/amido.pdf](http://www.suframa.gov.br/publicacoes/proj_pot_regionais/amido.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2019.

TACO. TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS. **Fécula de Mandioca**. 2019. Disponível em: <<https://www.tabelanutricional.com.br/fecula-de-mandioca>>. Acesso em: 16 out, 2019.

VERDE, Fato. **Tecnologia Verde – Biodigestor Anaeróbico**, 2019. Disponível em: <<http://verdefato.blogspot.com/2009/04/biodigestor-anaerobico-biogas-embrapa.html>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

VMAQ. **Cevador**. 2016. Disponível em: <<https://vmaq.ind.br/produtos/cevador/>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

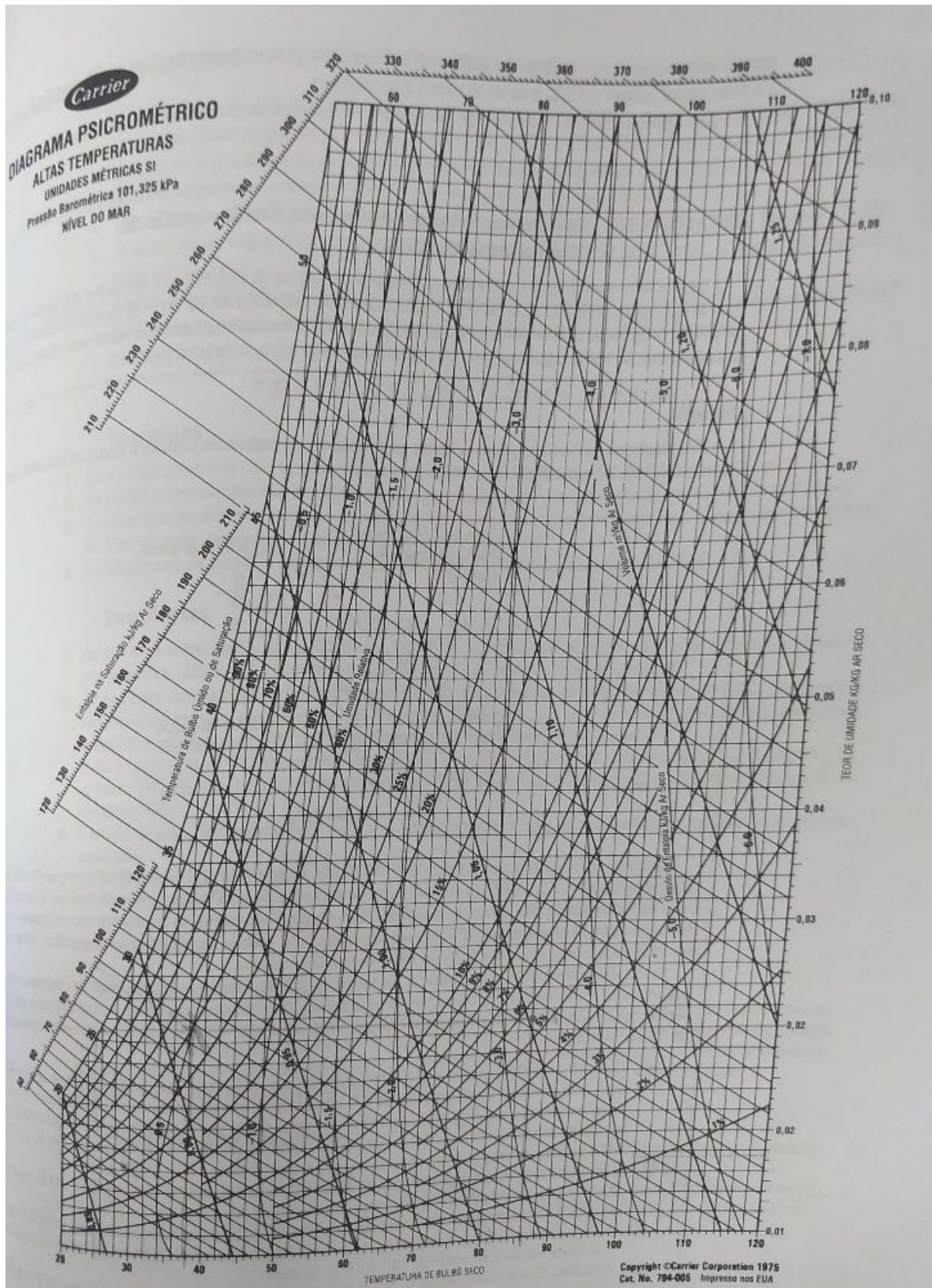
VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v.3, 1996.

ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F. **Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras**. In: TEIXEIRA, J. C.; SANTOS, R. A.; DAVID, F. M. e

TEIXEIRA, L. F. A. C. 2º Simpósio internacional em bovinocultura de leite: Novos conceitos em nutrição. Lavras, MG: UFLA – FAEPE, p.199-228, 2001.



### ANEXO 1 – CARTA PSICOMÉTRICA PARA ALTAS TEMPERATURAS



## ANEXO 2 - CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS

### 1) BENEFICIAMENTO DE MANDIOCA

- Processos com segregação de efluentes (águas de lavagem, água vegetal e outros concentrados):
- Águas de lavagem de mandioca:

DBO <sub>5</sub> :	-	100 mg/L
DQO:	-	350 mg/L
Cianeto total:	-	0,2 mg/L CN
Toxicidade aguda:	-	FTd para <i>Daphnia magna</i> : 8 (12,5%)
	-	FTbl para <i>Vibrio fischeri</i> : 8 (12,5%)

#### Água vegetal:

DBO <sub>5</sub> :	-	100 mg/L
DQO:	-	350 mg/L
Cianeto total:	-	0,2 mg/L CN
Toxicidade aguda:	-	FTd para <i>Daphnia magna</i> : 8 (12,5%)
	-	FTbl para <i>Vibrio fischeri</i> : 8 (12,5%)

#### Processos sem segregação de efluentes

DBO <sub>5</sub> :	-	100 mg/L
DQO:	-	250 mg/L
Cianeto total:	-	0,2 mg/L CN
Toxicidade aguda:	-	FTd para <i>Daphnia magna</i> : 8 (12,5%)
	-	FTbl para <i>Vibrio fischeri</i> : 8 (12,5%)

## APÊNDICE A – SALÁRIOS E ADICIONAIS DE FUNCIONÁRIOS

Cargo	Quantidades	Turno	Piso Salarial	Adicional Noturno	INSS	13º salário	1/3 Férias	FGTS	Insalubridade e Periculosidade	Vale transporte	Custo mensal	Custo anual
Presidente	1	4	R\$ 17.077,73	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 1.423,14	R\$ 474,38	R\$ 1.366,22	R\$ -	R\$ 1.024,66	R\$ 21.987,18	R\$ 263.846,13
Diretor de produção	1	4	R\$ 8.132,51	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 677,71	R\$ 225,90	R\$ 650,60	R\$ -	R\$ 487,95	R\$ 10.795,71	R\$ 129.548,56
Diretor de RH	1	4	R\$ 10.648,78	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 887,40	R\$ 295,80	R\$ 851,90	R\$ -	R\$ 638,93	R\$ 13.943,85	R\$ 167.326,16
Diretor Comercial	1	4	R\$ 11.618,11	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 968,18	R\$ 322,73	R\$ 929,45	R\$ -	R\$ 697,09	R\$ 15.156,59	R\$ 181.879,04
Gerente de produção	1	4	R\$ 9.992,25	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 832,69	R\$ 277,56	R\$ 799,38	R\$ -	R\$ 599,54	R\$ 13.122,46	R\$ 157.469,46
Gerente de análise de qualidade	1	4	R\$ 9.252,69	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 771,06	R\$ 257,02	R\$ 740,22	R\$ -	R\$ 555,16	R\$ 12.197,18	R\$ 146.366,20
Gerente de desenvolvimento	1	4	R\$ 8.026,75	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 668,90	R\$ 222,97	R\$ 642,14	R\$ -	R\$ 481,61	R\$ 10.663,40	R\$ 127.960,75
Gerente de recrutamento	1	4	R\$ 6.600,00	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 550,00	R\$ 183,33	R\$ 528,00	R\$ -	R\$ 396,00	R\$ 8.878,37	R\$ 106.540,48
Gerente de treinamento	1	4	R\$ 6.617,15	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 551,43	R\$ 183,81	R\$ 529,37	R\$ -	R\$ 397,03	R\$ 8.899,83	R\$ 106.797,96
Gerente de logística	1	4	R\$ 7.560,80	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 630,07	R\$ 210,02	R\$ 604,86	R\$ -	R\$ 453,65	R\$ 10.080,44	R\$ 120.965,29
Gerente Financeiro	1	4	R\$ 6.969,69	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 580,81	R\$ 193,60	R\$ 557,58	R\$ -	R\$ 418,18	R\$ 9.340,90	R\$ 112.090,76
Gerente de marketing	1	4	R\$ 6.950,38	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 579,20	R\$ 193,07	R\$ 556,03	R\$ -	R\$ 417,02	R\$ 9.316,74	R\$ 111.800,85
Engenheiro Elétrico (gerador de energia)	1	4	R\$ 6.245,55	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 520,46	R\$ 173,49	R\$ 499,64	R\$ -	R\$ 374,73	R\$ 8.434,92	R\$ 101.219,00

Cargo	Quantidades	Turno	Piso Salarial	Adicional Noturno	INSS	13º salario	1/3 Férias	FGTS	Insalubridade e Periculosidade	Vale transporte	Custo mensal	Custo anual
Técnico em Alimentos	1	4	R\$ 2.106,47	R\$ -	R\$ 189,58	R\$ 175,54	R\$ 58,51	R\$ 168,52	R\$ -	R\$ 126,39	R\$ 2.825,01	R\$ 33.900,12
Técnico em Segurança do Trabalho	1	2	R\$ 3.037,19	R\$ -	R\$ 334,09	R\$ 253,10	R\$ 84,37	R\$ 242,98	R\$ 199,60	R\$ 182,23	R\$ 4.333,55	R\$ 52.002,64
Técnico em Segurança do Trabalho	1	3	R\$ 3.037,19	R\$ 607,44	R\$ 334,09	R\$ 253,10	R\$ 84,37	R\$ 242,98	R\$ 199,60	R\$ 182,23	R\$ 4.940,99	R\$ 59.291,89
Técnico de Laboratório	1	2	R\$ 2.031,28	R\$ -	R\$ 221,41	R\$ 169,27	R\$ 56,42	R\$ 162,50	R\$ 199,60	R\$ 121,88	R\$ 2.962,37	R\$ 35.548,40
Técnico de Laboratório	1	3	R\$ 2.031,28	R\$ 406,26	R\$ 221,41	R\$ 169,27	R\$ 56,42	R\$ 162,50	R\$ 199,60	R\$ 121,88	R\$ 3.368,62	R\$ 40.423,47
Estagiário	1	2	R\$ 1.373,11	R\$ -	R\$ 109,85	R\$ 114,43	R\$ 38,14	R\$ 109,85	R\$ 199,60	R\$ 82,39	R\$ 2.027,36	R\$ 24.328,34
Consultor comercial	1	4	R\$ 4.351,41	R\$ -	R\$ 478,66	R\$ 362,62	R\$ 120,87	R\$ 348,11	R\$ -	R\$ 261,08	R\$ 5.922,75	R\$ 71.073,03
Assistente de RH	1	4	R\$ 1.943,48	R\$ -	R\$ 174,91	R\$ 161,96	R\$ 53,99	R\$ 155,48	R\$ -	R\$ 116,61	R\$ 2.606,42	R\$ 31.277,07
Assistente de logística	1	4	R\$ 3.000,00	R\$ -	R\$ 330,00	R\$ 250,00	R\$ 83,33	R\$ 240,00	R\$ -	R\$ 180,00	R\$ 4.083,33	R\$ 49.000,00
Contador	1	4	R\$ 1.919,66	R\$ -	R\$ 172,77	R\$ 159,97	R\$ 53,32	R\$ 153,57	R\$ -	R\$ 115,18	R\$ 2.574,48	R\$ 30.893,73
Nutricionista	1	4	R\$ 2.400,13	R\$ -	R\$ 216,01	R\$ 200,01	R\$ 66,67	R\$ 192,01	R\$ -	R\$ 144,01	R\$ 3.218,84	R\$ 38.626,09
Cozinheira	2	1	R\$ 1.208,00	R\$ -	R\$ 96,64	R\$ 100,67	R\$ 33,56	R\$ 96,64	R\$ -	R\$ 72,48	R\$ 3.215,96	R\$ 38.591,57

Cargo	Quantidades	Turno	Piso Salarial	Adicional Noturno	INSS	13º salário	1/3 Férias	FGTS	Insalubridade e Periculosidade	Vale transporte	Custo mensal	Custo anual
Cozinheira	2	2	R\$ 1.208,00	R\$ -	R\$ 96,64	R\$ 100,67	R\$ 33,56	R\$ 96,64	R\$ -	R\$ 72,48	R\$ 3.215,96	R\$ 38.591,57
Assistente de cozinha	1	1	R\$ 1.000,00	R\$ -	R\$ 80,00	R\$ 83,33	R\$ 27,78	R\$ 80,00	R\$ -	R\$ 60,00	R\$ 1.331,11	R\$ 15.973,33
Assistente de cozinha	1	2	R\$ 1.000,00	R\$ -	R\$ 80,00	R\$ 83,33	R\$ 27,78	R\$ 80,00	R\$ -	R\$ 60,00	R\$ 1.331,11	R\$ 15.973,33
Porteiro	2	3	R\$ 1.387,05	R\$ 277,41	R\$ 110,96	R\$ 115,59	R\$ 38,53	R\$ 110,96	R\$ -	R\$ 83,22	R\$ 4.247,46	R\$ 50.969,46
Porteiro	2	4	R\$ 1.387,05	R\$ -	R\$ 110,96	R\$ 115,59	R\$ 38,53	R\$ 110,96	R\$ -	R\$ 83,22	R\$ 3.692,64	R\$ 44.311,62
Receptionista Secretária	1	4	R\$ 1.262,17	R\$ -	R\$ 100,97	R\$ 105,18	R\$ 35,06	R\$ 100,97	R\$ -	R\$ 75,73	R\$ 1.680,09	R\$ 20.161,06
Zelador	1	4	R\$ 1.289,77	R\$ -	R\$ 103,18	R\$ 107,48	R\$ 35,83	R\$ 103,18	R\$ 199,60	R\$ 77,39	R\$ 1.916,43	R\$ 22.997,13
Faxineiro	4	1	R\$ 1.189,34	R\$ -	R\$ 95,15	R\$ 99,11	R\$ 33,04	R\$ 95,15	R\$ 199,60	R\$ 71,36	R\$ 7.130,97	R\$ 85.571,70
Advogado	1	4	R\$ 3.500,00	R\$ -	R\$ 385,00	R\$ 291,67	R\$ 97,22	R\$ 280,00	R\$ -	R\$ 210,00	R\$ 4.763,89	R\$ 57.166,67
Médico Clínico-Geral	1	4	R\$ 7.130,68	R\$ -	R\$ 621,04	R\$ 594,22	R\$ 198,07	R\$ 570,45	R\$ -	R\$ 427,84	R\$ 9.542,31	R\$ 114.507,76
Enfermeiro	1	4	R\$ 2.554,73	R\$ -	R\$ 229,93	R\$ 212,89	R\$ 70,96	R\$ 204,38	R\$ -	R\$ 153,28	R\$ 3.426,18	R\$ 41.114,12
Psicólogo do trabalho	1	4	R\$ 3.072,51	R\$ -	R\$ 337,98	R\$ 256,04	R\$ 85,35	R\$ 245,80	R\$ -	R\$ 184,35	R\$ 4.182,03	R\$ 50.184,33
Almoxarife	1	4	R\$ 1.450,00	R\$ -	R\$ 116,00	R\$ 120,83	R\$ 40,28	R\$ 116,00	R\$ -	R\$ 87,00	R\$ 1.930,11	R\$ 23.161,33

Cargo	Quantidades	Turno	Piso Salarial	Adicional Noturno	INSS	13º salario	1/3 Férias	FGTS	Insalubridade e Periculosidade	Vale transporte	Custo mensal	Custo anual
Motorista de caminhão	1	4	R\$ 1.915,26	R\$ -	R\$ 172,37	R\$ 159,61	R\$ 53,20	R\$ 153,22	R\$ 574,58	R\$ 114,92	R\$ 3.143,15	R\$ 37.717,85
Supervisor operacional	1	2	R\$ 2.206,00	R\$ -	R\$ 198,54	R\$ 183,83	R\$ 61,28	R\$ 176,48	R\$ 249,50	R\$ 132,36	R\$ 3.207,99	R\$ 38.495,89
Supervisor operacional	1	3	R\$ 2.206,00	R\$ 441,20	R\$ 198,54	R\$ 183,83	R\$ 61,28	R\$ 176,48	R\$ 249,50	R\$ 132,36	R\$ 3.649,19	R\$ 43.790,29
Operador (recebimento e desintegração)	2	2	R\$ 1.330,37	R\$ -	R\$ 106,43	R\$ 110,86	R\$ 36,95	R\$ 106,43	R\$ 249,50	R\$ 79,82	R\$ 4.040,74	R\$ 48.488,89
Operador (recebimento e desintegração)	2	3	R\$ 1.330,37	R\$ 266,07	R\$ 106,43	R\$ 110,86	R\$ 36,95	R\$ 106,43	R\$ 249,50	R\$ 79,82	R\$ 4.572,89	R\$ 54.874,66
Operador (extração e concentração)	2	2	R\$ 1.330,37	R\$ -	R\$ 106,43	R\$ 110,86	R\$ 36,95	R\$ 106,43	R\$ 249,50	R\$ 79,82	R\$ 4.040,74	R\$ 48.488,89
Operador (extração e concentração)	2	3	R\$ 1.330,37	R\$ 266,07	R\$ 106,43	R\$ 110,86	R\$ 36,95	R\$ 106,43	R\$ 249,50	R\$ 79,82	R\$ 4.572,89	R\$ 54.874,66
Operador (purificação e Refino)	2	2	R\$ 1.330,37	R\$ -	R\$ 106,43	R\$ 110,86	R\$ 36,95	R\$ 106,43	R\$ 249,50	R\$ 79,82	R\$ 4.040,74	R\$ 48.488,89
Operador (purificação e Refino)	2	3	R\$ 1.330,37	R\$ 266,07	R\$ 106,43	R\$ 110,86	R\$ 36,95	R\$ 106,43	R\$ 249,50	R\$ 79,82	R\$ 4.572,89	R\$ 54.874,66

Cargo	Quantidades	Turno	Piso Salarial	Adicional Noturno	INSS	13º salário	1/3 Férias	FGTS	Insalubridade e Periculosidade	Vale transporte	Custo mensal	Custo anual
Operador (Desidratação e Secagem)	2	2	R\$ 1.330,37	R\$ -	R\$ 106,43	R\$ 110,86	R\$ 36,95	R\$ 106,43	R\$ 249,50	R\$ 79,82	R\$ 4.040,74	R\$ 48.488,89
Operador (Desidratação e Secagem)	2	3	R\$ 1.330,37	R\$ 266,07	R\$ 106,43	R\$ 110,86	R\$ 36,95	R\$ 106,43	R\$ 249,50	R\$ 79,82	R\$ 4.572,89	R\$ 54.874,66
Operador (Ensaque)	2	2	R\$ 1.330,37	R\$ -	R\$ 106,43	R\$ 110,86	R\$ 36,95	R\$ 106,43	R\$ 249,50	R\$ 79,82	R\$ 4.040,74	R\$ 48.488,89
Operador (Ensaque)	2	3	R\$ 1.330,37	R\$ 266,07	R\$ 106,43	R\$ 110,86	R\$ 36,95	R\$ 106,43	R\$ 249,50	R\$ 79,82	R\$ 4.572,89	R\$ 54.874,66
Operador Empilhadeira	1	2	R\$ 1.655,58	R\$ -	R\$ 132,45	R\$ 137,97	R\$ 45,99	R\$ 132,45	R\$ 249,50	R\$ 99,33	R\$ 2.453,26	R\$ 29.439,13
Operadora Empilhadeira	1	3	R\$ 1.655,58	R\$ 331,12	R\$ 132,45	R\$ 137,97	R\$ 45,99	R\$ 132,45	R\$ 249,50	R\$ 99,33	R\$ 2.784,38	R\$ 33.412,52
Operador de Manutenção Eletromecânica	2	1	R\$ 2.320,78	R\$ -	R\$ 208,87	R\$ 193,40	R\$ 64,47	R\$ 185,66	R\$ 249,50	R\$ 139,25	R\$ 6.723,85	R\$ 80.686,17
Terceirização do tratamento de efluentes	2	4	R\$ 2.330,00	R\$ -	R\$ 209,70	R\$ 194,17	R\$ 64,72	R\$ 186,40	R\$ -	R\$ 139,80	R\$ 6.249,58	R\$ 74.994,93
<b>Total</b>	<b>74</b>		<b>R\$ 199.155,79</b>	<b>R\$ 3.393,79</b>	<b>R\$ 15.737,97</b>	<b>R\$ 16.596,32</b>	<b>R\$ 5.532,11</b>	<b>R\$ 15.932,46</b>	<b>R\$ 5.714,28</b>	<b>R\$ 11.949,35</b>	<b>R\$ 314.567,08</b>	<b>R\$ 3.774.804,99</b>

## APÊNDICE B – DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Nos equipamentos descritos, A é altura, B é largura, C é comprimento e D é o diâmetro.

Lavador/Descascador				
Nome	A (m)	B (m)	C (m)	Potência (kW)
LD-101	2,0	2,3	7,05	10

Picador				
Nome	A (m)	B (m)	C (m)	Potência (kW)
P-201	0,6	1,3	1,49	22

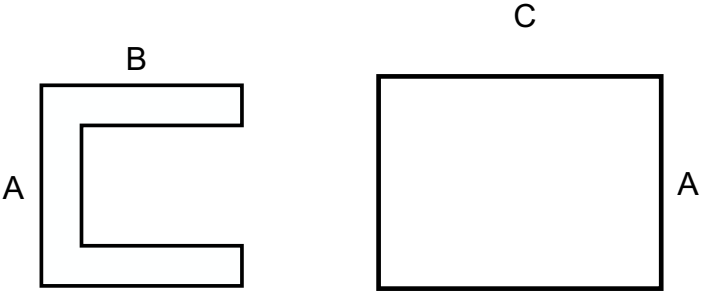
Cevadeira				
Nome	A (m)	B (m)	C (m)	Potência (kW)
C-201	1,42	1,445	3,1	355

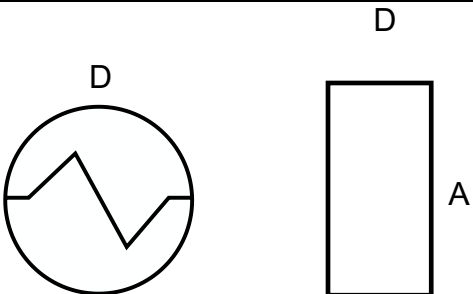


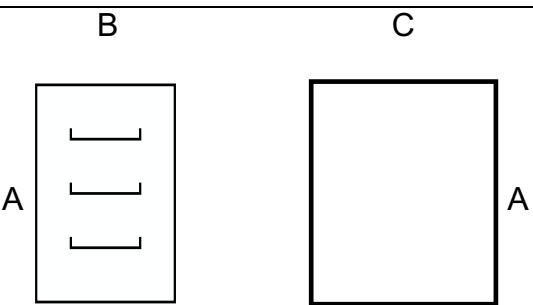
Extrator Rotativo				
Nome	A (m)	B (m)	C (m)	Potência (kW)
EX-301	1,950	1,415	1,4	37
EX-302	1,950	1,415	1,4	
EX-303	1,950	1,415	1,4	

Centrífuga de Pratos				
Nome	A (m)	B (m)	C (m)	Potência (kW)
CP-301	1,95	1,70	1,9	95

Hidrociclone				
Nome	A (m)	B (m)	C (m)	Potência (kW)
H-401	1,8	0,8	0,6	40
H-402	1,8	0,8	0,6	
H-403	1,8	0,8	0,6	
H-404	1,8	0,8	0,6	

Desidratador Peeler				
				
Nome	A (m)	B (m)	C (m)	Potência (kW)
DP-401A/B	3,08	3,2	4,76	110

Queimador de Biogás			
			
Nome	A (m)	D (m)	Potência (kW)
QB-401	5,8	1,1	6

Secador Flash Dryer				
				
Nome	A (m)	B (m)	C (m)	Potência (kW)
S-401	7,0	4,5	5,5	290