

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

BEATRIZ VIEIRA NOVAIS
FLAVIA FREITAS GUIMARÃES
FLAVIO MOSELLA NASCIMENTO
GUSTAVO HENRIQUE MARIN DOS SANTOS
MARIANA BERLANDI ROJO TAHIRA

MELLO: INDÚSTRIA DE CAFÉ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

APUCARANA

2021

BEATRIZ VIEIRA NOVAIS
FLAVIA FREITAS GUIMARAES
FLAVIO MOSELLA NASCIMENTO
GUSTAVO HENRIQUE MARIN DOS SANTOS
MARIANA BERLANDI ROJO TAHIRA

MELLO: INDÚSTRIA DE CAFÉ

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Rafael Oliveira Defendi

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Fernanda Lini Seixas

APUCARANA

72021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

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

TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

MELLO: INDÚSTRIA DE CAFÉ

Por

BEATRIZ VIEIRA NOVAIS

FLAVIA FREITAS GUIMARÃES

FLAVIO MOSELLA NASCIMENTO

GUSTAVO HENRIQUE MARIN DOS SANTOS

MARIANA BERLANDI ROJO TAHIRA

Monografia apresentada de forma remota às 14:00 horas do dia 14 de maio de 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

| | |
|---|-------------|
| Prof. Rafael Oliveira Defendi, D.Sc. Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Orientador |
| Prof. Maria Carolina Sérgi Gomes, D.Sc. Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Examinadora |
| Prof. Fernando Alves da Silva, D.Sc. Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Examinador |



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **RAFAEL OLIVEIRA DEFENDI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 14/05/2021, às 15:57, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **FERNANDO ALVES DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 14/05/2021, às 15:58, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **MARIA CAROLINA SERGI GOMES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 14/05/2021, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orcao_acesso_externo=0, informando o código verificador (informing the verification code) **2034345** e o código CRC (and the CRC code) **7947C26F**.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos dar perseverança, força e capacitação durante a jornada acadêmica.

Aos nossos familiares por todo o apoio, paciência e incentivo, durante todos esses anos.

Aos nossos professores orientadores Dr. Rafael Oliveira Defendi e Dr^a Fernanda Lini Seixas, por todo apoio, atenção e suporte fornecido durante a realização deste projeto.

A todos os professores, amigos e colaboradores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que nos auxiliaram e estiveram conosco em cada fase da graduação.

RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, ocupa ainda a segunda posição entre os países consumidores, sendo a bebida mais consumida depois da água. Minas Gerais é o líder de produção, correspondendo a 54,9% do total nacional. No estado, há a predominância de grãos arábica, os quais possuem uma alta qualidade, aroma marcante e sabor adocicado. O presente trabalho abordará o desenvolvimento do projeto da unidade industrial Mello, uma indústria produtora de café torrado e moído autossustentável em termos energéticos, pois os resíduos provenientes da sua atividade serão redirecionados para a geração de biogás. A Mello, cujo nome é uma homenagem ao sargento Francisco de Melo Palheta, que trouxe o café ao Brasil, produzirá três classes de café: o tradicional, extraforte e *gourmet*, atendendo assim um amplo público-alvo. Sua localização encontra-se na cidade turística mineira São Lourenço, famosa pela Rota do café, uma das regiões mais premiadas nos concursos de café especial. A unidade industrial Mello tem a expectativa de produção de 20 mil kg por dia. O investimento necessário para a implementação da unidade é de R\$ 21.053.516,34. Por fim, a empresa de café terá uma receita bruta anual de R\$143.746.608,14.

Palavras-chave: *Café torrado e moído. Autossustentável. Biogás. Mello.*

ABSTRACT

Brazil is the largest world coffee producer and exporter, it occupies the second position among the consuming countries, being the coffee the most consumed beverage after water. Minas Gerais is the production leader, corresponding to 54.9% of the national total. In the Minas Gerais state, there is the predominance of Arabic grains, which has a high quality, striking aroma and sweet taste. The present work will show the development of the project of the Mello industrial unit, a self-sustainable roasted and ground coffee producing industry, in energy terms, because the residues from its activity will be redirected to biogas generation. Mello, whose name is a tribute to Sergeant Francisco de Mello Palheta, who brought the coffee to Brazil, will produce three classes of coffee: the traditional, extra-strong and gourmet, thus serving a wide target audience. Its location is in São Lourenço, a town in Minas Gerais state, famous for the Coffee Route, one of the most awarded regions of special coffee contests. Mello industrial unit is expected to produce 20,000 kg per day. The investment required to implement the unit is R\$ 21,053,516.34. Lastly, the coffee company will have annual gross revenue of R\$ 143,746,608.14.

Keywords: *Roasted ground coffee. Self-sustaining. Biogas. Mello.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1- Selo comemorativo do ano de 1971 retratando o introdutor do cultivo de café no Brasil..... | 20 |
| Figura 2 - Logotipo. | 21 |
| Figura 3 - Organograma horizontal da empresa Café Mello..... | 23 |
| Figura 4 - Regiões produtoras de café | 24 |
| Figura 5 - Tipos de consumo de café em casa - pesquisa feita por amostragem | 26 |
| Figura 6 - Projeção dos próximos anos do consumo de café em pó no Brasil | 26 |
| Figura 7 - Região de São Lourenço | 28 |
| Figura 8 - Localização da unidade industrial, vista do terreno de cima | 29 |
| Figura 9 - São Lourenço no centro de uma região de raio de 40 km. | 30 |
| Figura 10 - Embalagens dos produtos da indústria Mello (a) Tradicional, (b) extraforte, (c) <i>gourmet</i> | 31 |
| Figura 11 - Características dos consumidores de café de Belo Horizonte. | 32 |
| Figura 12 - Consumo de café por região. | 33 |
| Figura 13 - Selos de sustentabilidade do Programa Cafés Sustentáveis do Brasil ... | 34 |
| Figura 14 - Diagrama das etapas de produção do café | 35 |
| Figura 15 - Diagrama de blocos dos processos da empresa Mello..... | 36 |
| Figura 16 – Modelo de lavador Maravilha. (A) Esquema da calha do lavador, (B) Detalhes da separação. | 39 |
| Figura 17 – Balanço de massa: Lavador..... | 41 |
| Figura 18 - Esquema de um despulpador de café cereja..... | 44 |
| Figura 19 – Balanço de massa: Despulpador grãos boia..... | 45 |
| Figura 20 – Balanço de massa: Despulpador grãos cereja..... | 46 |
| Figura 21 – Estrutura do fruto de café..... | 48 |
| Figura 22 – Desmucilagem mecânica: (a) vista geral do desmucilador, (b) detalhe do cilindro e do eixo, (c) cilindro separador sem a carenagem de proteção | 48 |
| Figura 23 – Balanço de massa: Desmucilador para grãos cereja | 49 |
| Figura 24 - Balanço de massa: Desmucilador para grãos boia | 50 |
| Figura 25 - Esquema geral dos resíduos gerados durante o processamento pós-colheita..... | 52 |
| Figura 26 – Balanço de massa: Secador para grãos cerejas..... | 53 |

| | |
|---|-----|
| Figura 27 - Grãos de café arábica com defeitos e grãos gourmet..... | 59 |
| Figura 28 - Estágio da cor do café durante a torrefação | 61 |
| Figura 29 – Balanço de massa: torrador do café tradicional (grão arábica)..... | 63 |
| Figura 30 – Gráfico do Excesso versus Temperatura | 68 |
| Figura 31 – Balanço de massa: torrador do café tradicional (grão conillon)..... | 66 |
| Figura 32 – Balanço de massa: Moagem do café <i>gourmet</i> | 72 |
| Figura 33 – Balanço de massa: Moagem do café tradicional | 73 |
| Figura 34 - UASB | 79 |
| Figura 35 – Balanço de massa: TAE | 80 |
| Figura 36- Balanço de massa: UASB..... | 82 |
| Figura 37 - Simulação no software COCO | 83 |
| Figura 38- <i>Parametric study</i> | 84 |
| Figura 39- Balanço de massa: LAF | 85 |
| Figura 40 - Balanço de massa: Torre de absorção e regeneração para a purificação do biogás..... | 87 |
| Figura 41- Balanço de massa: Remoção do CO ₂ | 90 |
| Figura 42 – Balanço de massa: Desumidificador | 92 |
| Figura 43 - Esquema do tratamento preliminar | 95 |
| Figura 44- Balanço de massa: grade | 96 |
| Figura 45 - Decantador cônico | 97 |
| Figura 46 - Balanço de massa: decantador..... | 97 |
| Figura 47 - Lavador/ separador Maravilha | 99 |
| Figura 48 - Despolpador Palini Alves | 100 |
| Figura 49 - Desmucilador Pinhalense | 101 |
| Figura 50 - Peneira Pinhalense | 102 |
| Figura 51 - Mesa Densimétrica Zampronio | 103 |
| Figura 52 - Seleccionadora Óptica Selgron | 104 |
| Figura 53 - Secador Rotativo Palini Alves | 105 |
| Figura 54 - Torrador Turbo Probat Leogap. | 106 |
| Figura 55 - Silo de Armazenamento mod SCTQ..... | 107 |
| Figura 56 - Moinho de martelos CP Santos Máquinas..... | 108 |
| Figura 57 - Empacotadora Fabrима Flexibag 270 | 109 |

| | |
|---|-----|
| Figura 58- Desumidificador | 117 |
| Figura 59 - Gasômetro | 118 |
| Figura 60 - <i>Flare</i> | 118 |
| Figura 61 - Detalhes da área útil e seção do canal junto à grade | 120 |
| Figura 62 - Detalhes da garganta da calha Parshall | 122 |
| Figura 63 – Esquema de um decantador primário (seção circular e quadrada) | 127 |
| Figura 64 - Reservatórios d'água | 129 |
| Figura 65 - Indústria de café Mello 1 | 130 |
| Figura 66 - Indústria de café Mello 2 | 131 |
| Figura 67 - Fluxo de Caixa Total | 136 |
| Figura 68 - Fluxo de caixa líquido: Entradas e Saídas | 137 |
| Figura 69 - Retorno do investimento ao longo do tempo (1) | 138 |
| Figura 70 - Retorno do investimento ao longo do tempo (2) | 138 |
| Figura 71 - Ponto de equilíbrio | 139 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Frações mássicas dos grãos cereja e boia. | 40 |
| Tabela 2 - Frações mássicas reais dos grãos cereja e boia..... | 41 |
| Tabela 3 - Composições e vazões das correntes 1, 2, 3 e 4 dos diferentes grãos no lavador. | 43 |
| Tabela 4 - Frações mássicas na casca e na polpa do grão boia..... | 45 |
| Tabela 5 - Composições e vazões das correntes 3, 7 e 8 do café de grãos boia no despoldador..... | 46 |
| Tabela 6 - Frações mássicas na casca e na polpa do grão cereja..... | 47 |
| Tabela 7 - Composições e vazões das correntes 4, 5 e 6 do café de grãos cereja no despoldador..... | 47 |
| Tabela 8 - Composições e vazões das correntes 6, 9 e 10 dos grãos cereja no desmucilador mecânico..... | 50 |
| Tabela 9 - Composições e vazões das correntes 8, 11 e 12 dos grãos boia no desmucilador mecânico..... | 51 |
| Tabela 10 - Composições e vazões das correntes 10, 13 e 14 no processo de secagem para o grão cereja..... | 54 |
| Tabela 11 - Composições e vazões das correntes 12, 15 e 16 no processo de secagem para o grão boia..... | 54 |
| Tabela 12 - Composições das correntes 17, 18 e 19 no processo de peneiramento dos grãos arábica..... | 58 |
| Tabela 13 - Correntes 19, 20 e 21 no processo de separador por massa dos grãos arábica. | 59 |
| Tabela 14 - Correntes 21, 22 e 23 no processo de separador por cor dos grãos arábica. | 60 |
| Tabela 15 – Composições e vazões das correntes 24, 25 e 26 do café tradicional para grãos arábica no processo de torrefação. | 65 |
| Tabela 16 – Composições e vazões das correntes 24, 27 e 28 do café extraforte para grãos arábica no processo de torrefação. | 65 |
| Tabela 17 – Composições e vazões das correntes 23, 29 e 30 do café <i>gourmet</i> para grãos arábica no processo de torrefação. | 65 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 18 – Composições e vazões das correntes 31, 32 e 33 do café tradicional para grãos conillon no processo de torrefação..... | 66 |
| Tabela 19 - Composições e vazões das correntes 34, 35 e 36 do café extraforte para grãos conillon no processo de torrefação..... | 67 |
| Tabela 20- Dados do processo de torrefação para os cafés gourmet, tradicional e extraforte | 69 |
| Tabela 21- Dados do processo de resfriamento para os cafés gourmet, tradicional e extraforte | 70 |
| Tabela 22 - Composições e vazões das correntes 30, 37 e 38 do café <i>gourmet</i> para moagem. | 73 |
| Tabela 23 - Composições e vazões das correntes 39, 40, 41 e 42 do café tradicional para moagem. | 73 |
| Tabela 24 - Composições e vazões das correntes 43, 44, 45 e 46 do café extraforte para moagem. | 74 |
| Tabela 25 - Correntes 47, 48, 49 e 50 no TAE..... | 81 |
| Tabela 26 – Correntes 50, 51, 52 e 53 no UASB. | 82 |
| Tabela 27 - Dimensões da lagoa..... | 84 |
| Tabela 28 - Remoção da DQO | 85 |
| Tabela 29 - Balanço de massa na LAF | 86 |
| Tabela 30 – Correntes 51, 51', 57 e 57' | 89 |
| Tabela 31 – Correntes 58 e 58'..... | 89 |
| Tabela 32 – Correntes 51', 51'', 59 e 59'..... | 91 |
| Tabela 33 – Correntes 51''' e 58. | 93 |
| Tabela 34 - Composição do biogás antes e depois da purificação | 93 |
| Tabela 35 - Produção e consumo de biogás | 94 |
| Tabela 36- Eficiência do gradeamento..... | 96 |
| Tabela 37 - Balanço de massa na grade..... | 96 |
| Tabela 38 - Balanço de massa no decantador | 98 |
| Tabela 39 - Volumes do TAE | 110 |
| Tabela 40 - Dimensões do TAE | 111 |
| Tabela 41 - Potência do agitador | 111 |
| Tabela 42 - Volume do UASB | 112 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 43- Área do UASB | 112 |
| Tabela 44 - Altura do UASB | 113 |
| Tabela 45 - Velocidade ascendente | 113 |
| Tabela 46 - Volume da LAF..... | 114 |
| Tabela 47- Área da LAF | 115 |
| Tabela 48 - Dimensões da LAF | 115 |
| Tabela 49 - Condições operacionais das colunas de borbulhamento | 116 |
| Tabela 50- Dimensões das colunas de borbulhamento | 116 |
| Tabela 51 - Dimensões da coluna de recheio | 116 |
| Tabela 52- Área útil do gradeamento | 119 |
| Tabela 53 – Seção do canal..... | 120 |
| Tabela 54- Largura e a altura da lâmina d'água no canal | 121 |
| Tabela 55 - Números de barras da grade | 121 |
| Tabela 56 - Números de espaçamento | 121 |
| Tabela 57 - Valores de “W” de acordo com as vazões de projeto..... | 122 |
| Tabela 58 - Alturas de lâmina d'água mínimas, médias e máximas..... | 123 |
| Tabela 59- Rebaixo do desarenador | 123 |
| Tabela 60 - Altura do desarenador..... | 124 |
| Tabela 61- Comprimento do desarenador..... | 124 |
| Tabela 62 - Largura do desarenador | 125 |
| Tabela 63- Área do decantador | 126 |
| Tabela 64 - Diâmetro do decantador..... | 126 |
| Tabela 65 - Volume de decantação..... | 127 |
| Tabela 66 - Volume do poço de lodo..... | 128 |
| Tabela 67 - Volume útil do decantador..... | 128 |
| Tabela 68 - Tempo de detenção hidráulica do decantador | 128 |
| Tabela 69 - Taxa de escoamento no vertedor..... | 129 |
| Tabela 70 - Encargos sociais e trabalhistas..... | 133 |
| Tabela 71 - Investimento Inicial..... | 134 |
| Tabela 72 - Regime tributário | 135 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 - Projeções para o café nos próximos 10 anos em milhões de sacas de 60 kg. | 25 |
| Quadro 2 - Distância em relação a São Lourenço..... | 28 |
| Quadro 3 - Características técnicas do lavador..... | 99 |
| Quadro 4 - Características técnicas do despoldador..... | 100 |
| Quadro 5 - Características técnicas do desmucilador | 101 |
| Quadro 6 - Características técnicas da peneira | 102 |
| Quadro 7 – Características técnicas da mesa densimétrica | 103 |
| Quadro 8 -Características técnicas da selecionadora óptica..... | 104 |
| Quadro 9 - Características técnicas do secador..... | 105 |
| Quadro 10 - Características técnicas do torrador..... | 106 |
| Quadro 11 - Características técnicas do silo..... | 107 |
| Quadro 12 - Características técnicas do moinho..... | 108 |
| Quadro 13 – Características técnicas da empacotadora..... | 109 |

LISTA DE SIGLAS

ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café
ARC - Águas residuárias do processamento por via semiúmida do café
COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
Conab - Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente
COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental
CSLL - Contribuição Social sobre Lucro Líquido
Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPI - Imposto sobre Produtos Industrializados
IPTU - Imposto Predial e Território Urbano
IPVA - Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
IRPJ - Imposto de Renda de Pessoa Jurídica
ISS - Imposto sobre Serviços
PCI - Poder calorífico inferior
PCS - Poder calorífico superior
PIS - Programa de Integração Social
SEBRAE- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TAE - Tanque de acidificação e equalização
TDH - Tempo de detenção hidráulica
TIR – Taxa Interna de Retorno
TMA - Taxa Mínima de Atratividade
UASB - *UpFlow Anaerobic Sludge Blanket*
VPL – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 17 |
| 2 CAFÉ | 18 |
| 2.1 CLASSIFICAÇÃO DA BEBIDA..... | 19 |
| 3 EMPRESA | 19 |
| 3.1 MISSÃO..... | 22 |
| 3.2 VISÃO | 22 |
| 3.3 VALORES | 22 |
| 3.4 ORGANOGRAMA | 22 |
| 3.5 ANÁLISE DE MERCADO | 23 |
| 3.5.1 Demanda de mercado | 23 |
| 3.5.2 Localização | 27 |
| 3.5.3 O produto | 30 |
| 3.5.4 Público alvo..... | 31 |
| 3.6 SELOS E AUTORIZAÇÕES | 33 |
| 4 OBJETIVOS | 34 |
| 4.1 OBJETIVOS GERAIS | 34 |
| 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 34 |
| 5 PRODUÇÃO INDUSTRIAL DO CAFÉ | 35 |
| 5.1 PLANTIO E COLHEITA DO CAFÉ..... | 37 |
| 5.1.1 Plantio | 37 |
| 5.1.2 Colheita..... | 38 |
| 5.2 SETOR 1000: BENEFICIAMENTO DO CAFÉ | 39 |
| 5.2.1 Área 1100: Lavagem..... | 39 |
| 5.2.1.1 Balanço de massa no lavador | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2.2 Área 1200: Despolpador | 43 |
| 5.2.2.1 Balanço de massa no despolpador | 44 |
| 5.2.3 Área 1300: Desmucilagem..... | 47 |
| 5.2.3.1 Balanço de massa no desmucilador..... | 49 |
| 5.2.4 Área 1400: Secagem | 51 |
| 5.2.4.1 Balanço de massa no secador | 53 |
| 5.2.4.2 Balanço de energia no secador | 55 |
| 5.2.5 Área 1500: Armazenagem | 56 |
| 5.2.6 Área 1600: Seleção dos grãos arábica | 57 |
| 5.2.6.1 Balanço de massa para peneiramento, separador por massa e cor..... | 57 |
| 5.3 SETOR 2000: PROCESSAMENTO DO CAFÉ..... | 60 |
| 5.3.1 Área 2100: Torrefação | 60 |
| 5.3.1.1 Balanço de massa no torrador..... | 62 |
| 5.3.1.1.1 Grãos Arábica | 63 |
| 5.3.1.1.2 Grãos Conillon..... | 65 |
| 5.3.1.2 Balanço de energia no torrador | 67 |
| 5.3.1.2.1 Fornalha | 67 |
| 5.3.1.2.2 Torrador..... | 68 |
| 5.3.2 Área 2200: Moagem | 70 |
| 5.3.2.1 Balanço de massa no moinho | 71 |
| 5.3.3 Área 2300: Envase e Armazenamento | 74 |
| 5.4 SETOR 3000: TRATAMENTO DE RESÍDUOS | 74 |
| 5.4.1 Resíduos gasosos | 75 |
| 5.4.2 Resíduos sólidos/ líquidos | 75 |
| 5.4.3 Área 3100: Produção de biogás..... | 76 |
| 5.4.3.1 Balanço de massa no TAE..... | 80 |

| | |
|---|------------|
| 5.4.3.2 Balanço de massa no UASB | 81 |
| 5.4.3.3 Balanço de energia no UASB | 83 |
| 5.4.3.4 Balanço de massa na LAF | 85 |
| 5.4.4 Área 3200: Purificação do biogás | 86 |
| 5.4.4.1 Balanço de massa nas colunas de absorção e regeneração | 86 |
| 5.4.4.2 Balanço de massa na coluna de absorção de CO₂ | 89 |
| 5.4.4.3 Balanço de massa no desumidificador | 92 |
| 5.4.5 ÁREA 3300: Tratamento da água de lavagem | 94 |
| 5.4.5.1 Balanço de massa na grade | 95 |
| 5.4.5.2 Balanço de massa no decantador | 97 |
| 6 ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS | 98 |
| 6.1 Setor 1000 | 98 |
| 6.1.1 Lavador | 98 |
| 6.1.2 Despoldador..... | 99 |
| 6.1.3 Desmucilador | 100 |
| 6.1.4 Peneira | 101 |
| 6.1.5 Mesa densimétrica..... | 102 |
| 6.1.6 Seleccionadora Óptica..... | 103 |
| 6.1.7 Secador | 104 |
| 6.2 Setor 2000 | 105 |
| 6.2.1 Torrador | 105 |
| 6.2.2 Silo de Armazenamento..... | 106 |
| 6.2.3 Moinho | 107 |
| 6.2.4 Empacotadora..... | 108 |
| 6.3 Setor 3000 | 109 |
| 6.3.1 Tanque de acidificação e equalização | 109 |

| | | |
|----------------|---|------------|
| 6.3.2 | Reatores anaeróbios de manta de lodo com fluxo ascendente | 112 |
| 6.3.3 | Lagoa aerada facultativa..... | 114 |
| 6.3.4 | Colunas de absorção e regeneração | 115 |
| 6.3.5 | Coluna de absorção de CO ₂ | 116 |
| 6.3.6 | Desumidificador | 117 |
| 6.3.7 | Gasômetro | 117 |
| 6.3.7.1 | Flare | 118 |
| 6.3.8 | Gradeamento | 119 |
| 6.3.8.1 | Grade | 119 |
| 6.3.8.2 | Desarenador | 122 |
| 6.3.9 | Decantador | 125 |
| 6.3.10 | Reservatórios de água tratada | 129 |
| 7 | PROJETO ESTRUTURAL DA MELLO | 130 |
| 7.1 | PLANTA BAIXA DA EMPRESA..... | 130 |
| 7.2 | PFD | 131 |
| 8 | ANÁLISE FINANCEIRA | 131 |
| 8.1 | Investimento Inicial..... | 132 |
| 8.1.1 | Equipamentos e estrutura física..... | 132 |
| 8.1.2 | Custos Fixos..... | 132 |
| 8.1.3 | Custos Variáveis | 133 |
| 8.2 | Capital de Giro | 134 |
| 8.5 | Tributação | 135 |
| 8.6 | Receita | 135 |
| 8.7 | Fluxo de caixa | 136 |
| 8.8 | <i>Payback</i> | 137 |
| 8.9 | Ponto de Equilíbrio | 139 |

| | |
|---|------------|
| CONCLUSÃO | 140 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 141 |
| ANEXO A | 151 |
| ANEXO B | 156 |
| APÊNDICE A - Planta baixa da empresa | 158 |
| APÊNDICE B - PFD do processo de produção | 159 |
| APÊNDICE C | 164 |
| Apêndice C.1 – Custos com Equipamentos | 165 |
| Apêndice C.2 – Investimentos Gerais | 165 |
| Apêndice C.3 – Custos com funcionários | 166 |
| Apêndice C.4 – Custos Fixos Anuais | 167 |
| Apêndice C.5 – Custo anual de energia | 167 |
| Apêndice C.6 – Custo dos insumos/materiais | 168 |
| Apêndice C.7 – Financiamento BNDES | 168 |
| Apêndice C.8 – Depreciação | 169 |
| Apêndice C.9 – Receita Bruta Anual | 169 |
| Apêndice C.10 – <i>Payback</i> | 169 |

1 INTRODUÇÃO

A origem do café não é muito clara e se baseia em lendas e teorias. Segundo uma das lendas mais aceitas, o café é uma planta originária da Etiópia, localizada no continente africano. Nessa região, existia um pastor de cabras chamado Kaldi, ele havia observado que sempre que suas cabras mastigavam os frutos de coloração amarelo-avermelhado de um determinado arbusto, ficavam mais alegres, saltitantes, com uma energia extra. Com essa percepção, o pastor levou alguns destes frutos para um monge que preparou uma bebida e, experimentando-a, percebeu que os mesmos efeitos que causavam nas cabras, o fruto causava em seres humanos. A notícia do fruto se espalhou pela região, provocando instantaneamente seu consumo e sua alta demanda pela bebida (MARTINS, 2008).

Pelas teorias encontradas, a África foi o território de origem do café, porém foram os árabes que dominaram as técnicas iniciais de plantio e preparação do produto (Associação Brasileira do Agronegócio – ABAG, 2002). A primeira região da Península Arábica a receber as sementes do fruto foi o Iêmen. Naquela época, o fruto era fervido em água e servido para fins medicinais, pois devido aos seus efeitos estimulantes, os monges utilizavam a bebida para auxiliar nas rezas e vigílias noturnas.

Em meados do século XIV, os primeiros grãos de café foram torrados para tomar a forma como conhecemos hoje, passando a ser produzido em maior escala (ABIC, 2019). O nome café vem da palavra árabe *qahwa*, que significa vinho, por esse motivo, o café era conhecido como “vinho da Arábia” quando chegou na Europa em 1615. A bebida passou a ser produzida então na Europa em 1616 pelos holandeses, que conseguiram cultivar mudas de café nas estufas do jardim botânico de Amsterdã (MARTINS, 2008).

A grande demanda de café no mercado consumidor europeu permitiu a expansão e a chegada ao Novo Mundo. Suriname, São Domingos, Cuba, Porto Rico e Guianas foram os locais para onde os colonizadores europeus levaram o café. Da Guiana Francesa, chegou ao Brasil, e, dessa forma se espalhou pelo mundo (KESKE, 2015). O Sargento-Mor Francisco de Melo Palheta foi o responsável por

trazer o café para o Brasil no ano de 1727, na cidade de Belém do Pará, por meio da Guiana Francesa (MARTINS, 2008).

O cultivo de café passou pelos estados do Maranhão, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Minas Gerais. Em um curto período de tempo, devido às condições favoráveis climáticas do país para o cultivo da planta, a produção do café se tornou a base da economia brasileira, favorecendo a exportação do produto (ABIC, 2019 a).

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. Em 2018, o país exportou 35,15 milhões de sacas de 60 kg, apresentando um crescimento de 13,7% em relação ao ano anterior (ABIC, 2019 b). O café faz parte do cotidiano do brasileiro. Além disso, é a segunda bebida mais consumida, atrás somente da água.

Segundo dados da *Euromonitor International* (2019), cada pessoa consome aproximadamente 839 xícaras por ano, culminando em um investimento de R\$ 113,00, valor maior do que o brasileiro gasta com farmácia.

Diante do quadro descrito, este trabalho propõe apresentar um projeto conceitual de uma planta industrial de produção de café, definindo-se os pormenores como, o estudo mercadológico, balanço de massa e energia do processo, análise financeira, dimensionamento e especificação dos equipamentos.

2 CAFÉ

O cafeeiro é um arbusto pertencente à família *Rubiacea*, do gênero *Coffea*, o qual apresenta 90 espécies registradas, porém apenas 25 são comercializadas, tendo como as principais o *Coffea arabica* (café arábica) e *Coffea canephora* (café robusta) (SOUZA et al, 2004).

O café arábica é uma espécie nativa das terras altas da Etiópia. Atualmente, apresenta 70% do comércio mundial, devido à sua alta qualidade, aroma marcante e sabor adocicado (SOUZA et al, 2004). Assim, os cafés requintados apresentam apenas esse tipo de grão em sua composição.

O café robusta é nativo das florestas baixas da África Equatorial. Na sua composição possui maior teor de sólidos solúveis e cafeína comparado com a espécie *Coffea arabica*, conseqüentemente apresenta maior rendimento após o

processo de torrefação, assim é muito utilizado industrialmente para misturar com o café arábica, podendo compor até 30% do produto final (SOUZA et al, 2004).

O café está presente em uma grande gama de produtos na área alimentícia, tanto como a própria bebida ou produtos que se utilizam de seu sabor característico. Há também a utilização do mesmo em áreas farmacêuticas e nos cosméticos para a extração da cafeína, já que o café é rico em tocoferóis, vitaminas e ácido clorogênico. O comércio alimentício é o setor que mais movimenta a produção de café, que por sua vez possui uma diversidade de sabores, o qual é distinguido em categorias, sendo estas: café tradicional (mistura de arábica e robusta), superior (mistura com uma maior proporção de arábica, máximo de 10% de grãos defeituosos), gourmet (100% feito de café arábica, sem frutos defeituosos) e especiais (aromas e sabores mais complexos, sustentabilidade nos processos, requisitos rígidos de classificação) (ABIC, 2019 d).

2.1 CLASSIFICAÇÃO DA BEBIDA

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a Instrução Normativa Nº 16, de 24 de maio de 2010, Art. 2º, classifica as bebidas para o café torrado em grão e para o café torrado e moído, sendo:

- a) bebida Estritamente Mole: aquela que apresenta, em conjunto, todos os requisitos de aroma e sabor "mole" mais acentuado;
- b) bebida Mole: aquela que apresenta aroma e sabor, agradável, brando e adocicado;
- c) bebida Apenas Mole: aquela que apresenta sabor levemente doce e suave, mas sem adstringência ou aspereza de paladar;
- d) bebida Duro: aquela que apresenta sabor acre, adstringente e áspero, porém não apresenta paladares estranhos;
- e) bebida Riado: aquela que apresenta leve sabor típico de iodofórmio;
- f) bebida Rio: aquela que apresenta sabor típico e acentuado de iodofórmio;
- g) bebida Rio Zona: aquela que apresenta aroma e sabor muito acentuado, assemelhado ao iodofórmio ou ao ácido fênico (BRASIL, 2010).

3 EMPRESA

O café Mello é o resultado da junção de pessoas comprometidas em levar um café de alta qualidade aos brasileiros. Os valores que guiam nossas decisões estão permeados na satisfação dos nossos clientes e nos esforços para reduzir

custos, tanto de produção como de mercado, visando assim à responsabilidade socioambiental da empresa.

Em 1971, a Caixa Econômica Federal lançou selos comemorativos que retratavam os ciclos econômicos do Brasil, conforme mostrado na Figura 1. A economia cafeeira impulsionou a industrialização do país, possibilitando também a entrada dos imigrantes e o desenvolvimento do setor ferroviário, fatores que desempenharam um papel importante para o crescimento econômico brasileiro.

Figura 1- Selo comemorativo do ano de 1971 retratando o introdutor do cultivo de café no Brasil



Fonte: Cultura Vigilenga (2019).

O nome da empresa foi escolhido em homenagem ao responsável por trazer o café para o Brasil, o sargento Francisco de Melo Palheta. Dessa forma, nomeamos a empresa Mello, uma unidade industrial que tem o orgulho de trabalhar com uma paixão nacional e um símbolo de riqueza e desenvolvimento no Brasil ao longo dos anos.

A escolha do nome é de extrema importância para o sucesso do empreendimento. De acordo com o SEBRAE (2019), um nome ideal deve ter fácil pronúncia e escrita, se diferenciar dos concorrentes e ter um apelo entre os consumidores. Deve-se confirmar a originalidade do nome. Para tal, os fundadores tiveram a cautela de pesquisar em mídias sociais e no site do Instituto Nacional de

Propriedade Industrial (INPI), órgão do governo federal que tem a responsabilidade de registrar a propriedade intelectual de marcas e patentes.

O desenvolvimento do logotipo se baseou na simplicidade e na fácil identificação do café Mello entre tantos outros na prateleira. Conforme mostrado na Figura 2, o grão torrado é a representação gráfica do principal processo, pois é na torra que as substâncias presentes no grão cru se desenvolvem, interferindo no aroma e sabor da bebida. Além disso, a letra M pode ser associada com a região de Minas Gerais, estado sede da nossa empresa.

Figura 2 - Logotipo.



Fonte: Autoria própria (2019).

Quanto às questões operacionais, a Mello pode ser caracterizada como uma indústria de grande porte, pois produzirá 20 toneladas por dia, sendo o tempo de operação da fábrica de 12 horas, dividido em 2 turnos de 6 horas com a troca de funcionários. A fábrica operará nos 262 dias úteis do ano e realizará o beneficiamento do café nos 3 meses referentes à safra.

Para o controle de Qualidade, a Mello aplicará o sistema de gestão da ISO 9001, o qual funcionará como instrumento para documentar a cultura da organização, permitindo que o negócio prospere e mantenha a qualidade dos bens e serviços prestados (CERTIFICAÇÃO ISO, 2017). Além disso, possuirá um vasto laboratório para análise de coloração, granulometria, umidade e demais parâmetros.

A escolha por capital fechado foi tomada tendo em vista que a maioria das empresas de café nacionais adota esse sistema. Por fim, o atendimento ao cliente é uma tarefa primordial, pois o nosso propósito é ter um impacto positivo na vida dos

brasileiros, levando um produto de qualidade e estabelecendo uma relação de confiança com os nossos clientes.

3.1 MISSÃO

O propósito da Mello é produzir e comercializar café torrado e moído com alta qualidade de forma segura e rentável, visando sempre um crescimento contínuo e sustentável.

3.2 VISÃO

Ser uma empresa de referência pela qualidade dos produtos e boas práticas de fabricação, de tal forma que possibilite o crescimento e a consolidação da Mello no mercado nacional.

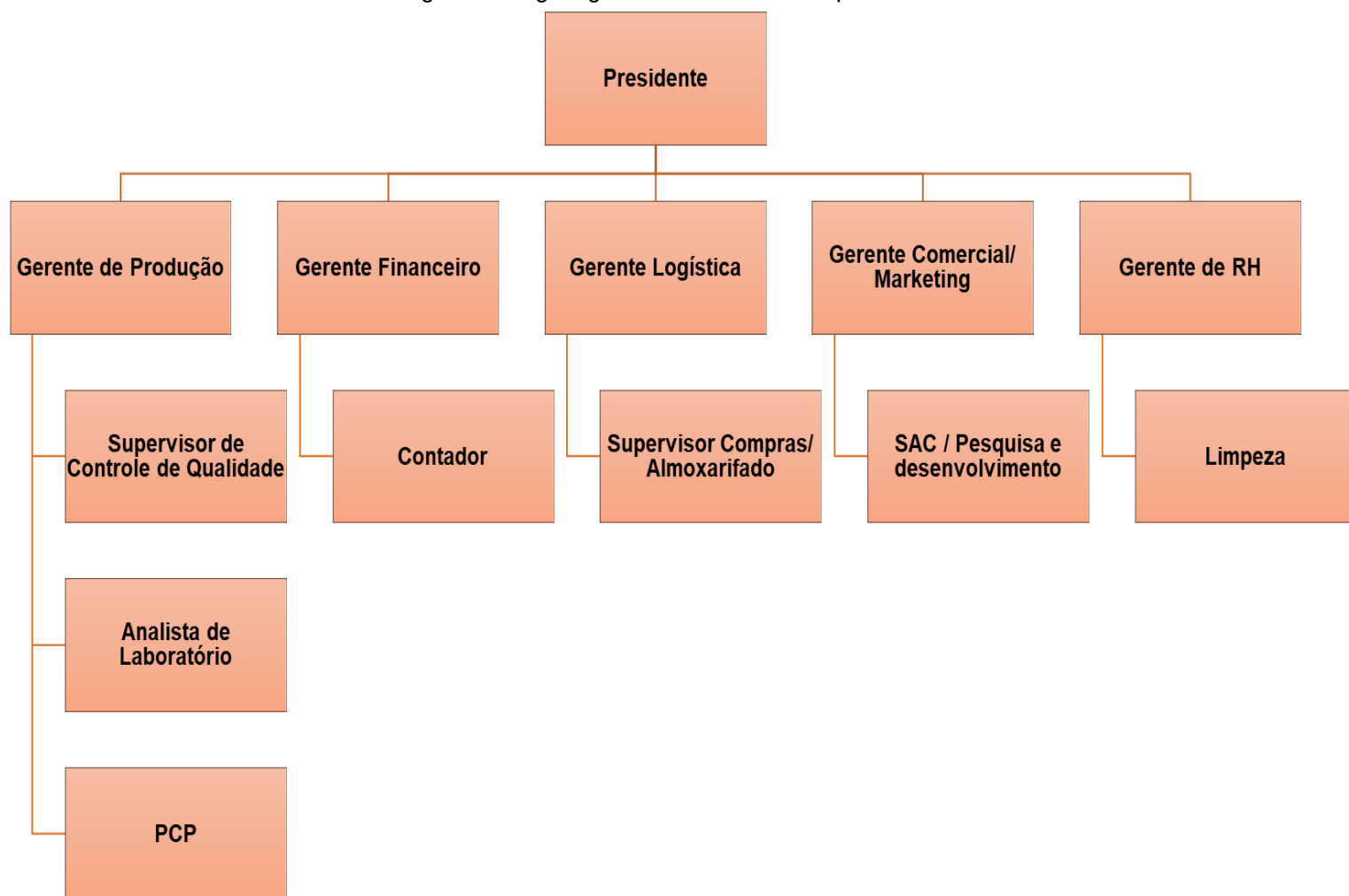
3.3 VALORES

- Ética;
- Qualidade;
- Responsabilidade Socioambiental;
- Cooperação;
- Inovação.

3.4 ORGANOGRAMA

A Café Mello prezando em seu planejamento estratégico pelo clima organizacional da empresa, adotará a seguinte estrutura hierárquica, apresentada na Figura 3, em que é composta por seis áreas, sendo estas administrativas, produção, financeira, comercial, *marketing* e recursos humanos (RH).

Figura 3 - Organograma horizontal da empresa Café Mello



*PCP – Planejamento e controle da produção.

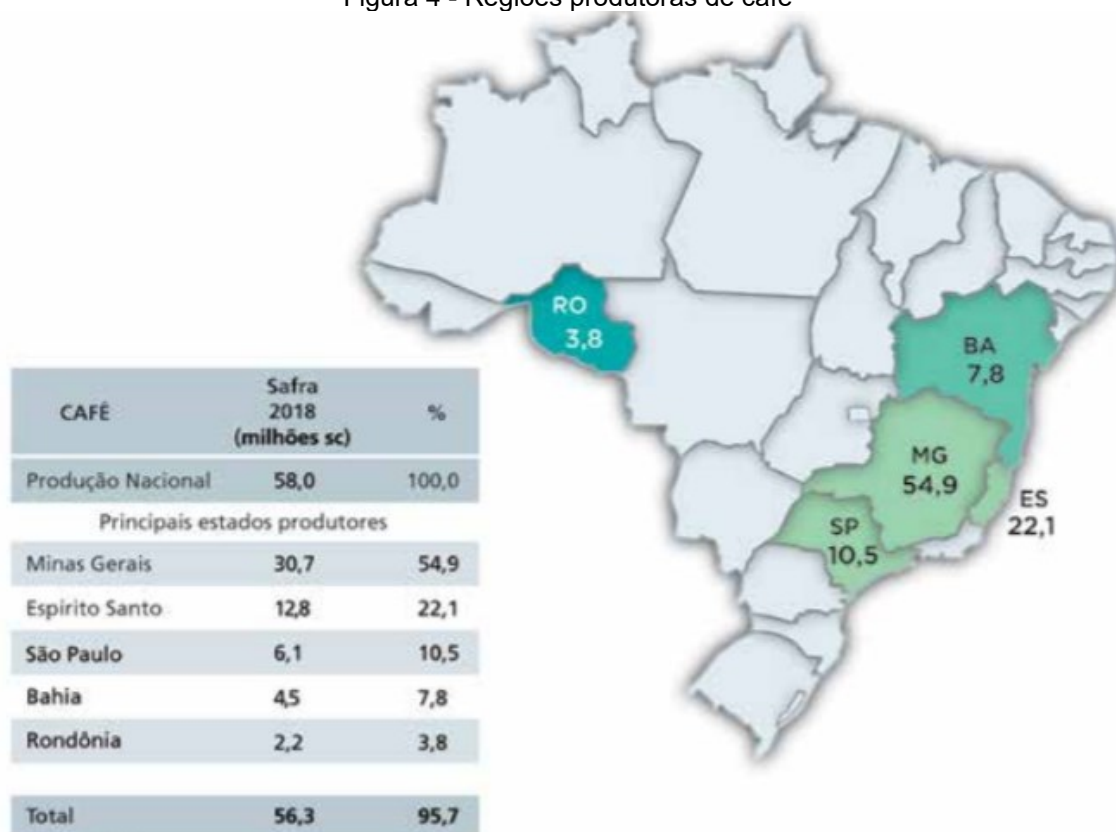
Fonte: Autoria Própria (2019).

3.5 ANÁLISE DE MERCADO

3.5.1 Demanda de mercado

O parque cafeeiro do Brasil é de 2,2 milhões de hectares. As maiores regiões produtoras se concentram nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, responsáveis por mais de 75% da produção brasileira, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Regiões produtoras de café



Fonte: BRASIL (2018)

Minas Gerais é o estado que mais produz café. Em 2018, a produção foi de 54,9% da produção nacional, com a predominância de grãos arábica; em sequência, Espírito Santo (22,1%), cujas plantações são majoritariamente de café conillon.

As projeções desse agronegócio para os próximos 10 anos são muito satisfatórias, indicando um crescimento de 23,1% em relação a 2018, conforme mostrado no Quadro 1. As estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018) mostram que a produção em 2028 deverá se situar em 71 milhões de sacas.

Quadro 1 - Projeções para o café nos próximos 10 anos em milhões de sacas de 60 kg.

| Ano | Produção | | Consumo | | Exportação | |
|------|----------|-------|----------|-------|------------|-------|
| | Projeção | Lsup. | Projeção | Lsup. | Projeção | Lsup. |
| 2018 | 58 | - | 22 | - | 29 | - |
| 2019 | 51 | 62 | 23 | 24 | 30 | 36 |
| 2020 | 60 | 72 | 23 | 25 | 30 | 39 |
| 2021 | 56 | 71 | 24 | 26 | 31 | 41 |
| 2022 | 62 | 78 | 24 | 26 | 31 | 43 |
| 2023 | 60 | 78 | 25 | 27 | 32 | 45 |
| 2024 | 65 | 84 | 25 | 28 | 32 | 47 |
| 2025 | 65 | 85 | 26 | 29 | 33 | 49 |
| 2026 | 68 | 89 | 26 | 30 | 33 | 50 |
| 2027 | 68 | 90 | 27 | 30 | 34 | 52 |
| 2028 | 71 | 94 | 27 | 31 | 34 | 53 |

Fonte: BRASIL (2018).

O consumo de café vem aumentando no mundo inteiro, com isso também há um aumento nas exportações brasileiras. O crescimento do primeiro semestre de 2019 foi de 42% em relação ao mesmo período do ano anterior, porém a preços menores devido a uma boa safra mundial. As exportações brasileiras têm destaque para os grãos verdes, principalmente o arábica, enquanto que para o café solúvel, tendo os valores próximos aos dos grãos verdes de café conilon, sendo que este só se destaca quando a bienalidade do arábica é baixa. O café torrado é exportado também, porém, em quantidades muito inferiores aos demais, representando aproximadamente 0,05% da quantidade de café exportada no mundo (CECAFE, 2019).

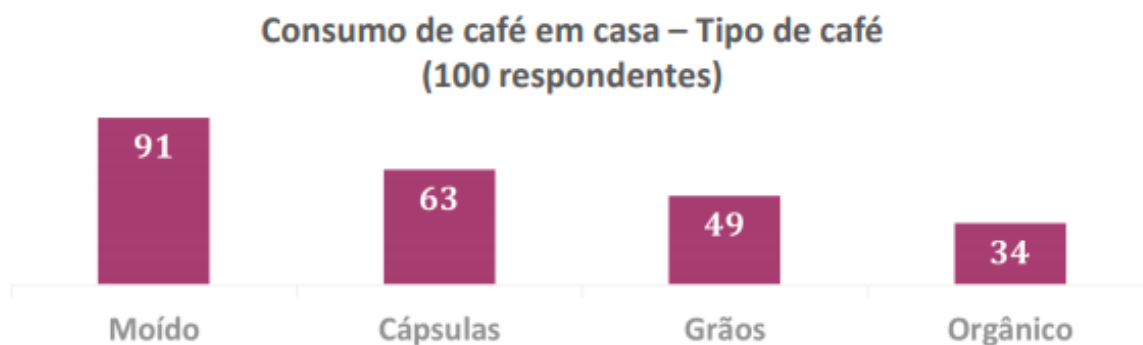
Devido ao baixo número de exportação do café torrado, deve-se olhar o mercado interno que também está crescendo. O café torrado se encontra bem próximo do grão verde nas vendas nacionais, sendo que o grão torrado tem uma projeção de crescimento de 4,3% para 2019/2020, enquanto a projeção para o grão torrado e moído tem um crescimento de 3,3% (ABIC, 2019).

Diferenciando o mercado e levando em conta a qualidade do grão, sendo as três opções tradicional, superior e *gourmet*, pode-se analisar o crescimento da fatia de mercado das categorias superiores, que representavam apenas 3% do mercado em 2016 e em 2019 chegou a 7%, e o crescimento do *gourmet* que dobrou sua

participação no mercado, já que em 2016 representava apenas 6% do mercado de café e chegou a 12% em 2019 (ABIC, 2019). O consumo de cafés de alta qualidade (superior e *gourmet*) deve ganhar mais visibilidade por grupos de pessoas que valorizam sabor e aroma diferenciados (ABIC, 2018).

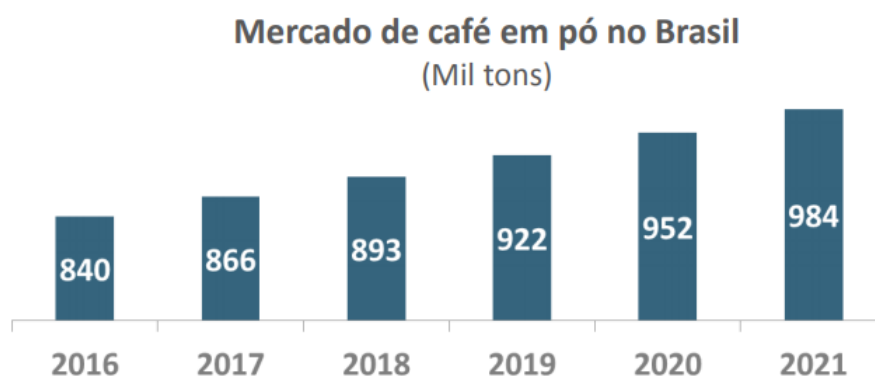
Apesar da ampliação dos outros formatos de consumo de café (cápsulas, grão e orgânico), o café moído ainda é o que perdura (observando a Figura 5). Sendo assim, os cafés Tradicional e Extraforte continuarão sendo a base da pirâmide de consumo de café. A expectativa é que siga crescendo, totalizando cerca de 80% do volume de café consumido (Figura 6).

Figura 5 - Tipos de consumo de café em casa - pesquisa feita por amostragem



Fonte: ABIC (2017).

Figura 6 - Projeção dos próximos anos do consumo de café em pó no Brasil



Fonte: ABIC (2017).

Com esses dados, a Café Mello visa produzir café para consumo nacional, produzindo as categorias de qualidade Tradicional, Extraforte e *Gourmet*, que representam juntas 93% do mercado de café em pó.

3.5.2 Localização

Após um rigoroso processo de estudo, a cidade mineira de São Lourenço foi escolhida como a sede da indústria. A concentração de matéria-prima de boa qualidade foi o fator determinante para a decisão, visando máxima rentabilidade, associada ao lucro na produção (KON, 1994).

Em 25 cidades da Serra da Mantiqueira, cerca de 9 mil produtores colhem por ano mais de 1 milhão de sacas de café. As baixas temperaturas e o solo vulcânico são diferenciais que garantem a primeira colocação para a região em concursos internacionais e nacionais (GLOBO, 2018).

De acordo com dados da CONAB (2018), durante a safra de 2018 a produção de café atingiu aproximadamente 61,7 milhões de sacas beneficiadas, a maior colheita registrada na história do grão. Deste valor, Minas Gerais registrou cerca de 32,97 milhões de sacas de arábica e 390,3 mil sacas de conillon, ou seja, ele possui quase toda a produção de café arábica e corresponde a mais de 50% da produção nacional.

Neste cenário, a localização geográfica da cidade de São Lourenço se encontra em uma posição privilegiada e estratégica por estar no centro de três grandes capitais do país, sendo elas São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro. Como podemos observar no Quadro 2, as distâncias das capitais em relação ao município são pequenas, não chegando a 300 km. Além disso, São Lourenço está próxima das principais rodovias do Sudeste brasileiro (observado na Figura 7), apontando-a como uma cidade propícia a receber a unidade produtiva da Mello.

Figura 7 - Região de São Lourenço



Fonte: PROSAS (2017).

Quadro 2 - Distância em relação a São Lourenço

| CIDADE | DISTÂNCIA (km) |
|----------------|----------------|
| Belo Horizonte | 280 |
| Rio de Janeiro | 209 |
| São Paulo | 228 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Com mais de 40 mil habitantes, São Lourenço é uma das mais conhecidas estâncias hidrominerais do Brasil, fator que atrai cerca de 600 mil visitantes por ano. Foi classificada pelo IBGE como o 2º melhor IDH de Minas Gerais, além disso, ocupou a sexta posição entre os destinos nacionais mais procurados em 2018 (CORREIO DO PAPAGAIO, 2018).

Um importante ponto turístico é a Rota do Café. O passeio é realizado em um trem Maria Fumaça, que passa pelas plantações de São Lourenço e Carmo de Minas, as quais estão entre as mais premiadas dos concursos de café especial. Um

dos concursos, o *Cup of Excellence*, deu a maior nota do mundo para um café produzido em Carmo de Minas. O recorde de 95,85 permanece inalcançável desde 2005 (CAFÉ POINT, 2018).

O ponto onde será feita a instalação da unidade industrial fica na BR-460, que liga São Lourenço e Carmo de Minas (um dos fornecedores que se encontra a 11 km). O terreno possui uma área de 40.000 m², configurando assim uma empresa de grande porte, como apresentado na Figura 8. Tendo visibilidade pública, a Mello adotará como estratégia principal a aproximação com os pequenos agricultores da região e potenciais consumidores advindos do turismo, proporcionando ganhos de flexibilidade e competitividade no atendimento ao mercado consumidor.

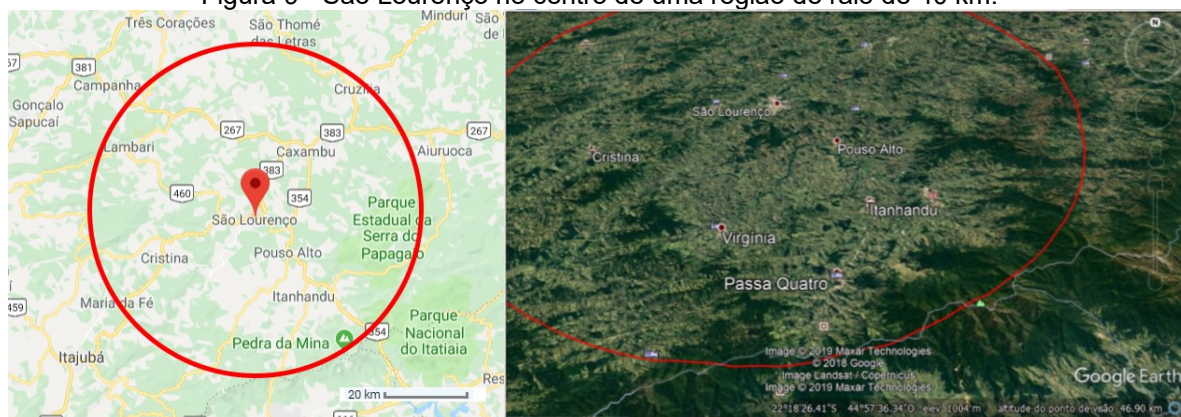
Figura 8 - Localização da unidade industrial, vista do terreno de cima



Fonte: Google Maps (2019).

Apesar da grande oferta de matéria-prima, apenas 4 empresas se localizam em um raio de 40 km de São Lourenço (Figura 9). Todavia, não são concorrentes diretos, pois são focados na comercialização de cafés especiais, cujos valores elevados limitam o público-alvo. Dessa forma, a ação estratégica da Mello é atender cerca de 280 mil consumidores em potencial, zelando por uma boa participação no mercado regional.

Figura 9 - São Lourenço no centro de uma região de raio de 40 km.



Fonte: Google Earth (2019).

Um importante fomentador da cafeicultura mineira é o programa Apoio à Cadeia Produtiva do Café, cujo objetivo é financiar, em caráter reembolsável, projetos de investimentos que contemplem a aquisição de equipamentos e infraestruturas de produção e processamento, com mecanismos de proteção como seguros agrícolas e de preços (PORTAL DA TRANSPARÊNCIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2019).

Conforme o Decreto 45.030/2009, o Estado concede crédito presumido de 1% para empresas que compram café cru direto do produtor rural de Minas Gerais, o qual é isento do ICMS. O incentivo consiste na redução da carga tributária ao empresário, desde que este promova o ressarcimento de 1% do crédito ao produtor. Dessa forma, há uma relação de benefício mútuo entre as duas partes envolvidas (MARTINS, 2018).

A Prefeitura de São Lourenço concede benefícios para a instalação de empresas não poluentes. A Lei Municipal nº 2.766 (ANEXO A) da cidade de São Lourenço garante os benefícios para a instalação de empresas de grande porte, que visam aumentar a oferta de trabalho e a arrecadação da receita pública, tendo assim a concessão de direito de uso de um terreno, doado pelo executivo municipal.

3.5.3 O produto

A indústria de café torrado e moído Mello produzirá três classes de café: o tradicional, extraforte e *gourmet*. Na Figura 10, encontram-se as ilustrações das embalagens.

Figura 10 - Embalagens dos produtos da indústria Mello (a) Tradicional, (b) extraforte, (c) gourmet



Fonte: Autoria própria (2019).

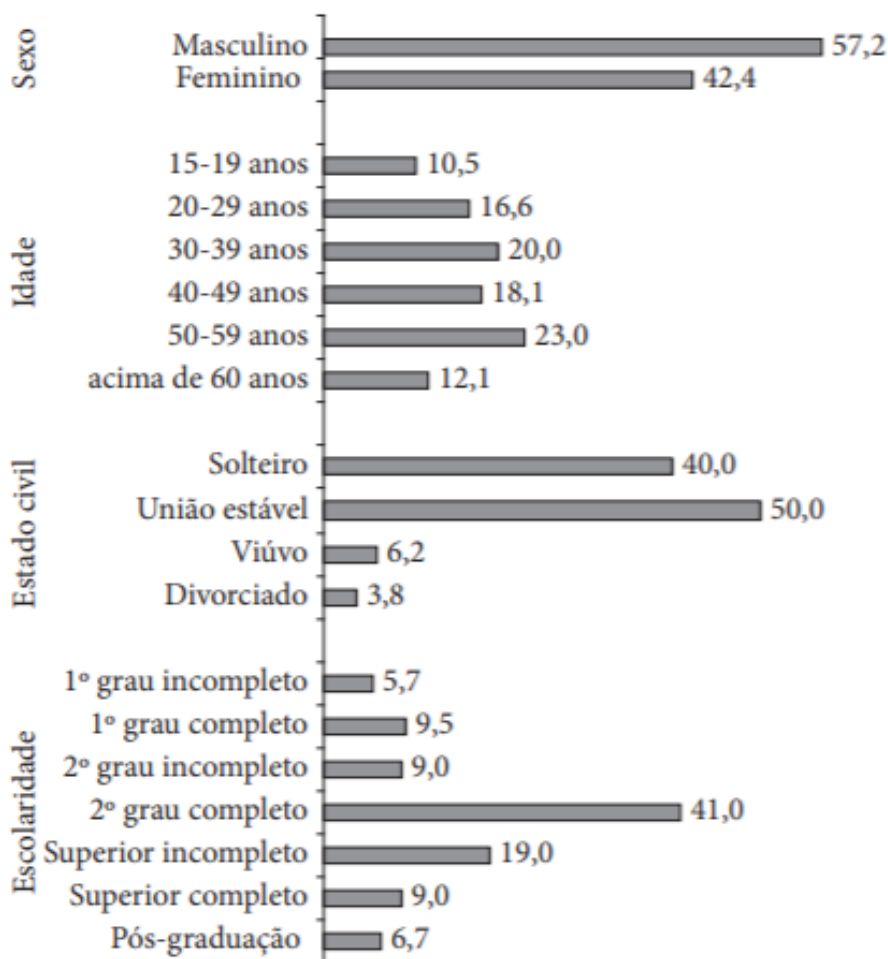
3.5.4 Público alvo

A determinação do público alvo permite que a empresa crie soluções e formas de divulgação que atinjam seus objetivos. Segundo dados da *Euromonitor International* (2019), 89% dos brasileiros acima dos 60 anos declaram tomar café todos os dias, sendo assim a faixa etária que mais aprecia nossos produtos.

Em 2009, Arruda realizou um estudo do consumo de café em Belo Horizonte, apresentado na Figura 11. Dos 250 entrevistados, 83,3% ingerem a bebida com frequência. Os consumidores de café são homens e mulheres com faixa etária entre 15 e 75 anos, com média de 41 anos e desvio padrão de 15,4.

Os dados obtidos na pesquisa possibilitam conhecer o segmento que compra café em Minas Gerais. A técnica de amostragem foi eficiente, pois selecionou um grupo heterogêneo. Pode-se notar que o café está associado à vida adulta, pois 89,9% dos consumidores possuem mais de 20 anos.

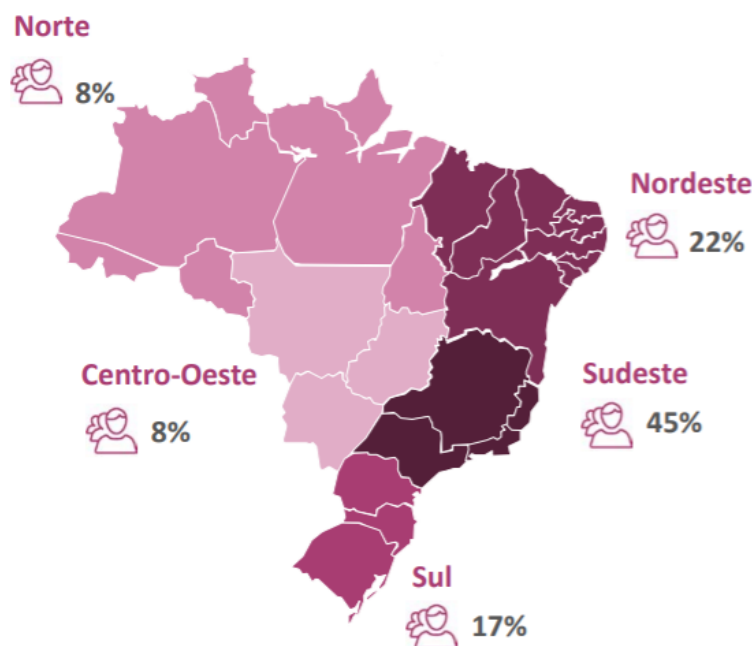
Figura 11 - Características dos consumidores de café de Belo Horizonte.



Fonte: ARRUDA (2009).

De acordo com a renda recebida, a sociedade é dividida em 5 classes: A, B, C, D e E. Uma pesquisa realizada pela *Euromonitor International* (2009) indicou que a classe B é a maior consumidora de café com 50% do total, seguida das classes C com 30% e classe A com 20%. Não foram incluídas pessoas das classes D e E no estudo (ARRUDA, 2009). A análise ainda englobou o consumo por região, conforme mostrado pela Figura 12.

Figura 12 - Consumo de café por região.



Fonte: ABIC (2017).

Como observado, o Sudeste é o maior produtor e consumidor de café. Assim, objetivando a minimização dos custos de logística, a indústria Mello comercializará para os estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Rio de Janeiro.

Com uma produção diária de 20 mil kg, a Mello buscará atender às necessidades deste grande mercado consumidor, propiciando um café com preços justos e de excelência.

3.6 SELOS E AUTORIZAÇÕES

A indústria é um setor muito importante para o desenvolvimento da sociedade. Todavia, como qualquer atividade humana, pode causar danos ao meio ambiente, principalmente se não gerida de forma adequada e consciente. A indústria de café Mello objetiva reduzir os impactos ambientais e sociais advindos de sua produção, assim pretende obter o selo do Programa Cafés Sustentáveis do Brasil (PCS) – ABIC (Figura 13), o qual certifica os produtos, promovendo a

sustentabilidade e a qualidade, desde o processo agrícola até a industrialização (ABIC, 2012).

A rastreabilidade promovida pelo programa é única no mundo. As fazendas e indústrias certificadas devem preservar o meio ambiente, adotando boas práticas de fabricação, além do respeito a todos os colaboradores envolvidos no *agrobusiness* do café. O selo ainda confere a pureza do produto, garantindo que não há adulterações ou misturas.

Figura 13 - Selos de sustentabilidade do Programa Cafés Sustentáveis do Brasil



Fonte: ABIC (2019 c).

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um projeto de uma planta industrial para a produção de café, que apresenta como diferencial o reaproveitamento de seus resíduos para geração de energia.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

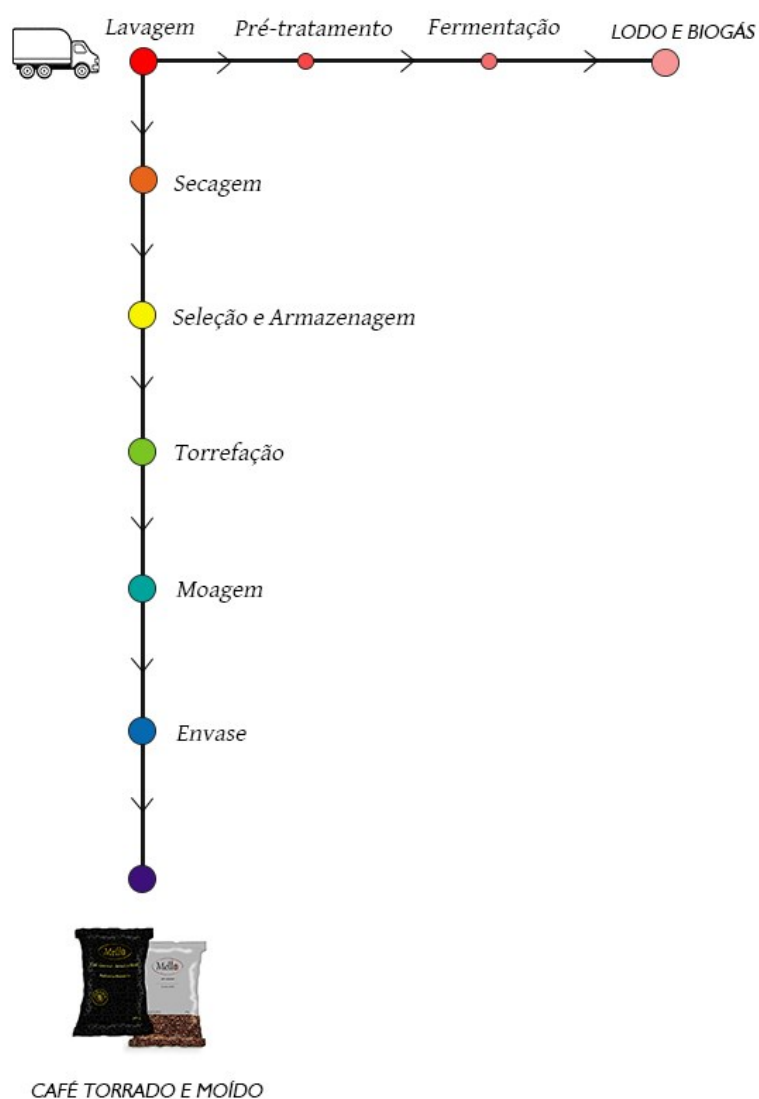
Desenvolver e projetar uma planta industrial de produção de café, englobando o estudo de mercado, o balanço de massa e energia com os cálculos dos rendimentos para configuração do processo, análise financeira, dimensionar e especificar os equipamentos inerentes ao processo, esquematizar o diagrama de

fluxo do processo, e apresentar o fluxograma com a descrição das etapas do processo.

5 PRODUÇÃO INDUSTRIAL DO CAFÉ

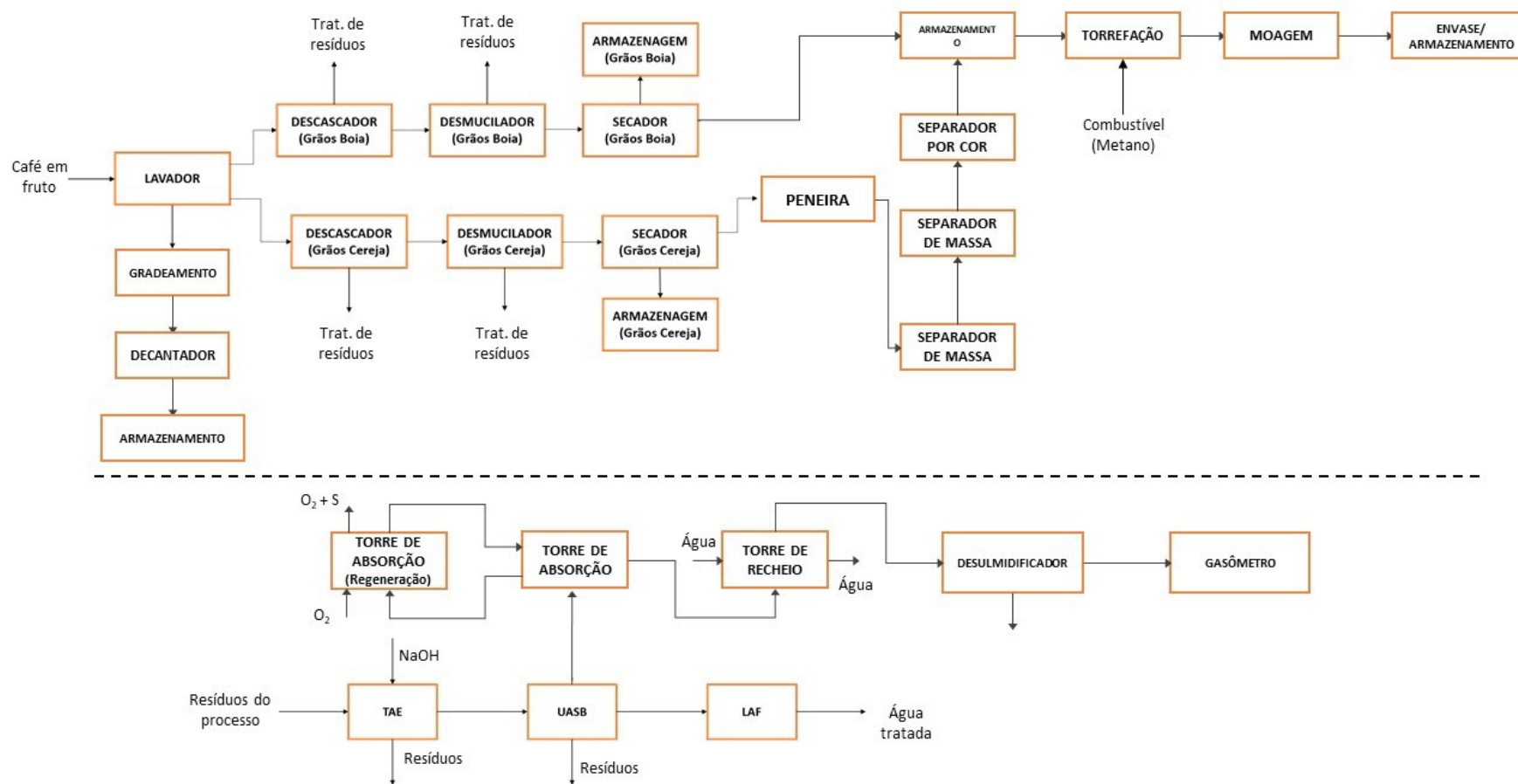
O processo produtivo da indústria de café torrado e moído Mello pode ser resumido pelo diagrama da Figura 14 e 15, ambas figuras descrevem os principais processos para o café torrado, geração do biogás e tratamento de resíduo.

Figura 14 - Diagrama das etapas de produção do café



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 15 - Diagrama de blocos dos processos da empresa Mello.



Fonte: Autoria própria (2019).

5.1 PLANTIO E COLHEITA DO CAFÉ

5.1.1 Plantio

O plantio do café envolve uma série de etapas que devem ser feitas, como: a escolha da área, o preparo, espaçamento, coveamento e por fim o plantio das mudas. Estas etapas são essenciais para que não ocorram falhas que se reflitam na qualidade do produto, na longevidade, na produtividade, entre outros aspectos (MESQUITA et al., 2016).

Para a escolha da área é importante avaliar a temperatura do local, sendo que para cada tipo de cafeeiro existem as temperaturas médias de aptidão; importante também avaliar se ocorre muita precipitação, a altitude, a umidade relativa, os ventos, o tipo de solo (características físicas, químicas e biológicas adequadas) e; a topografia. Segundo Santos (2019), não é aconselhável o uso de terrenos com declividade acima de 18%, pois isso afeta diretamente no espaçamento e na mecanização dos cuidados com o cultivo.

No preparo da área é importante observar a cobertura vegetal, se é preciso realizar a limpeza do terreno quando possui vegetação rasteira, raízes que dificultam o trabalho de demarcação. A calagem é parte do processo de preparo onde se adicionam calcário ou cal virgem para a correção do pH do solo, o que possibilita a neutralização do alumínio e do manganês tóxicos, fornecendo cálcio e magnésio para as plantas, que irão receber os nutrientes importantes para o seu desenvolvimento (MESQUITA et al., 2016). Para solos compactos, a aração deve ser feita a uma profundidade entre 20 a 30 cm (SANTOS, 2019).

A definição de espaçamento necessária na implantação do cafezal depende de alguns aspectos que influenciarão no manuseio da lavoura em diferentes anos: escolha de cultivares a serem plantadas segundo seu porte (alto, médio ou baixo), equipamentos que serão utilizados, altitude, topografia do terreno, decisão do produtor de realizar ou não a poda e controle de pragas e doenças, entre outros fatores (FERRÃO et al., 2009). Segundo Mesquita et al. (2016), para plantios em sistema motomecanizado, o espaço mínimo exigido entre os cafeeiros para o trânsito das máquinas poderá ser de 3,5 a 4,0 metros. Para plantios em sistemas

não mecanizados, o espaçamento deverá ser de 2,4 a 3,0 metros para pequeno porte; já para maior porte pode-se aumentar 0,5 m nos limites da faixa.

O coveamento é um método de fazer as covas onde serão plantadas as mudas de café. Ele pode ser feito manual ou mecanicamente tendo as dimensões recomendadas de 40 cm x 40 cm x 40 cm, em que a terra mais fértil de enchimento retirada, pode ser misturada com matéria orgânica, corretivo de solo, entre outros adubos, a fim de serem aplicados no momento do plantio da muda (SANTOS, 2019).

Após todas as etapas de preparo da área serem aplicadas, pode ser feito o plantio das mudas. Utilizam-se mudas de 4 a 6 pares de folhas previamente adaptados ao clima. A época ideal de plantio é o período chuvoso de outubro a dezembro, para a maioria das regiões cafeeiras; pois o solo deve estar úmido (MESQUITA et al., 2016).

Para manter a umidade do solo, diminuir a perda de mudas, e reduzir a propagação de ervas daninhas, é interessante fazer o uso de cobertura morta (orgânica ou inorgânica) em volta das mudas (SANTOS, 2019).

5.1.2 Colheita

Segundo Silva (2012 a), a colheita do café ocorre sete a oito meses após a floração. Nesse período, as expectativas são de que 90% dos frutos já estejam maduros, ou na fase denominada de cereja, pois a qualidade do produto final é prejudicada com a presença de frutos verdes (ORMOND et al., 1999).

As colheitas podem ser feitas com o uso de máquinas colhedoras, a dedo ou por derriça. Na derriça, os frutos podem ser derrubados tanto em uma lona plástica ou de tecido, como também no chão, porém é mais recomendado utilizar-se uma lona, pois esta acaba evitando o contato com a terra, diminuindo a existência de impurezas (SILVA, 2012 a). Na colheita a dedo, os frutos são colhidos um a um, e colocados em grandes cestos, este processo possibilita a escolha apenas de frutos maduros, o que gera uma melhor qualidade no café colhido (ORMOND et al., 1999). Já o uso de máquinas colheitadeiras vem se tornando o sistema mais utilizado, principalmente em áreas de plantio mais planas, já que estas fazem todo o processo

de derricha e recolhimento mecânico, e isso visa um maior rendimento, menor custo e menor tempo (MESQUITA et al., 2016).

Após a colheita, é importante que o café seja transportado para o processamento, pois quanto maior o tempo de permanência no campo, maiores as chances de ocorrer a proliferação de microrganismos e microtoxinas (SILVA, 2012a).

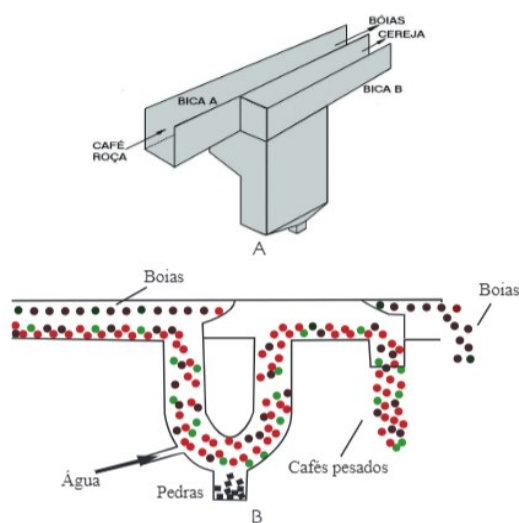
5.2 SETOR 1000: BENEFICIAMENTO DO CAFÉ

5.2.1 Área 1100: Lavagem

Antes de o grão ser seco, é necessária a remoção das impurezas (paus, pedras e afins) para diminuir o desgaste das máquinas. Para tal, é realizado o processo de lavagem, que visa também à separação dos grãos “boia” dos grãos cereja, além de possibilitar a secagem e coloração homogênea.

Em função da densidade, os cafés que flutuam na água (secos, brocados e imaturos), comumente denominados de “boias”, são separados dos frutos cerejas, os quais são mais pesados. A Mello utilizará o lavador Maravilha, que possui uma calha com fundo falso, na qual caem os cafés cereja e as impurezas pesadas. O sistema injetor de água com pressão controlada separa os cafés das pedras, direcionando-os para a calha apropriada, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Modelo de lavador Maravilha. (A) Esquema da calha do lavador, (B) Detalhes da separação.



Fonte: SILVA (2011).

5.2.1.1 Balanço de massa no lavador

O balanço de massa, de forma geral, é descrito matematicamente por meio da Equação (1).

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

No processo de produção do café não ocorrem reações químicas, portanto, os termos de geração e consumo são nulos, e considerando que todas as etapas do processo estão em regime permanente, a equação do balanço de massa se simplifica em:

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

De acordo com Abrahão et al. (2008), os grãos boias apresentam maiores indicativos físico-químicos de cafés de qualidade inferior comparados aos grãos cerejas. O comportamento das variedades do cafeeiro depende de fatores produtivos e eficiência nutricional. Um estudo realizado em Paraíso, Minas Gerais, indicou uma proporção de maturação de 38% de grãos boia e 62% de cereja, valores utilizados como referência para os cálculos. Na Tabela 1, encontram-se as composições químicas das duas diferentes maturações do café.

Tabela 1 - Frações mássicas dos grãos cereja e boia.

| | GRÃOS CEREJA | GRÃOS BOIA |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Fração mássica (%) | Fração mássica (%) |
| Água | 0,50-0,45 | 0,38-0,22 |
| Compostos Solúveis | 0,27-0,23 | 0,27-0,23 |
| Compostos Insolúveis | 0,30-0,23 | 0,50-0,40 |

Fonte: MALTA (2003).

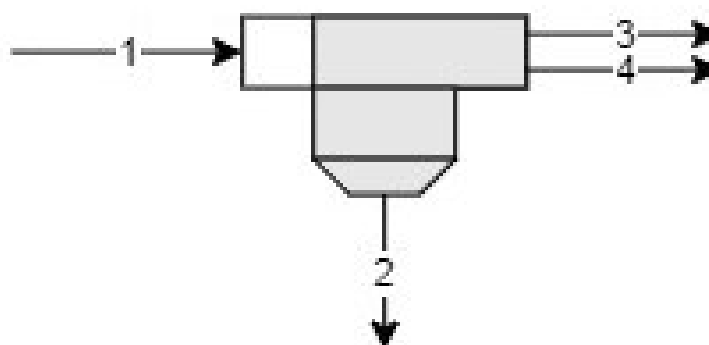
Como o balanço de massa foi iniciado no torrador, os valores encontrados para a composição dos cafés foram aproximados, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Frações mássicas reais dos grãos cereja e boia.

| | GRÃOS CEREJA | GRÃOS BOIA |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Fração mássica (%) | Fração mássica (%) |
| Água | 0,48 | 0,36 |
| Compostos Solúveis | 0,23 | 0,23 |
| Compostos Insolúveis | 0,29 | 0,41 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 17 – Balanço de massa: Lavador



C1- Café, impurezas e água. C2- impurezas e água. C3- grãos boia. C4- grãos cereja.

Fonte: Autoria própria (2019).

Como a safra do café dura 3 meses, toda a matéria-prima para a produção anual será beneficiada em 78 dias úteis. O tempo de operação do lavador será de 8 horas. Após o processo, a água será encaminhada para as lagoas de decantação, podendo assim ser reutilizada para o uso interno na unidade Mello, tanto para manutenção da limpeza quanto nas posteriores lavagens. Devido à baixa quantidade de matéria orgânica, apenas a água dos despoldadores e desmuciladores entrará no reator.

A água de lavagem passará por um tratamento preliminar como o de gradeamento para a retenção de sólidos grosseiros (paus, folhas, etc). Posteriormente, será encaminhada para os tanques de decantação.

Por dia, a corrente de entrada C1 transportará uma quantidade de 174.133,42 kg de café, 473.188,63 kg de água e 870,67 kg de impurezas, um valor

correspondente a 648.192,72 kg. A água será proveniente de um poço artesiano instalado na empresa.

- Balanço global:

$$C1 = C2 + C3 + C4 \quad (3)$$

Para o balanço de massa por componente, temos:

- Balanço por componente para as impurezas:

$$x_{impurezas}^{C1} * C1 = x_{impurezas}^{C2} * C2 + x_{impurezas}^{C3} * C3 \quad (4)$$

A Associação Brasileira da Indústria de Café estabelece um limite de impurezas de 1%. Dessa forma, determinou-se uma saída do lavador de 0,55% de pedras, folhas e demais resíduos da colheita na corrente C2. Assim, há duas saídas de café isentas de impurezas, separando os grãos boias (C3) e os grãos cerejas (C4).

A C2 é composta apenas de água e impurezas, cuja massa é de 158.600,21 kg. Como toda impureza do café será retirada na C2, a fração de impurezas na corrente 1 é de 0,13%.

- Balanço por componente para a água:

$$x_{H2O}^{C1} * C1 = x_{H2O}^{C2} * C2 + x_{H2O}^{C3} * C3 + x_{H2O}^{C4} * C4 \quad (5)$$

Um levantamento realizado no sul de Minas constatou que 54,00% das propriedades cafeeiras gastam na lavagem menos de 1,00 L de água por kg de frutos, 38,00% gastam de 1,00 a 5,00 L e 8,00% utilizam mais de 5,00 L (VILELA; RUFINO, 2010). Assim, estimou-se que na produção da Mello serão utilizados 2,50 L de água por kg de café. Tendo que a massa específica do café é de 0,92 kg L⁻¹, serão necessários 2,70 L de água, totalizando 473.188,63 L de água para a lavagem.

Conforme apresentado na Tabela 2, a porcentagem de água no café cereja é de 47,60%, enquanto que no grão boia é de 36,40%. A massa de água na corrente

do café boia corresponde à entrada de água de lavagem dividida pelas 3 correntes de saída somada a quantidade de água presente no café.

- Balanço por componente para os sólidos solúveis:

$$x_{SS}^{C1} * C1 = x_{SS}^{C2} * C2 + x_{SS}^{C3} * C3 + x_{SS}^{C4} * C4 \quad (6)$$

Conforme apresentado na Tabela 2, a porcentagem de sólidos solúveis no café cereja é de 23,30% e no boia é de 23,10%.

- Balanço por componente para os sólidos insolúveis:

$$x_{SI}^{C1} * C1 = x_{SI}^{C2} * C2 + x_{SI}^{C3} * C3 + x_{SI}^{C4} * C4 \quad (7)$$

Conforme apresentado na Tabela 2, a porcentagem de sólidos insolúveis no café cereja é de 29,13% e no boia é de 40,50%.

As frações mássicas de cada corrente do lavador estão apresentadas na Tabela 3.

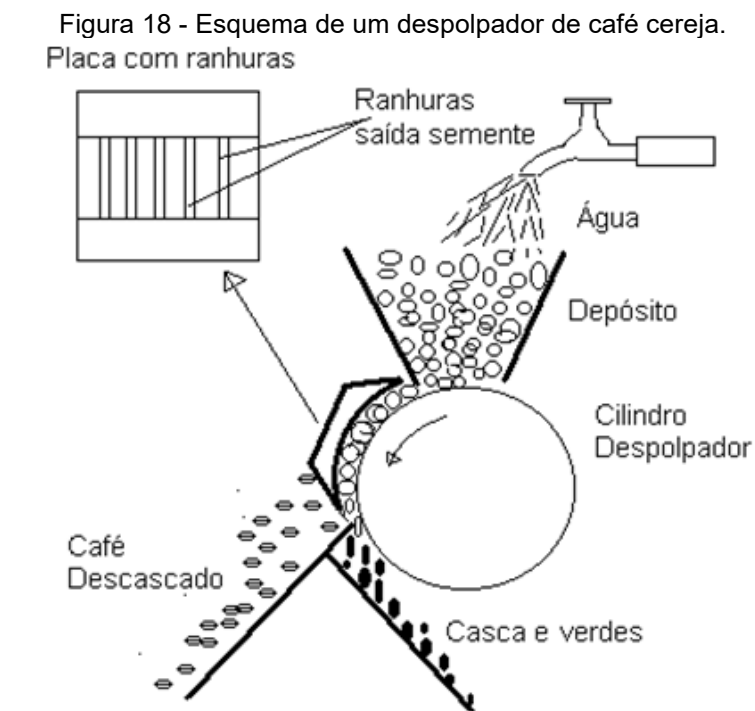
Tabela 3 - Composições e vazões das correntes 1, 2, 3 e 4 dos diferentes grãos no lavador.

| Corrente | Massa (kg) | Vazão mássica (kg min ⁻¹) | Impurezas (%) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|-----------|------------|---------------------------------------|---------------|----------|---------------------------|-----------------------------|
| C1 | 648.192,72 | 1.350,4 | 0,13 | 84,64 | 6,24 | 8,99 |
| C2 | 158.600,21 | 330,42 | 0,55 | 99,45 | - | - |
| C3 | 223.900,24 | 466,46 | - | 81,21 | 6,82 | 11,97 |
| C4 | 265.692,26 | 553,52 | - | 78,69 | 9,47 | 11,84 |

Fonte: A autoria própria (2019)

5.2.2 Área 1200: Despoldador

Como o processo escolhido é por via semiúmida, antes de passar para o processo de secagem os mesmos devem ir para os despoldadores, conforme mostrado na Figura 18. Nesse equipamento, os frutos são forçados a passar pelas frestas de uma placa vazada quando pressionadas por um cilindro.



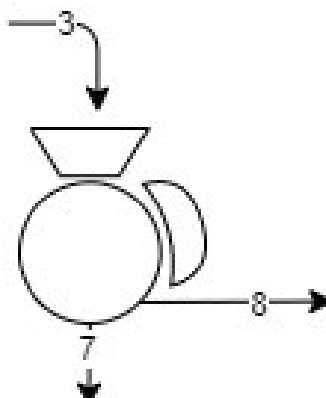
Fonte: SILVA (2001).

A casca de café pode ser destinada para adubação, alimentação de animais e como combustível para a secagem do próprio café. O café cereja, por exemplo, possui 11,40% de água, 64,60% de compostos voláteis, 4,00% de cinzas e 20,00% de carbono fixo. Os baixos teores de cinzas e de água são pontos favoráveis para a utilização desse resíduo em combustores.

5.2.2.1 Balanço de massa no despulpador

As correntes C3 e C4 passarão pelo despulpador separadamente (Figura 19). A quantidade de água de lavagem é dividida pelas 6 correntes de saída, sendo 3 correntes em cada um dos despulpadores.

Figura 19 – Balanço de massa: Despolpador grãos boia.



C3- Grãos boia. C7- Corrente destinada ao reator. C8- Corrente destinada ao desmucilador.

Fonte: Autoria própria (2019).

A porcentagem de casca no fruto de café é de 11,00% (SILVA, 2012 a). Os dados para comparação estão na Tabela 4.

Tabela 4 - Frações mássicas na casca e na polpa do grão boia

| | CASCA | POLPA |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Fração mássica (%) | Fração mássica (%) |
| Água | 0,11 | 0,58 |
| Compostos Solúveis | 0,65 | 0,06 |
| Compostos Insolúveis | 0,24 | 0,36 |

Fonte: Autoria própria (2019).

- Balanço global:

$$C3 = C7 + C8 \quad (8)$$

Para o balanço de massa por componente, temos:

- Balanço por componente para a água:

$$x_{H_2O}^{C3} * C3 = x_{H_2O}^{C7} * C7 + x_{H_2O}^{C8} * C8 \quad (9)$$

Na entrada do despolpador, a massa de café boia é de 66.170,70 kg e a fração de água é a mesma da saída do lavador, 0,36.

- Balanço por componente para os sólidos solúveis:

$$x_{SS}^{C3} * C3 = x_{SS}^{C7} * C7 + x_{SS}^{C8} * C8 \quad (10)$$

- Balanço por componente para os sólidos insolúveis:

$$x_{SI}^{C3} * C3 = x_{SI}^{C7} * C7 + x_{SI}^{C8} * C8 \quad (11)$$

As frações mássicas de cada corrente do despulpador para os grãos boias estão apresentadas na Tabela 5.

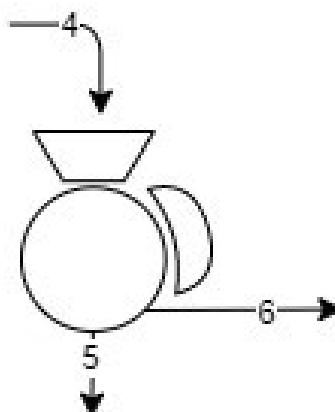
Tabela 5 - Composições e vazões das correntes 3, 7 e 8 do café de grãos boia no despulpador.

| Corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min ⁻¹) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|-----------|------------|---------------------------------------|----------|---------------------------|-----------------------------|
| C3 | 223.900,24 | 466,46 | 81,21 | 6,82 | 11,97 |
| C7 | 103.347,93 | 215,31 | 86,77 | 5,55 | 7,68 |
| C8 | 120.552,31 | 251,15 | 76,44 | 7,92 | 15,64 |

Fonte: Autoria própria (2019).

A corrente de entrada dos cafés cereja é de 107.962,00 kg, conforme Figura 20.

Figura 20 – Balanço de massa: Despulpador grãos cereja.



C4- Grãos cereja. C5- Corrente destinada ao reator. C6- corrente destinada ao desmucilador.

Fonte: Autoria própria (2019).

O balanço de massa para o segundo despulpador foi omitido, pois é análogo ao primeiro, mudando apenas a corrente de entrada. As frações mássicas correspondentes à casca e polpa do grão cereja estão na Tabela 6.

Tabela 6 - Frações mássicas na casca e na polpa do grão cereja.

| | CASCA | POLPA |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Fração mássica (%) | Fração mássica (%) |
| Água | 0,11 | 0,80 |
| Compostos Solúveis | 0,65 | 0,05 |
| Compostos Insolúveis | 0,24 | 0,15 |

Fonte: Autoria própria (2019).

As frações mássicas de cada corrente do despulpador para os grãos cereja estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Composições e vazões das correntes 4, 5 e 6 do café de grãos cereja no despulpador.

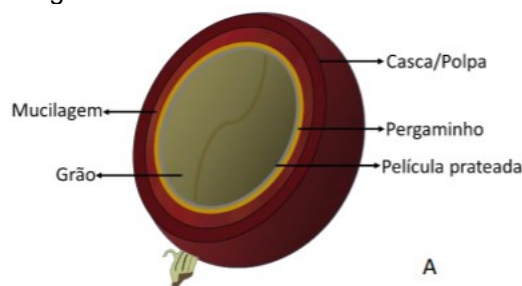
| Corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min⁻¹) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|-----------------|-------------------|--|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|
| C4 | 265.692,26 | 553,53 | 78,69 | 9,47 | 11,84 |
| C5 | 118.810,98 | 247,52 | 86,40 | 7,74 | 5,86 |
| C6 | 146.881,28 | 306,00 | 72,46 | 10,87 | 16,67 |

Fonte: Autoria própria (2019).

5.2.3 Área 1300: Desmucilagem

O fruto de café é composto por exocarpo (casca), mesocarpo (mucilagem), endocarpo (pergaminho), espermoderma (película prateada) e o embrião (grão), conforme apresentado na Figura 21. A retirada da mucilagem é necessária, por se tratar de um sistema coloidal líquido na forma de um hidrogel insolúvel, constituído por 85,00% de água e 15,00% de sólidos. Tal composição é propícia para o desenvolvimento de microrganismos e de processos fermentativos, comprometendo assim a qualidade dos grãos e conferindo um sabor indesejado de ácido fênico (LIMA, 2005).

Figura 21 – Estrutura do fruto de café.



Fonte: DURÁN, 2017.

A mucilagem pode ser removida mecanicamente em um desmucilador ou biologicamente em tanques de fermentação. O processamento em tanques requer um consumo elevado de água, cerca de 5,00 litros de água por litro de frutos processados (SILVA, 2013). Além disso, tendo em vista a rápida produção exigida industrialmente, os desmuciladores mecânicos foram escolhidos.

No desmucilador mecânico, os grãos entram pela base em um cilindro com um eixo interno rugoso que eleva os grãos até o topo. O deslocamento na água permite que a mucilagem seja removida ao passar entre o cilindro e o eixo helicoidal. Abaixo, diferentes vistas de um desmucilador mecânico (Figura 22).

Figura 22 – Desmucilagem mecânica: (a) vista geral do desmucilador, (b) detalhe do cilindro e do eixo, (c) cilindro separador sem a carenagem de proteção

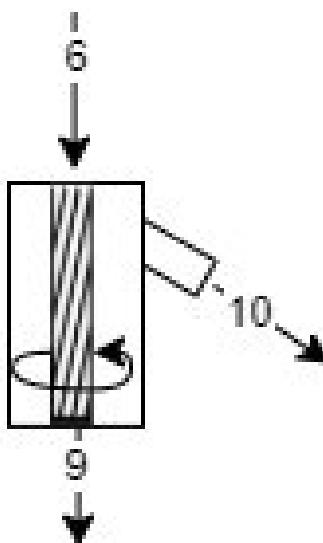


Fonte: SILVA (2013).

5.2.3.1 Balanço de massa no desmucilador

Após a retirada das cascas, o café é encaminhado para o desmucilador mecânico. A mucilagem está associada à polpa e representa 5,00% do peso seco do fruto. A Figura 23 encontra-se o balanço de massa para o desmucilador para grão cereja.

Figura 23 – Balanço de massa: Desmucilador para grãos cereja



C6- Corrente vinda do despulpador. C9- Corrente destinada ao reator. C10- Corrente destinada ao secador.

Fonte: Autoria própria (2019).

- Balanço global:

$$C6 = C9 + C10 \quad (12)$$

Para o balanço de massa por componente, temos:

- Balanço por componente para a água:

$$x_{H_2O}^{C6} * C6 = x_{H_2O}^{C9} * C9 + x_{H_2O}^{C10} * C10 \quad (13)$$

- Balanço para sólidos solúveis:

$$x_{SS}^{C6} * C6 = x_{SS}^{C9} * C9 + x_{SS}^{C10} * C10 \quad (14)$$

- Balanço para sólidos insolúveis:

$$x_{SI}^{C6} * C6 = x_{SI}^{C9} * C9 + x_{SI}^{C10} * C10 \quad (15)$$

Dessa forma, as composições e vazões das correntes no desmucilador para os grãos cereja se encontram na Tabela 8.

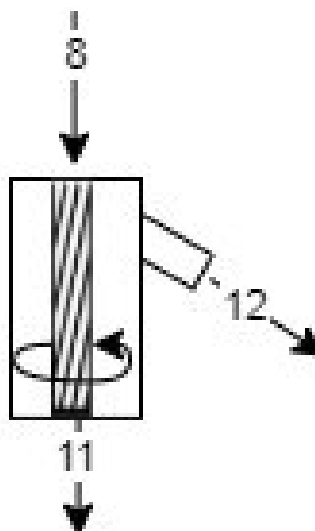
Tabela 8 - Composições e vazões das correntes 6, 9 e 10 dos grãos cereja no desmucilador mecânico.

| Corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min ⁻¹) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|------------|------------|---------------------------------------|----------|---------------------------|-----------------------------|
| C6 | 146.881,28 | 306,00 | 72,46 | 10,87 | 16,67 |
| C9 | 89.543,36 | 186,55 | 97,75 | 0,67 | 1,58 |
| C10 | 57.337,92 | 119,45 | 32,95 | 26,80 | 40,25 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Na Figura 24 está representado o balanço de massa no desmucilador para grãos boia.

Figura 24 - Balanço de massa: Desmucilador para grãos boia



C8- Corrente vinda do despoldador. C11- Corrente destinada ao reator. C12- Corrente destinada ao secador.

Fonte: Autoria própria (2019).

Dessa forma, as composições e vazões das correntes para os grãos boia estão na Tabela 9.

Tabela 9 - Composições e vazões das correntes 8, 11 e 12 dos grãos boia no desmucilador mecânico.

| Corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min ⁻¹) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|------------|------------|---------------------------------------|----------|---------------------------|-----------------------------|
| C8 | 120.552,31 | 251,15 | 76,44 | 7,92 | 15,64 |
| C11 | 85.409,72 | 177,94 | 97,36 | 0,46 | 2,18 |
| C12 | 35.142,60 | 73,21 | 25,61 | 26,03 | 48,36 |

Fonte: Autoria própria (2019).

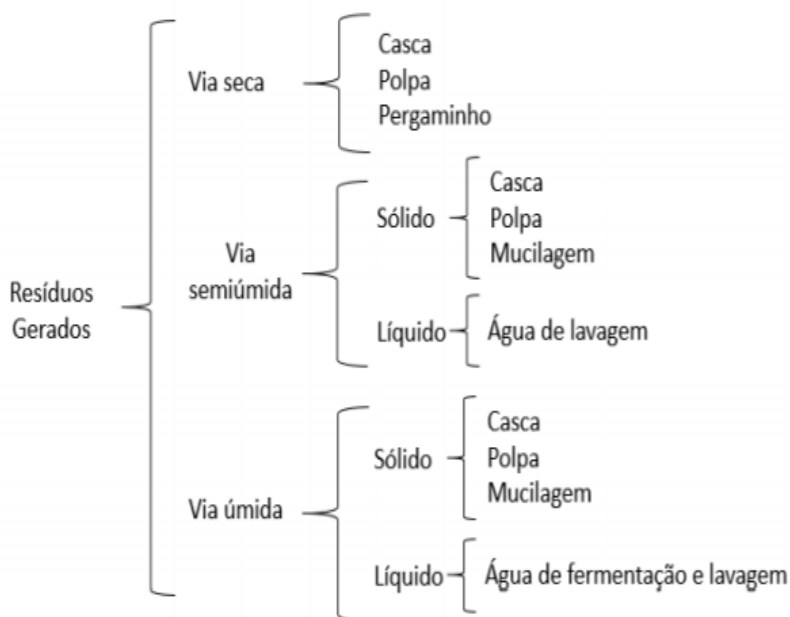
5.2.4 Área 1400: Secagem

Posteriormente à colheita, os grãos devem ser transportados para os lavadores ou local seco, sem amontoá-los, pois, decorrentes seis horas o café começa a entrar no processo de fermentação, afetando a qualidade (ORMOND et al., 1999).

O preparo pós-colheita pode ser realizado de três formas (Figura 25):

- **Via seca-** Os frutos são expostos para secar em locais planos (terreiros), sem a eliminação das cascas.
- **Via úmida-** Os frutos são adicionados em tanques de água, no qual permanecem por 18 a 24 horas para a eliminação das cascas e da mucilagem, obtendo-se assim um café mais ácido.
- **Via semiúmida-** Primeiramente, os frutos passam pelo processo de lavagem para a eliminação das impurezas. No lavador também ocorre a separação dos frutos boias e cerejas, os quais seguem separadamente para o despulpador e desmucilador mecânico. Posteriormente, há o processo de secagem, o qual pode ocorrer em terreiros ou secadores. Já os frutos verdes são levados para o terreiro, onde ocorre uma secagem lenta e depois são colocados nos secadores.

Figura 25 - Esquema geral dos resíduos gerados durante o processamento pós-colheita.



Fonte: DURAN et al. (2017).

O processo escolhido foi por via semiúmida, pois o gasto de água é menor se comparado à via úmida, que utiliza tanques de fermentação para a retirada da mucilagem.

A secagem é responsável por reduzir o teor de umidade dos grãos e influencia diretamente na qualidade do produto final, pois quando ocorrem de forma adequada os grãos não quebram a sua estrutura celular, mantendo-se a cor uniforme na torrefação, conseqüentemente mantém as características do sabor e aroma (ORMOND et al., 1999).

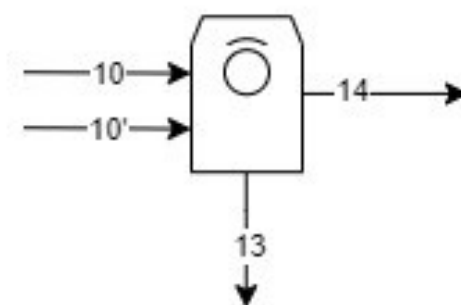
O café deve ser seco em baixas temperaturas, visto que o mesmo suporta a temperatura de 40 °C para sua secagem por apenas um ou dois dias, aumentando em 10 °C, esse tempo diminui para poucas horas e ao aumentar mais 10 °C, o grão suporta menos de uma hora sem ser danificado (SILVA, 2001).

Depois de seco, o grão está pronto para ser armazenado. Este processo deve ser feito com muito cuidado, para manter a qualidade do grão e evitar a proliferação de fungos e ataque de roedores.

5.2.4.1 Balanço de massa no secador

O processo de secagem é responsável por reduzir o teor de umidade do grão, o mesmo deve sair do secador com 12,00% de água em base seca. Ao eliminar certo teor de água, há também a perda de compostos orgânicos que são facilmente volatizados (AGNOLETTI, 2015). A empresa Mello propõe uma duração de secagem dos grãos de 8 horas por dia, operando continuamente. Na Figura 26, encontra-se o balanço de massa para o secador (grãos cerejas).

Figura 26 – Balanço de massa: Secador para grãos cerejas.



C10- Corrente proveniente do desmucilador. C10'- Ar proveniente do torrador. C13- Massa evaporada mais ar. C14- Corrente destinada ao estoque.

Fonte: Autoria própria (2019).

As equações dos balanços de massa seguem abaixo.

- Balanço global:

$$C10 = C13 + C14 \quad (16)$$

Para o balanço de massa por componente, temos:

- Balanço por componente para a água:

$$x_{H_2O}^{C10} * C10 = x_{H_2O}^{C13} * C13 + x_{H_2O}^{C14} * C14 \quad (17)$$

- Balanço para sólidos solúveis:

$$x_{SS}^{C10} * C10 = x_{SS}^{C13} * C13 + x_{SS}^{C14} * C14 \quad (18)$$

- Balanço para sólidos insolúveis:

$$x_{SI}^{C10} * C10 = x_{SI}^{C13} * C13 + x_{SI}^{C14} * C14 \quad (19)$$

As composições e vazões das correntes na secagem do grão cereja estão na Tabela 10.

Tabela 10 - Composições e vazões das correntes 10, 13 e 14 no processo de secagem para o grão cereja.

| Corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min ⁻¹) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|-------------|------------|---------------------------------------|----------|---------------------------|-----------------------------|
| C10 | 57.337,92 | 119,45 | 32,95 | 26,80 | 40,25 |
| C10' | 45.480,00 | 94,75 | 2,14 | - | - |
| C13 | 64.672,23 | 134,73 | 24,49 | 6,69 | - |
| C14 | 38.145,69 | 79,47 | 10,56 | 28,94 | 60,50 |

Fonte: Autoria própria (2019).

De forma análoga, os balanços da secagem para os grãos boias envolverão as seguintes correntes:

As composições e vazões das correntes na secagem do grão boia estão na Tabela 11.

Tabela 11 - Composições e vazões das correntes 12, 15 e 16 no processo de secagem para o grão boia.

| Corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min ⁻¹) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|-------------|------------|---------------------------------------|----------|---------------------------|-----------------------------|
| C12 | 35.142,60 | 73,21 | 25,61 | 26,03 | 48,36 |
| C12' | 45.480,00 | 94,75 | 2,14 | - | - |
| C15 | 52.529,31 | 109,44 | 13,34 | 1,93 | - |
| C16 | 28.093,29 | 58,53 | 10,56 | 28,94 | 60,50 |

Fonte: Autoria própria (2019).

5.2.4.2 Balanço de energia no secador

A temperatura de equilíbrio é aquela onde o grão e o ar apresentam a mesma temperatura, para calcular a mesma utilizou-se da Equação 20, dada por Thompson, Peart e Foster (1968). A vazão de ar e a temperatura da mesma foi determinada no torrador, enquanto a vazão de grãos foi determinada pela quantidade de grãos a ser processada por dia.

$$T_e = \frac{[(0,24 + 0,45 W_0) * T_0 + Cp_{café} * R(1 + U) * T_{co}]}{[0,24 + 0,45 W_0 + Cp_{café} * R(1 + U)]} \quad (20)$$

Em que:

T_e é a temperatura de equilíbrio, dada em °C.

W_0 é a umidade absoluta do ar, dado em g kg⁻¹;

T_0 é a temperatura de entrada do ar, dada em °C;

$Cp_{café}$ é a capacidade calorífica do café, dada em J kg⁻¹ K⁻¹;

R é a razão massa de café sobre a massa de ar, dada em kg kg⁻¹;

U é a umidade do grão, dada em kg kg⁻¹;

T_{co} é a temperatura de entrada do café, dada em °C.

A temperatura de equilíbrio encontrada foi de aproximadamente 46,85 °C. A partir deste valor, pode-se calcular o teor de água do café utilizando a Equação 21 (ARTEAGA, 1986).

$$Ue = 1,1298 \frac{-\ln(1 - UR)^{0,5405}}{T_{eq} + 40,535} \quad (21)$$

Em que:

Ue é o teor de água do café na condição de equilíbrio higroscópico, em base seca;

UR é a umidade relativa para condição de equilíbrio;

T_{eq} é a temperatura do ar na condição de equilíbrio higroscópico em °C.

O teor de água do café em equilíbrio encontrado foi de aproximadamente $8,20E-3$. Como a umidade final do grão desejado é de 0,12% em base seca, pode-se substituir os valores na equação abaixo para poder encontrar a razão de umidade do produto.

$$RU = \frac{U^* - U_e^*}{U_i^* - U_e^*} \quad (22)$$

Em que:

RU é a razão de umidade;

U^* é o teor de água do produto em % de b.s.;

U_i^* é o teor de água inicial do produto em % de b.s.;

U_e^* é o teor de água de equilíbrio do produto em % de b.s..

A razão de umidade obtida foi de aproximadamente 0,58, utilizando o modelo modificado de Midilli por Ghazanfari et al. 2006, onde os parâmetros utilizados foram $k = 0,1698$, $c = 0,6873$, $b = -2,10E-3$, e igualando a equação ao valor do RU pode-se encontrar o tempo de secagem.

$$MR = e^{-kt^c} + bt \quad (23)$$

Com isso pode-se encontrar o tempo de residência, ou seja, o tempo que o grão permanecerá dentro do secador, que é equivalente a 5,12 min, para a vazão estimada de 120 kg min^{-1} , os mesmos cálculos foram realizados para o grão boia com a mesma vazão estimada, porém não houve uma diferença significativa.

5.2.5 Área 1500: Armazenagem

O local onde o café vai ser armazenado deve ser limpo, bem ventilado e abrigado do sol e da chuva. O armazenamento na Mello será de grão de café a granel beneficiado e em sacas. No armazenamento a granel, os silos são dotados de termometria para manter os grãos em temperatura e umidade ideais, todos com medidores de vazão mássica, para um maior controle de estoque e de qualidade

para o processo de torrefação. A vantagem da armazenagem em silos é que requer menor mão de obra (REGINATO et al., 2018).

O piso do armazém será de concreto, e o mesmo será impermeável. Dentro do armazém, haverá espaços vazios para corredores, facilitando a inspeção e o manuseio do produto. As sacas irão armazenar os grãos separados para a produção do café *gourmet*, pois as mesmas possibilitam uma inspeção mais fácil, sendo assim um controle maior da qualidade do produto *gourmet*.

5.2.6 Área 1600: Seleção dos grãos arábica

É necessário mensurar a qualidade da matéria-prima, principalmente do café beneficiado, para que os melhores grãos sejam destinados para a torra do café *gourmet*.

A classificação de café beneficiado segue a Instrução Normativa Nº 08 de 11 de junho de 2007, estabelecida pelo Mapa, que elaborou o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para Classificação de Café Beneficiado Cru.

5.2.6.1 Balanço de massa para peneiramento, separador por massa e cor

Os grãos são classificados segundo seu formato em chatos e moca. Para granulometria de grãos chatos, empregam-se peneiras de crivo circular (as medidas dos crivos é dada em frações de 1/64 de polegada e o número correspondente da peneira é dada pelo numerador da fração, ou seja, uma peneira 11 é equivalente a um crivo de 11/64 de polegada) sendo que para classificar grãos graúdos empregam-se as peneiras 17, 18 e 19. Para os grãos médios utilizam-se peneiras 15 e 16 e grãos miúdos peneiras igual ou menor que 14. Para os grãos moca são utilizadas as peneiras de crivos oblongos, sendo para moca graúdo peneiras 11, 12 e 13, moca médio peneira 10 e moca miúdo peneira igual ou menor que 9 (SILVA, 2015).

- Balanço global:

$$C17 = C18 + C19 \quad (24)$$

Tabela 12 - Composições das correntes 17, 18 e 19 no processo de peneiramento dos grãos arábica.

| Corrente | Massa (kg) |
|-----------------|-------------------|
| C17 | 179,45 |
| C18 | 3,59 |
| C19 | 175,87 |

Fonte: Aatoria própria (2019).

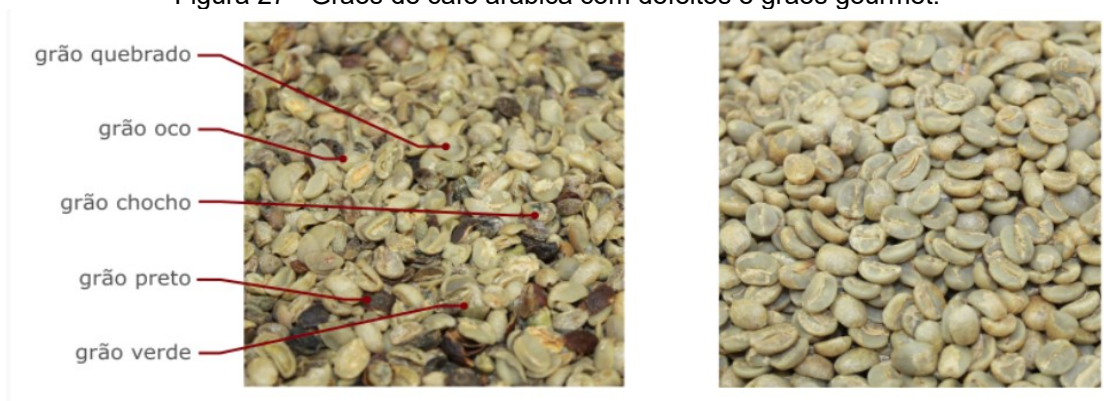
O café *gourmet* requer uma avaliação contínua para que seja garantida a torra dos melhores grãos. Assim, é analisado um lote de 179,45 kg de café. Por não apresentar a granulometria desejada, a corrente C18 volta para o estoque de grãos arábica, enquanto que a corrente C19 é direcionada para a análise de coloração.

No peneiramento, considerou-se que 98% da amostra apresenta uma granulometria adequada.

Os grãos selecionados são separados novamente segundo o critério de defeitos observados (Figura 27). O café *gourmet* deve ser 100% arábico e possuir o menor número de grãos defeituosos possíveis (RESERVA GOURMET, 2018). Os impactos negativos que os defeitos causam são:

- Grãos verdes: sabor adstringente, áspero;
- Grãos quebrados ou ocos: acabam torrando mais, ficando com sabor de queimado;
- Grãos chochos ou mal granados: falta de sabor;
- Grãos pretos ou ardidos: sabor indesejável, lembrando iodofórmio.

Figura 27 - Grãos de café arábica com defeitos e grãos gourmet.



Fonte: RESERVA GOURMET (2018).

Foi considerada uma porcentagem de 12,00% de cafés com defeitos, os quais voltam para o estoque, pois podem ser utilizados na produção de café tradicional e extraforte. O balanço para a o separador por massa se encontra abaixo.

- Balanço global:

$$C19 = C20 + C21 \quad (25)$$

Tabela 13 - Correntes 19, 20 e 21 no processo de separador por massa dos grãos arábica.

| Corrente | Massa (kg) |
|------------|------------|
| C19 | 175,87 |
| C20 | 21,10 |
| C21 | 154,76 |

Fonte: Autoria própria (2019).

A cor do café influencia na avaliação de seu aspecto. São classificados em: verde azulada ou verde cana (característica de café despulpado ou degomado), verde, amarelada (indicativo de grãos envelhecidos de safras anteriores), amarela, marrom, chumbado, esbranquiçada e discrepante (SILVA, 2015).

De acordo com pesquisa de campo, há uma perda de 16,00% de cafés que não atendem a coloração requerida. O balanço para o separador por cor dos grãos arábica se encontra abaixo.

- Balanço global:

$$C21 = C22 + C23 \quad (26)$$

Tabela 14 - Correntes 21, 22 e 23 no processo de separador por cor dos grãos arábica.

| Corrente | Massa (kg) |
|-----------------|-------------------|
| C21 | 154,76 |
| C22 | 24,76 |
| C23 | 130,00 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Os grãos da corrente C23 serão redirecionados ao torrador para a produção do café *gourmet*.

5.3 SETOR 2000: PROCESSAMENTO DO CAFÉ

5.3.1 Área 2100: Torrefação

Na torrefação, são normalmente empregados torradores com o princípio de funcionamento a partir da troca de calor por condução ou por convecção. No processo por condução, a transferência de calor ocorre por meio da superfície metálica aquecida de uma cuba. Já nos trocadores por convecção, utilizam-se misturas de gases ou ar aquecidos aproximadamente a 450 °C. O tempo de torra pode variar entre 3 a 20 minutos dependendo do tipo de bebida desejada (SILVA, 2012a).

A torrefação é a fase determinante na característica da bebida. Segundo Elías (2011, apud Sivetz e Desrosier 1979), no torrador ocorre primeiramente uma secagem dos grãos, liberando compostos voláteis e passando da cor verde para amarelo. Posteriormente, acontece uma reação de pirólise, a qual modifica a composição química dos grãos e libera dióxido de carbono. Nesse processo, os grãos de café passam de marrom claro para escuro devido à caramelização dos açúcares. Imediatamente ao sair do torrador, ocorre a injeção de ar frio ou aspersão de água, para que o produto não seja carbonizado.

Os graus de torra determinam o tipo de bebida e podem ser classificados como claro, médio e escuro. A torra clara tem uma acidez acentuada e sabor menos

amargo. O grau médio possui aroma e sabor acentuado, enquanto a torrefação escura possui um sabor amargo e pouca acidez (BASSETO, 2016). A Figura 28 apresenta os estágios da cor do café durante a torrefação.

Após o processo de torrefação, dependendo do tipo da bebida desejada os grãos podem ser submetidos à formação de *blends*. Os *blends* são a combinação de duas espécies diferentes de café, objetivando assim o equilíbrio entre corpo, acidez e doçura (EUGÊNIO, 2011).

Figura 28 - Estágio da cor do café durante a torrefação

| Estágio | Propriedades dos grãos | Perda de Massa | Número Agtron | Temperatura (°C) (F) | Aparência do grão |
|------------------|--|----------------|---------------|----------------------|--|
| Cru | Grão cru tem 12% de água /massa. | 0.0% | 99-81 | Temp. ambiente | verdes. |
| Cinnamon | Vapores voláteis causam a expansão dos grãos. | 13.0% | 80-75 | 90-130 | Marrom claro. Corpo claro, mínimo aroma, sabor parecido com chá. Nenhum óleo na superfície do grão. |
| American | Os grãos ainda estão expandindo. Este é o estágio em que o primeiro <i>crack</i> começa. Acidez mais alta do que açúcar. | 14.0% | 74-65 | 170-190 | Marrom escuro. Grande em tamanho. Evidente acidez, Superfície do grão mantida seca. |
| City | Grão quase no máximo de expansão. O estágio do <i>crack</i> encerra. | 15.0% | 64-60 | 210-220 | Rachaduras no grão devido a liberação de gases. |
| Full City | Máxima expansão dos grãos. Balanço de ácidos açúcares. Inicia o estágio do segundo <i>crack</i> . | 16.5% | 60-50 | 224-230 | Lascaas do grão começam a voar. Óleo está levemente visível. Acidez balanceada, corpo mais completo. Superfície do grão geralmente seca. |
| Vienna | Mais gases são liberados. O estágio do segundo <i>crack</i> encerra. | 17.0% | 49-45 | 230-235 | Marrom mais escuro. Grãos tem óleo sobre si. Emerge amargor adocicado. Baixa acidez, corpo pesado. |
| Espresso | Decresce os aromas Açúcares carameliza. | 18.0% | 44-35 | 235-240 | Preto com manchas de óleo, superfície brilhante. Amargor doce domina a acidez. |
| French | Ácidos decresce radicalmente. Açúcares carameliza. | 19.0% | 34-25 | 240-246 | Preto escuro. Muito óleo. Cheiro de queimado. Coberto com óleo. Tons de amargo domina. Corpo fino. |
| Italian | Grãos perdem o sabor característico do café. | 20.0% | 24-15 | 246-265 | Preto. Superfície brilhante. Tons amargo queimado dominam. |

Fonte: MELO (2004).

5.3.1.1 Balanço de massa no torrador

O controle da temperatura e do tempo durante o processo de torrefação é de grande relevância para obter um produto de qualidade, pois influencia diretamente no aroma, devido ao aumento ou a diminuição das concentrações de diversas substâncias (OLIVEIRA, 2012).

O grão de café que passa pelo processo de secagem possui uma faixa de umidade ideal de 11,00-12,00% (EMBRAPA, 2004). Portanto, para os cálculos considerou-se uma umidade de 12,00% dos grãos que saem da secagem para a torrefação.

O grão de café pode ser dividido em sua composição em sólidos solúveis e insolúveis. De acordo com Mendonça et al. (2005), os teores de sólidos solúveis para a espécie arábica encontram-se entre 23,80% a 27,89%; já para o conillon, de acordo com Resende et al. (2011), os valores são de 27,08% a 31,25%. Os sólidos solúveis são compostos principalmente dos açúcares (como a glicose, frutose e sacarose), ácidos orgânicos e outros constituintes menores; e a quantidade de sólidos solúveis nos grãos de café está associada ao sabor da bebida (AGUIAR, 2005).

Durante o processo de torra, ocorre a volatilização de alguns compostos pelo processo de pirólise, e a perda de ácidos orgânicos, devido a isso os teores de sólidos solúveis do grão se reduzem (MENDONÇA; PEREIRA; MENDES, 2005).

Para cada grau de torra, há uma porcentagem de perda de massa, conforme pode ser observado na Figura 28. Dessa forma, considerou-se para o café *gourmet* o estágio *Full City* com uma perda de massa de 17,00%; para o tradicional, o estágio *French* com uma perda de massa de 19,00%. Por fim, estipulou-se o estágio *Italian* para o extraforte, por apresentar a torra mais escura. Para torras escuras, a perda de massa pode chegar até 20,00%, sendo de 9,00% a 10,00% devido à eliminação da água e de 10,00% a 12,00% são perdas de substâncias voláteis (OLIVEIRA, 2012).

Para a perda de massa do café são considerados os produtos que são evaporados durante o processo de torragem, sendo estes principalmente a água e

os compostos solúveis voláteis (gases), responsáveis pelo aroma do café (RESERVA GOURMET, 2019).

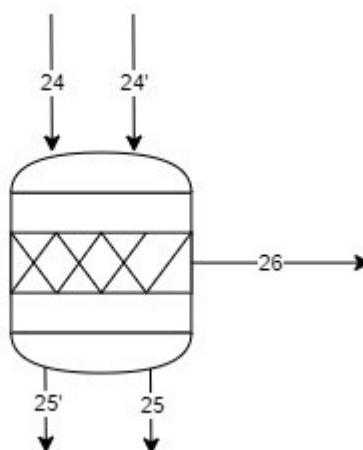
A umidade após a torra varia de acordo com o tipo da bebida desejada sendo que para o café *gourmet* encontra-se aproximadamente 4,50%, para o tradicional 4,10% e para o extraforte 3,90% (CONTI, 2011).

5.3.1.1.1 Grãos Arábica

A Mello irá trabalhar 12 horas por dia, sendo o tempo de torra em torno de 4,68 minutos. Independentemente do tipo de café a ser produzido (tradicional, extraforte, *gourmet*), para o início do processo a alimentação será de 130 kg de grãos de café arábica (corrente C24), essa corrente é o valor correspondente a uma semi- batelada do torrador. A empresa produzirá às segundas-feiras café do tipo *gourmet*, terças e quartas-feiras tradicional e, quintas e sextas-feiras extraforte.

Foi considerado para os grãos de café arábica que entram no torrador, um teor de sólidos solúveis de 27,50%. Definiu-se o volume de controle no torrador, representado na Figura 29, que esquematiza um torrador para o processo de produção do café tradicional, com as respectivas correntes de entrada e saída (correntes C25 e C26).

Figura 29 – Balanço de massa: torrador do café tradicional (grão arábica)



C24- Corrente de café arábica. C24' – Corrente de ar que entra no torrador. C25- Massa perdida na torragem. C25'- Corrente de ar que sai do torrador. C26- Massa destinada ao moinho.

Fonte: Autoria Própria (2019).

Para o balanço de massa global, exemplificando para o café tradicional sabemos que a perda de massa é de 19,00%, e com os dados fornecidos acima, temos:

$$C24 = C25 + C26 \quad (27)$$

$$C25 = 0,19 * C24 \quad (28)$$

Substituindo (27) em (28):

$$C24 = 0,19 * C24 + C26 \quad (29)$$

Para o balanço de massa por componente, temos:

- Balanço para água (H₂O):

$$x_{H_2O}^{C24} * C24 = x_{H_2O}^{C25} * C25 + x_{H_2O}^{C26} * C26 \quad (30)$$

Sendo $x_{H_2O}^{C24}$, $x_{H_2O}^{C25}$ e $x_{H_2O}^{C26}$ as frações mássicas de água nas correntes 24, 25 e 26, respectivamente.

- Balanço para sólidos solúveis:

$$x_{SS}^{C24} * C24 = x_{SS}^{C25} * C25 + x_{SS}^{C26} * C26 \quad (31)$$

- Balanço para sólidos insolúveis:

$$x_{SI}^{C24} * C24 = x_{SI}^{C26} * C26 \quad (32)$$

Por meio das equações acima e sabendo que a porcentagem de perda de massa depende do tipo de café (tradicional, extraforte e *gourmet*), assim como foi feito para o café tradicional, determinou-se as composições e vazões em cada corrente, representadas nas Tabelas 15, 16 e 17.

Tabela 15 – Composições e vazões das correntes 24, 25 e 26 do café tradicional para grãos arábica no processo de torrefação.

| Corrente | Massa (kg) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|-----------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|
| C24 | 130,0 | 12,0 | 27,5 | 60,5 |
| C25 | 24,7 | 45,7 | 54,3 | - |
| C26 | 105,3 | 4,1 | 21,2 | 74,7 |

Fonte: Autoria Própria (2019).

Tabela 16 – Composições e vazões das correntes 24, 27 e 28 do café extraforte para grãos arábica no processo de torrefação.

| Corrente | Massa (kg) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|-----------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|
| C24 | 130,0 | 12,0 | 27,5 | 60,5 |
| C27 | 26,0 | 44,4 | 55,6 | - |
| C28 | 104,0 | 3,9 | 20,5 | 75,6 |

Fonte: Autoria Própria (2019).

Tabela 17 – Composições e vazões das correntes 23, 29 e 30 do café *gourmet* para grãos arábica no processo de torrefação.

| Corrente | Massa (kg) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|-----------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|
| C23 | 130,0 | 12,0 | 27,5 | 60,5 |
| C29 | 22,1 | 48,6 | 51,4 | - |
| C30 | 107,9 | 4,5 | 22,6 | 72,9 |

Fonte: Autoria Própria (2019).

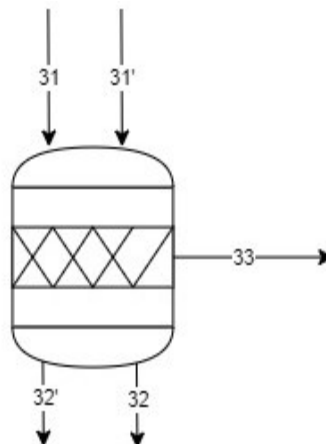
5.3.1.1.2 Grãos Conillon

Para os grãos conillon considerou-se a mesma massa de entrada, porém o teor de sólidos solúveis usado foi de 30%.

A Figura 31 esquematiza o torrador para a produção de café tradicional, com a corrente de entrada de grãos de café conillon (C31), e suas respectivas correntes

de saída (C32 e C33). Nota-se que as correntes de perda de massa (C32 e C35) têm as mesmas composições dos grãos arábica.

Figura 30 – Balanço de massa: torrador do café tradicional (grão conillon)



C31- Corrente de café conillon. C31' – Corrente de ar que entra no torrador. C32- Massa perdida na torragem. C32' – Corrente de ar que sai do torrador. C33- Corrente destinada ao moinho.
Fonte: Autoria Própria (2019).

Por meio das Equações (27) a (32), as Tabelas 18 e 19 expõem os resultados obtidos.

Tabela 18 – Composições e vazões das correntes 31, 32 e 33 do café tradicional para grãos conillon no processo de torrefação.

| Corrente | Massa (kg) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|-----------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|
| C31 | 130 | 12,0 | 30,0 | 58,0 |
| C32 | 24,70 | 45,7 | 54,30 | - |
| C33 | 105,30 | 4,10 | 24,30 | 71,6 |

Fonte: Autoria Própria (2019).

Tabela 19 - Composições e vazões das correntes 34, 35 e 36 do café extraforte para grãos conillon no processo de torrefação.

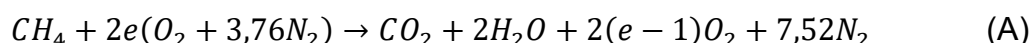
| Corrente | Massa (kg) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|------------|------------|----------|---------------------------|-----------------------------|
| C34 | 130,00 | 12,00 | 30,00 | 58,00 |
| C35 | 26,00 | 44,4 | 55,6 | - |
| C36 | 104,00 | 3,90 | 23,6 | 72,5 |

Fonte: Autoria Própria (2019).

5.3.1.2 Balanço de energia no torrador

5.3.1.2.1 Fornalha

Para a fornalha ecológica acoplada ao torrador, temos que a reação que representa o processo de combustão do metano é descrita por:



Onde, 'e' é o excesso de ar.

O sistema é adiabático, pois não há perdas de calor para o ambiente, então a equação do balanço de energia fica:

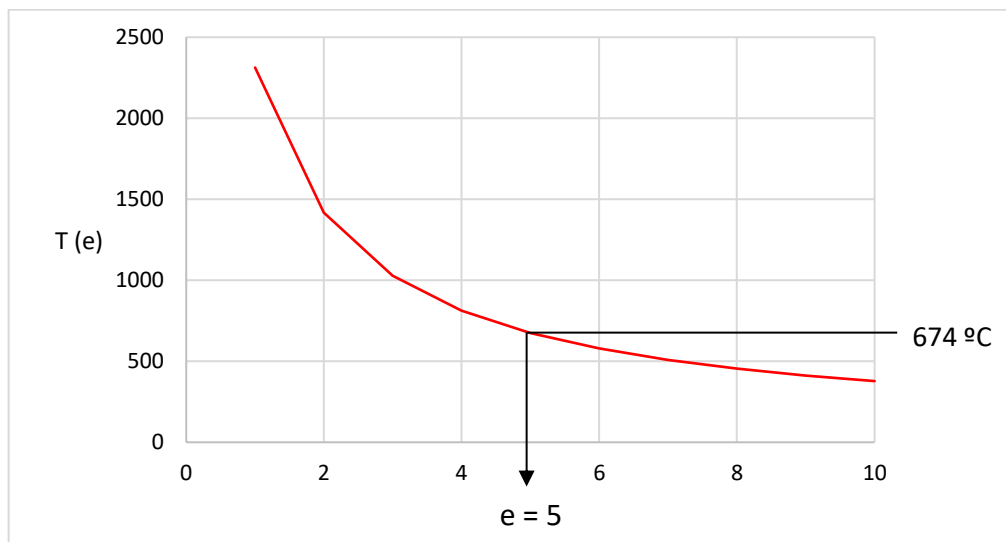
$$Q = \sum H_{prod} - \sum H_{reag} = 0 \quad (33)$$

Foi considerado o calor de reação a 25°C e foi feito o estudo prévio para saber qual seria aproximadamente a quantidade de O₂ em excesso, com a respectiva temperatura dos produtos, até o valor que satisfizesse o balanço da Equação 33. Substituindo os valores específicos temos que a equação do balanço de energia para a reação química é:

$$T = \frac{3474,484 + 49,919 * e}{0,5239 + e} \quad (34)$$

Considerando uma entrada de 5 vezes o excesso de ar, obtemos uma temperatura de 674°C, como podemos ver representado na figura abaixo.

Figura 31 – Gráfico do Excesso versus Temperatura



Fonte: Autoria Própria (2021).

5.3.1.2.2 Torrador

O balanço de energia no torrador é dado por:

$$Cp_{café} \frac{d(m \cdot T)}{dt} = m_{ar\ seco} \cdot (H_{entrada} - H_{saída}) - m_{água\ evaporada} \cdot H_{vapor} \quad (35)$$

As entalpias de entrada e saída do ar foram obtidas pelo programa MINI REFPROP, no qual foi desprezada a umidade do ar. Considerou-se que o café entra a 25°C e sai do torrador com uma temperatura de 107°C, conforme valor estabelecido em pesquisa de campo. De acordo com a Tabela 20, a média de temperatura necessária para torrar o café gourmet (estágio Full City) é de 227°C. Assim, tendo todas as informações, foi determinada a quantidade de ar necessária no processo.

$$\dot{m}_{ar\ seco} = 94,75 \text{ kg min}^{-1}$$

Dado que 1 kmol de ar corresponde à 28,97 kg, o número de mols requerido será de 3,27 kmol. Assim, pode-se obter a quantidade de metano que será utilizada pela Equação 36:

$$n_{CH_4} \cdot \text{Calor de combustão} - \sum n_{produtos} \cdot C_{p_{produtos}}(650 - 25) = n_{ar} \cdot C_{p_{ar}}(227 - 25) \quad (36)$$

Em que:

Calor de combustão é dado à 25°C;

$C_{p_{ar}}$ é a capacidade calorífica do ar, dada em J gmol⁻¹ °C⁻¹.

No estudo prévio, foi obtida uma temperatura de 674°C para a fornalha. Entretanto, devido à entrada de ar no torrador, os produtos não atingem o valor estabelecido. Adotou-se então uma temperatura de 650°C e uma vazão de ar em excesso de 3,5. Dessa forma, encontra-se o número de mols de metano, o qual corresponde a uma vazão de 1,5 kg por minuto. Considerando a composição do biogás, formado majoritariamente por metano e gás carbônico, obtém-se um consumo de biogás de 2,24 kg/min para o café gourmet.

Analogamente, obtêm-se os dados do processo para os cafés tradicional e extraforte com base em suas temperaturas de torra, conforme apresentado na Tabela 20.

Tabela 20- Dados do processo de torrefação para os cafés gourmet, tradicional e extraforte

| Café | Temperatura de torra (°C) | Vazão de ar seco (kg min⁻¹) | Vazão de biogás (kg min⁻¹) |
|--------------------|----------------------------------|---|--|
| Gourmet | 227 | 94,75 | 2,24 |
| Tradicional | 243 | 83,50 | 2,41 |
| Extraforte | 255 | 76,65 | 2,55 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Para interromper o processo de torrefação, os grãos recebem um pequeno jato de água. A temperatura final do ar de 58°C foi determinada em função do balanço de energia do secador, permitindo assim que a temperatura de equilíbrio fosse próxima de 40°C. Desse modo, a corrente que sai do torrador pode ser

utilizada no secador sem prejudicar os grãos. A vazão de água requerida para o resfriamento é dada por:

$$\dot{m}_{ar} \int_{58}^{107} C_{p_{ar}} dT = \dot{m}_{\acute{a}gua} \left(\int_{25}^{58} C_{p_{H_2O}} dT + \Delta H_{vaporização} \right) \quad (37)$$

$$\dot{m}_{\acute{a}gua} = 1,85 \text{ kg min}^{-1}$$

Assim, é possível determinar a umidade do ar que será direcionado para o secador. Os dados da vazão de ar e as porcentagens de água no ar se encontram na Tabela 21.

Tabela 21- Dados do processo de resfriamento para os cafés gourmet, tradicional e extraforte

| Café | Vazão de ar úmido (kg min⁻¹) | Umidade do ar (%) |
|--------------------|--|--------------------------|
| Gourmet | 96,60 | 1,91 |
| Tradicional | 85,35 | 2,16 |
| Extraforte | 78,50 | 2,36 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Visando à simplificação dos cálculos no secador, adotou-se a média da umidade do ar, chegando assim em um valor de 2,14%.

5.3.2 Área 2200: Moagem

A quebra de partículas sólidas maiores em partículas menores é uma operação industrial importante. A moagem é uma operação unitária que visa à redução do material pela aplicação de forças de impacto, abrasão e compressão. Do ponto de vista energético, não é muito eficiente, pois somente uma parte da energia é empregada na ruptura. A maior parte é dirigida para a deformação e geração de linhas de sensibilidade, enquanto o resto de energia se dissipa em forma de calor (UFRGS, 2004).

Com a diminuição de tamanho no processamento, aumenta-se a relação superfície/volume, proporcionando uma maior eficiência na extração das

características requeridas pelo consumidor durante o preparo da bebida. Outra vantagem da moagem é a uniformidade do tamanho das partículas do produto, auxiliando na homogeneização e solubilização do café processado (GAUTO, 2013).

A redução de tamanho é utilizada para melhorar a qualidade sensorial e aumentar a gama de produtos disponíveis (FELLOWS, 2001). Industrialmente, a granulometria é dividida em fina, média e grossa, dependendo do processo de infusão (MORAES, 2001).

Conforme as recomendações técnicas da ABIC, a granulometria do pó de café deve estar de acordo com o equipamento que será utilizado no preparo da bebida, pois interfere diretamente no tempo de preparo e na extração adequada dos compostos que proporcionam aroma e sabor. Para cafeteira com filtro de papel ou pano, são requeridas as moagens média e/ou fina, evitando a moagem grossa por não ser adequada para este tipo de equipamento. No caso de se utilizar máquinas de café expresso deve constar na especificação “café torrado em grão”.

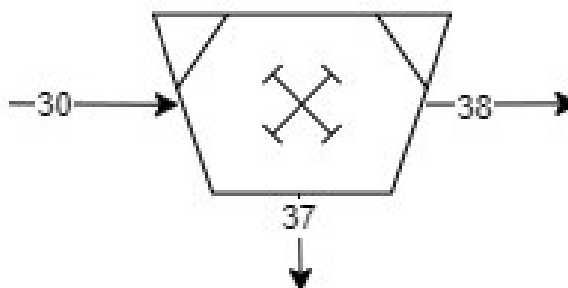
Cafés com granulometria média apresentam predominância de partículas maiores que 200 μm e a fina menor que 200 μm . Os moinhos mais comuns para reduzir o tamanho de alimentos secos são o moinho de discos, de martelos e de rolos (FELLOWS, 2001).

- **Moinho de martelos**

Nas indústrias de torrefação, os moinhos de martelos dominam o mercado (SEBRAE, 2001). As vantagens desse equipamento são a eficiência da moagem, dado o curto tempo de operação. Além disso, este moinho consome menos energia elétrica e possui menor necessidade de manutenção comparada a outros modelos (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2020).

5.3.2.1 Balanço de massa no moinho

Com base nas informações concedidas em pesquisa de campo, foi considerada uma perda de massa nos moinhos de 0,20%. Na Figura 32 está representado o balanço de massa no moedor.

Figura 32 – Balanço de massa: Moagem do café *gourmet*

C30- Corrente de café arábica. C37- Massa perdida na moagem. C38- Corrente destinada ao envase.

Fonte: Autoria Própria (2019).

- Balanço global:

$$C30 = C37 + C38 \quad (38)$$

Para o balanço de massa por componente, temos:

- Balanço por componente para a água:

$$x_{H_2O}^{C30} * C30 = x_{H_2O}^{C37} * C37 + x_{H_2O}^{C38} * C38 \quad (39)$$

- Balanço para sólidos solúveis:

$$x_{SS}^{C30} * C30 = x_{SS}^{C37} * C37 + x_{SS}^{C38} * C38 \quad (40)$$

- Balanço para sólidos insolúveis:

$$x_{SI}^{C30} * C30 = x_{SI}^{C37} * C37 + x_{SI}^{C38} * C38 \quad (41)$$

As Tabelas 22, 23 e 24 representam as composições das correntes de entrada e saída dos moedores para o café tradicional, extraforte e *gourmet*.

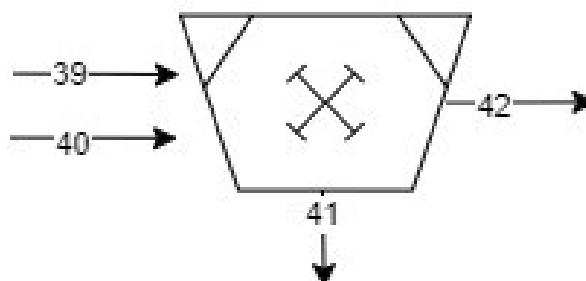
Tabela 22 - Composições e vazões das correntes 30, 37 e 38 do café *gourmet* para moagem.

| Corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min ⁻¹) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|------------|------------|---|----------|---------------------------------|-----------------------------------|
| C30 | 20.069,00 | 41,81 | 4,50 | 22,61 | 72,89 |
| C37 | 40,14 | 0,08 | 4,50 | 22,61 | 72,89 |
| C38 | 20.029,00 | 41,73 | 4,50 | 22,61 | 72,89 |

Fonte: Autoria Própria (2019).

O café tradicional e o extraforte é uma mistura de 75,00% de café arábica e 25,00% de conillon. Assim, as correntes são:

Figura 33 – Balanço de massa: Moagem do café tradicional



C39- Corrente de café arábica. C40- Corrente de café conillon. C41- Massa perdida na moagem.
C42- Corrente destinada ao envase.

Fonte: Autoria Própria (2019).

Tabela 23 - Composições e vazões das correntes 39, 40, 41 e 42 do café tradicional para moagem.

| Corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min ⁻¹) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|------------|------------|---|----------|---------------------------------|-----------------------------------|
| C39 | 15.058,00 | 31,37 | 4,10 | 21,21 | 74,69 |
| C40 | 4.949,10 | 10,31 | 4,10 | 24,30 | 71,60 |
| C41 | 40,01 | 0,08 | 4,10 | 21,97 | 73,93 |
| C42 | 19.967,00 | 41,60 | 4,10 | 21,97 | 73,93 |

Fonte: Autoria Própria (2019).

O balanço para a moagem do café extraforte foi omitido por ser similar ao balanço do café tradicional. A corrente C43 é composta apenas por café arábica,

correspondendo a 75,00%, enquanto que a corrente C44 corresponde a 25,00%, e apresenta apenas grãos conillon.

Tabela 24 - Composições e vazões das correntes 43, 44, 45 e 46 do café extraforte para moagem.

| Corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min⁻¹) | Água (%) | Sólidos Solúveis (SS) (%) | Sólidos Insolúveis (SI) (%) |
|-----------------|-------------------|--|-----------------|--|--|
| C43 | 15.080,00 | 31,41 | 3,90 | 20,48 | 75,63 |
| C44 | 4.992,00 | 10,40 | 3,90 | 23,60 | 72,50 |
| C45 | 40,14 | 0,08 | 3,90 | 21,25 | 74,85 |
| C46 | 20.032,00 | 41,73 | 3,90 | 21,25 | 74,85 |

Fonte: Autoria Própria (2019).

5.3.3 Área 2300: Envase e Armazenamento

O café é embalado após ser moído, sendo que as embalagens podem variar entre cartonadas, almofadada e à vácuo. Dentre elas, as embalagens à vácuo possuem vantagem quando se trata de manter a essência e preservar o produto final, porém, a demanda por embalagens almofadadas é superior. Visando o maior público, opta-se pela utilização de embalagens inertizadas. Seu visual é semelhante à embalagem almofadada e sua propriedade de preservar as características do café recém-torrado são similares ao vácuo.

Após o produto ser embalado, deve-se armazená-lo até ser transportado. Por isso, a Mello contará com um setor de armazenamento, onde nossos produtos serão separados por tipo (*gourmet*, extraforte e tradicional) e organizados por data de produção para garantir que um produto não fique muito tempo nos nossos estoques.

5.4 SETOR 3000: TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Cada vez mais as indústrias têm buscado melhorias para o controle da poluição, devido ao crescimento das cobranças por uma postura responsável e de comprometimento com o meio ambiente (ROSA et al., 2017).

O Brasil é o maior produtor de café e sua produção pode gerar impactos ambientais. De acordo com Deliberação Normativa Copam nº 213, de 22 de fevereiro de 2017, classifica-se o processo de torrefação e moagem de grãos como potencial poluidor/degradador, tendo um impacto médio na poluição do ar, pequeno para a água e solo e no geral classifica-se como pequeno poluidor (COPAM, 2017).

A indústria de café Mello sabendo dos impactos ambientais advindos de sua produção e de suas responsabilidades propõe possíveis métodos para os tratamentos de seus resíduos.

5.4.1 Resíduos gasosos

No processo de torrefação e resfriamento dos grãos ocorre grande liberação de gases, principalmente dióxido de carbono, sendo assim é necessário utilizar equipamentos para controlar as emissões atmosféricas de acordo com as legislações.

A resolução Nº 382 do CONAMA, de 26 de dezembro de 2006, estabelece limites máximos de emissão de gases na atmosfera. A poluição deve ser controlada na fonte, seja por equipamentos ou por processos menos poluidores (CONAMA, 2006).

Portanto, a indústria Mello optou por utilizar um torrador ecológico para reduzir as emissões de gases, o qual possui um sistema computadorizado com controle de temperatura, sendo capaz de eliminar a fumaça proveniente da torra utilizando a mesma fonte de calor, ou seja, os gases recirculam na fornalha para promover a incineração e posteriormente são liberados para atmosfera por meio de um exaustor acoplado no torrador (ROSA et al., 2017).

5.4.2 Resíduos sólidos/ Líquidos

A Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002, classifica o resíduo sólido industrial como:

“resíduo sólido industrial: é todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso - quando contido, e líquido - cujas particularidades tornem inviável o

seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível" (CONAMA, 2002).

Após a colheita, o café passa pela etapa de secagem por via semiúmida, processo no qual há grande liberação de compostos orgânicos. De acordo com Pinto (2017), o processo de beneficiamento do café gera uma grande quantidade de resíduos, pois 29,00% do fruto é polpa, 12,00% casca e 4,00% é mucilagem, e destes 45,00% não constitui o produto final, porém possui um valor energético considerável, podendo ser utilizado como fonte de energia alternativa (CAMPOS, 2006).

Os compostos orgânicos presentes nos resíduos oriundos da etapa do beneficiamento do café podem ser utilizados na produção de biogás por meio de um reator, no qual ocorre a fermentação da matéria orgânica por bactérias anaeróbicas decorrente de uma série de reações metabólicas, obtendo como produto final o lodo (adubo orgânico) e o biogás, que é fonte de energia direta e que pode ser utilizado como combustível para secadores, caldeiras, aquecedores, entre outros (CAMPOS, 2006, PINTO, 2017).

Sendo assim, a Mello pretende optar pela implementação de reator anaeróbico para produção de biogás, devido à grande quantidade de resíduos sólidos obtidos durante o processo de beneficiamento, tornando-a assim uma empresa autossustentável, em termos energéticos.

5.4.3 Área 3100: Produção de biogás

A biodigestão anaeróbica é um processo em que ocorre a transformação ou decomposição da matéria orgânica por bactérias para a formação de um gás, o qual é composto por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), vapor de água, gás sulfídrico (H_2S), nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), hidrogênio (H_2), monóxido de carbono (CO), amônia (NH_3) e entre outros (PINTO, 2017). O metano é o gás de maior interesse devido seu alto poder calorífico ($34.300,00 \text{ kJ m}^{-3}$). Dependendo da composição do biogás, o poder calorífico inferior pode variar de $13.720,00$ a $27.440,00 \text{ kJ m}^{-3}$ (pressão e temperatura normais) (CREMONEZ et al., 2013).

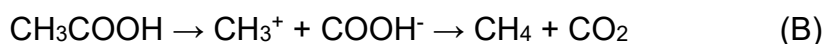
A produção do biogás requer uma série de reações bioquímicas simultâneas, que são divididas em quatro processos de digestão anaeróbia: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CAMPOS, 2006). Tais processos estão descritos abaixo.

Hidrólise: Ocorre a quebra das moléculas complexas como cadeias carbônicas de proteínas, lipídios e carboidratos por enzimas para a formação de compostos mais simples como aminoácidos, açúcares.

Acidogênese: Os compostos formados na etapa de hidrólise são transformados por bactérias acidogênicas, dando origem ao ácido acético, gás carbônico, ácidos graxos e outros compostos.

Acetogênese: As substâncias resultantes da fase acidogênese são degradadas por bactérias acetogênicas formando hidrogênio, dióxido de carbono e o acetato.

Metanogênese: Ocorre a produção de metano por bactérias metanogênicas, as quais se dividem em dois grupos: metanogênicas acetoclásticas e metanogênicas hidrogenotróficas. As acetoclásticas são responsáveis por 60% a 70% de toda a produção de metano e utilizam o acetato ou o metanol como substrato (CREMONEZ et al., 2013, CAMPOS, 2006).



As hidrogenotróficas caracterizam-se por utilizar o hidrogênio e o dióxido de carbono como substrato.



A composição do biogás após as reações anaeróbicas varia entre 40 a 70% de metano, 30 a 60% de dióxido de carbono e pequenas quantidades de sulfeto de hidrogênio (CREMONEZ et al, 2013, CAMPOS, 2006). O processo de digestão anaeróbia para a formação do biogás é muito complexo, pois envolve reações complementares com grande diversidade de substrato, além de microrganismos sensíveis, sendo assim, vários fatores podem interferir no rendimento como: temperatura, umidade e pH (CASTRO, 2016).

A temperatura pode interferir na taxa enzimática, ou seja, pode ocasionar a desnaturação das enzimas ou alterar as habilidades dos microrganismos, comprometendo assim a estabilidade da matéria orgânica. Existem duas faixas de crescimento bacteriano, a mesofílica (30 a 40 °C) e a termofílica (50 a 60 °C), sendo que ambas possuem vantagens e desvantagens. A termofílica favorece a cinética da reação. Entretanto, inibe a ação das bactérias metanogênicas, formando produtos indesejados como ácidos voláteis e amônia. Por outro lado, a mesofílica retarda a ação microbiana, assim a produção de biogás é mais lenta (CASTRO, 2016). De acordo com Silva (2012 c), a temperatura ótima de operação é 37°C.

O pH interfere nas atividades metabólicas dos microrganismos anaeróbicos, pois afeta as concentrações dos ácidos no biodigestor. Os organismos metanogênicos são os mais sensíveis à mudança de pH e sua faixa ótima de crescimento encontra-se entre 6,6 a 7,4 (SILVA, 2012 c).

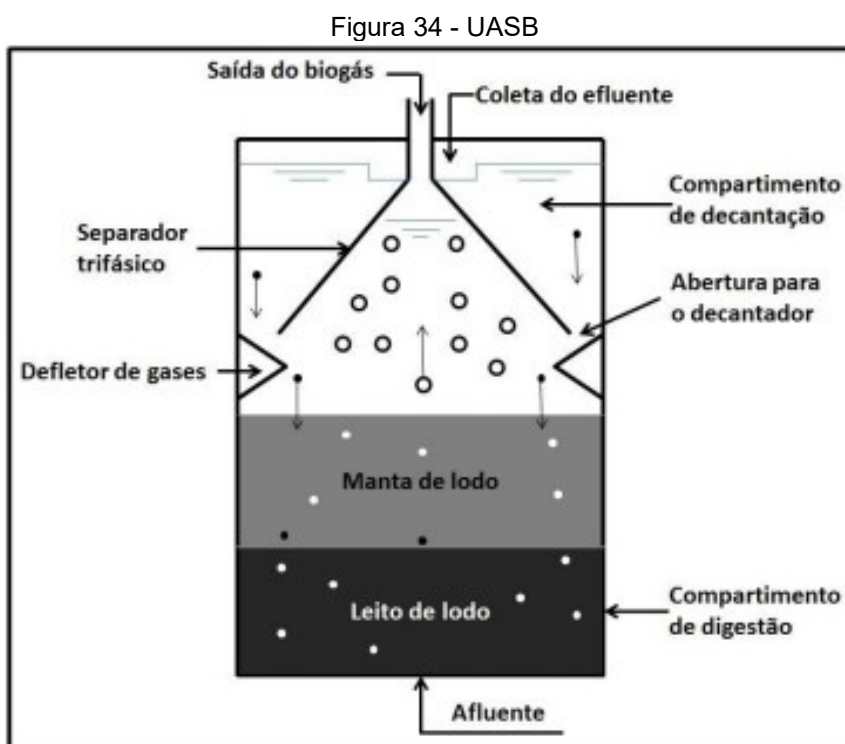
A solubilização da massa orgânica facilita para os microrganismos a absorção dos nutrientes. Assim, a quantidade de água presente na biodigestão é um fator essencial, tendo como a faixa de umidade com a maior produtividade entre 60 a 80% (SILVA, 2012 c).

A unidade industrial Mello implementará o sistema TAE-UASB-LAF para a produção de biogás, o qual é composto por um tanque de acidificação e equalização (TAE), reator anaeróbico de manta de lodo com fluxo ascendente (UASB) e lagoa aerada facultativa (LAF). Esse sistema vem sendo muito estudado para utilização em tratamento de águas residuárias agroindustriais e se mostra promissor para o tratamento das ARC (águas residuárias do processamento por via semiúmida do café), devido ao baixo consumo de energia, necessidade de uma pequena área de instalação, o baixo custo de implantação e de operação, pouca produção de lodo e boa eficiência na remoção de DQO (CAMPOS, 2006).

Antes do tratamento secundário no reator anaeróbico (UASB), é necessário um tratamento primário como um tanque de acidificação e equalização (TAE). O TAE permite que as faixas de vazão e cargas operem de maneira uniforme, por isso ele é utilizado anteriormente ao UASB. Nesse tanque, ocorrem as primeiras etapas da digestão anaeróbia (reações de hidrólise e acidogênese) de alguns compostos

específicos como proteínas, carboidratos, lipídeos, entre outros (CARMO, 2004); além disso, ocorre o ajuste do pH. O controle do pH é fundamental, pois está diretamente relacionado ao crescimento dos microrganismos metanogênicos. Portanto, é necessária a adição de hidróxido de sódio (NaOH) para manter o pH próximo do neutro. Após o tratamento primário no TAE, o efluente passa por um trocador de calor com intuito de manter a temperatura na faixa mesofílica (CAMPOS, 2006).

O UASB (*UpFlow Anaerobic Sludge Blanket*) é um reator anaeróbico com fluxo ascendente, o qual possui um separador interno que proporciona a fuga do gás, a saída do efluente líquido e a retenção dos sólidos. Essa retenção permite que o reator opere com elevadas concentrações de lodo (superiores a 30 gSSV L^{-1}), conseqüentemente, possui uma alta atividade metanogênica e um baixo tempo de detenção hidráulica (TDH) (SANT'ANNA JUNIOR, 2013). Na Figura 34 encontra-se a representação do funcionamento do reator UASB.



Fonte: HAMERSKI (2012).

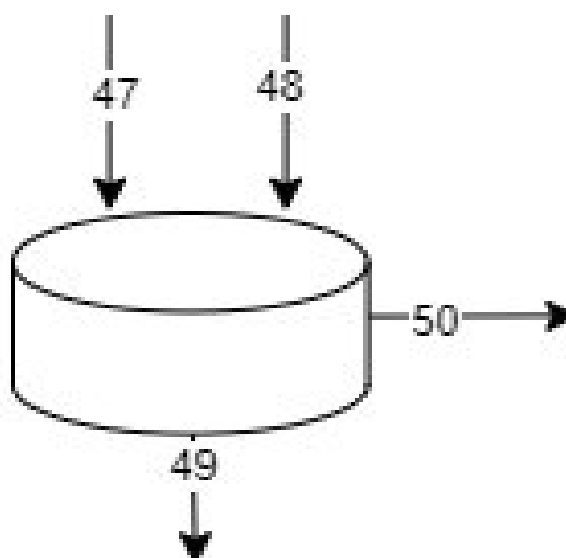
O tratamento secundário no reator UASB nem sempre atinge os parâmetros da legislação, sendo assim há necessidade de um tratamento em lagoa aerada facultativa, em que os mecanismos de remoção da matéria orgânica funcionam por meios anaeróbios no fundo da lagoa e aeróbios na superfície (CAMPOS, 2006), promovendo assim uma remoção adicional de DBO, nutrientes e patogênicos. Posteriormente, a água clarificada obtida no processo será redirecionada para o uso interno dentro da própria unidade industrial Mello. Enquanto que o lodo proveniente da etapa de metanogênese pode ser destinado para a produção de adubo orgânico, com efeitos positivos para a adubação do solo (PINTO, 2017 apud JAYACHANDRA et al., 2011).

As eficiências de remoção da DQO e DBO_5 no reator UASB são consideradas de alta eficiência. De acordo com SILVA e CAMPOS (2005) a remoção média foi de 78% da DQO e 70% da DBO_5 , para uma DQO inicial de 3.250 mg L^{-1} . Já para o sistema TAE-UASB-LAF a remoção da DQO foi de 96% (CAMPOS, 2006 apud SILVA e CAMPOS, 2005).

5.4.3.1 Balanço de massa no TAE

A Figura 35 corresponde ao balanço de massa no TAE.

Figura 35 – Balanço de massa: TAE



C47- ARC. C48- Hidróxido de sódio. C49- Sedimentação. C50- Afluente.

Fonte: Autoria própria (2019).

Para projeto do TAE, adotou-se um pH igual a 3 para a ARC, assim é necessária uma adição 15,89 kg de NaOH para neutralizar o meio. Além de considerar uma porcentagem de sedimentação de 10,00% da alimentação total. A corrente C47 são águas residuárias do processamento por via semiúmida do café (ARC), proveniente do somatório das correntes C5, C7, C9 e C11.

- Balanço global:

$$C47 + C48 = C49 + C50 \quad (42)$$

A Tabela 25 encontra-se os valores das massas das correntes.

Tabela 25 - Correntes 47, 48, 49 e 50 no TAE.

| Corrente | Massa (kg) |
|------------|------------|
| C47 | 397.112,01 |
| C48 | 15,89 |
| C49 | 39.712,79 |
| C50 | 357.415,11 |

Fonte: Autoria própria (2019).

5.4.3.2 Balanço de massa no UASB

Foi considerado que o biogás que sai do UASB é gerado em média de 30 m³ a cada mil litros de água residuária (SYNGENTA, 2019). Sabendo que, 357.415,11 kg de afluente será direcionado para o reator por dia de beneficiamento, assim serão produzidos 10.722,45 m³ de gás natural por dia.

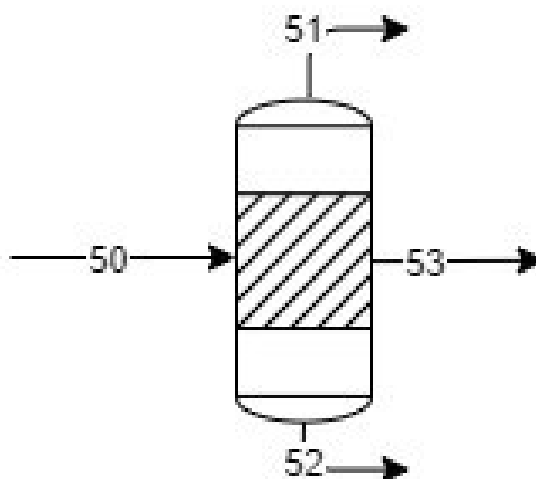
Considerando a composição do biogás de 60,90% de metano, é possível determinar a densidade por meio da Equação 35, pois este é um parâmetro muito importante para os projetos dos equipamentos (MAGALHÃES et al., 2004).

$$\text{Densidade (biogás)} = \frac{\left(\frac{\% \text{CH}_4}{100}\right) * 0,679 + \left(\frac{(100 - \% \text{CH}_4)}{100}\right) * 1,841}{1,206} \quad (43)$$

A densidade do biogás obtida para uma composição de 60,90% de metano foi de 0,94 kg m⁻³. Assim, o reator UASB produz 10.079,11 kg de gás por dia.

A Figura 36 corresponde ao balanço de massa no UASB.

Figura 36- Balanço de massa: UASB



C50- Afluente. C51- Biogás. C52- Lodo biológico estabilizado. C53- Efluente líquido.

Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com Campos (2008), a porcentagem de lodo no UASB corresponde de 40,27 a 44,90% do volume útil do reator. Considerando uma média de 42,59%, realizou-se o balanço de massa no reator.

- Balanço global:

$$C50 = C51 + C52 + C53 \quad (43)$$

Na Tabela 26 encontram-se os valores das massas das correntes.

Tabela 26 – Correntes 50, 51, 52 e 53 no UASB.

| Corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min ⁻¹) |
|------------|------------|---------------------------------------|
| C50 | 357.415,11 | 248,21 |
| C51 | 10.079,11 | 7,00 |
| C52 | 152.205,22 | 105,70 |
| C53 | 195.130,78 | 135,51 |

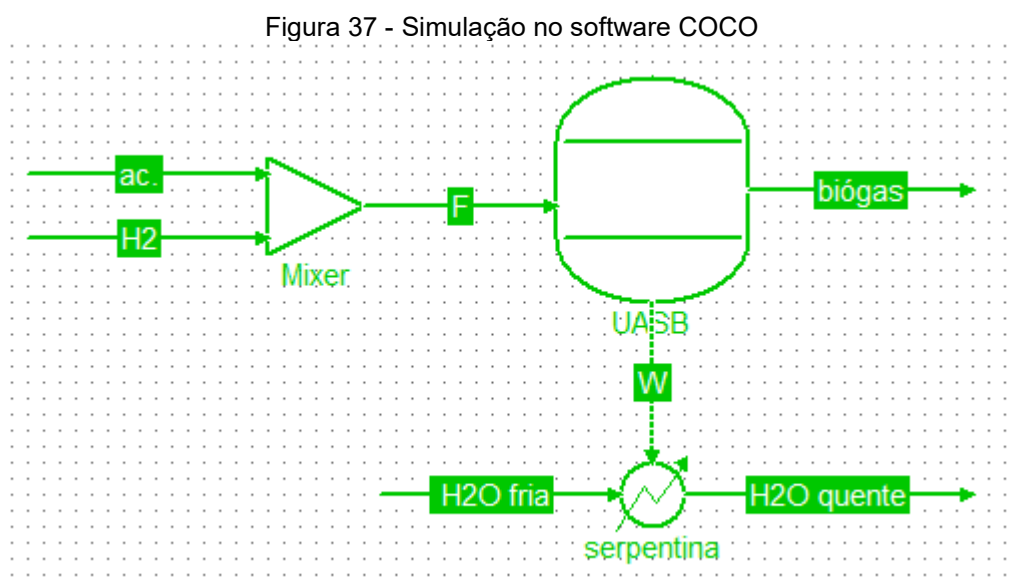
Fonte: Autoria Própria (2019).

5.4.3.3 Balanço de energia no UASB

Considerações realizadas para estimar a quantidade de calor liberada pela fase metanogênese:

- Pressão manométrica $\approx 0,010$ atm;
- Temperatura de entrada do afluente = 20 °C;
- Temperatura ótima para a produção de metano = 37 °C;
- Reator isotérmico;
- Temperatura de entrada da água no trocador de calor = 20 °C.

A Figura 37 encontra-se a simulação realizada pelo software COCO.



Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 38 representa o estudo paramétrico realizado para verificar a variação da temperatura de saída, conforme a mudança da vazão mássica de água na entrada da serpentina.

Figura 38- Parametric study

| job | init | Mass flow stream H2O fria kg / s | Temperature stream H2O quente °C | Status |
|-----|------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------|
| 1 | 2 | 1 | 37 | OK |
| 2 | 3 | 1.2 | 37 | OK |
| 3 | 4 | 1.4 | 36.734821 | OK |
| 4 | 5 | 1.6 | 34.64277 | OK |
| 5 | 6 | 1.8 | 33.015563 | OK |
| 6 | 7 | 2 | 31.713785 | OK |
| 7 | 8 | 2.2 | 30.648688 | OK |
| 8 | 9 | 2.4 | 29.761104 | OK |
| 9 | | 2.6 | 29.010072 | OK |
| 10 | 9 | 2.8 | 28.36633 | OK |
| 11 | 10 | 3 | 27.808421 | OK |
| 12 | 11 | 3.2 | 27.32025 | OK |
| 13 | 12 | 3.4 | 26.889511 | OK |
| 14 | 13 | 3.6 | 26.506632 | OK |
| 15 | 14 | 3.8 | 26.164056 | OK |
| 16 | 15 | 4 | 25.855737 | OK |
| 17 | 16 | 4.2 | 25.576782 | OK |
| 18 | 17 | 4.4 | 25.323187 | OK |
| 19 | 18 | 4.6 | 25.091644 | OK |
| 20 | 19 | 4.8 | 24.879395 | OK |
| 21 | 20 | 5 | 24.6847 | OK |

Fonte: Autoria própria (2021).

Sendo assim, a empresa de café Mello adotará uma vazão mássica de água de 2.60 kg s^{-1} . Para realizar o resfriamento da água após deixar a serpentina a empresa implementará uma lagoa de resfriamento, do tipo spray, em que as dimensões se encontram na Tabela 27, as quais foram obtidas a partir da vazão diária de água no trocador de calor.

Tabela 27 - Dimensões da lagoa

| Dimensões | m |
|-------------|------|
| altura | 3,00 |
| comprimento | 8,67 |
| largura | 8,67 |

Fonte: Autoria própria (2021).

5.4.3.4 Balanço de massa na LAF

De acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01 de 05 de maio de 2008, a DQO de saída para os efluentes líquidos é 180,00 mg L⁻¹. Considerando que a DQO de entrada da ARC é 3.250,00 mg L⁻¹ e que o sistema TAE-UASB-LAF tem uma de remoção de 96,00%, a DQO no final do processo será de 130,00 mg L⁻¹, valor menor do que o exigido pela legislação de Minas Gerais. Na Tabela 28 encontram-se os valores das DQO's de entrada e saída.

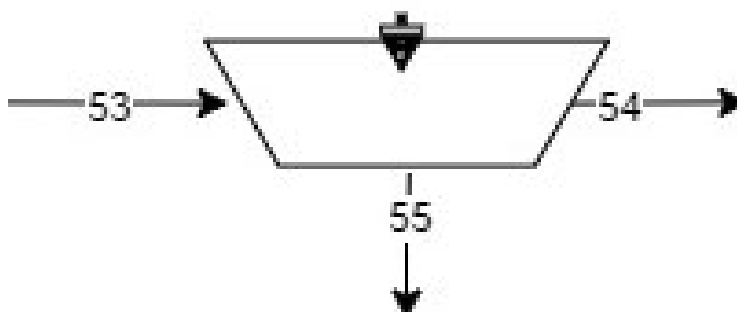
Tabela 28 - Remoção da DQO

| | TAE | UASB | LAF |
|--------------------------------------|----------|----------|--------|
| DQO de entrada (mg L ⁻¹) | 3.250,00 | 2.827,50 | 622,10 |
| DQO de saída (mg L ⁻¹) | 2.827,50 | 622,10 | 130,00 |

Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 39 corresponde ao balanço de massa na LAF.

Figura 39- Balanço de massa: LAF



C53- Efluente líquido. C54- água clarificada. C55- massa sedimentada.

Fonte: Autoria própria (2021).

- Balanço global:

$$C53 = C54 + C55 \quad (44)$$

Considerando uma porcentagem de sedimentação de 10,00% da alimentação total, na Tabela 29 estão os valores encontrados das correntes.

Tabela 29 - Balanço de massa na LAF

| Corrente | Massa (kg) | Vazão mássica (kg min⁻¹) |
|-----------------|-------------------|--|
| C53 | 195.130,78 | 135,51 |
| C54 | 175.617,70 | 121,96 |
| C55 | 19.513,08 | 13,55 |

Fonte: Autoria própria (2021).

5.4.4 Área 3200: Purificação do biogás

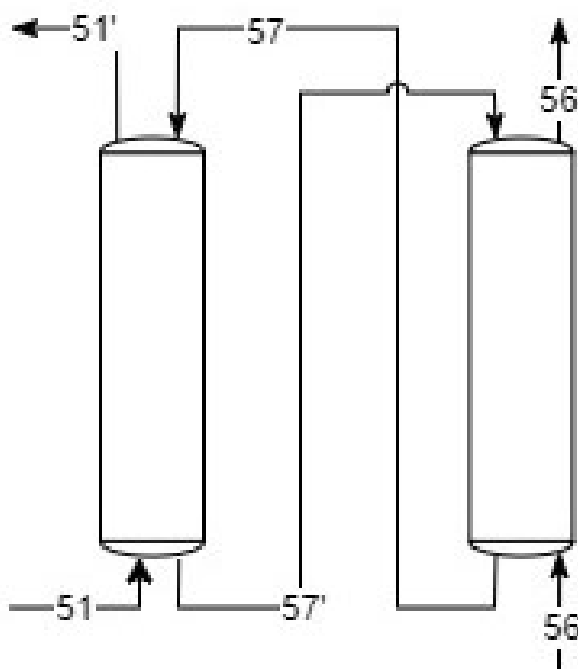
Os principais contaminantes do biogás são o ácido sulfídrico, dióxido de carbono e vapor de água. O CO₂ diminui o potencial energético, pois é o segundo componente com a maior quantidade presente na mistura gasosa, enquanto o H₂S é altamente corrosivo e tóxico, e ao entrar em combustão junto com o biogás pode liberar dióxido de enxofre (SO₂), causando sérios problemas ambientais como a chuva ácida, bem como a destruição da camada de ozônio, além de contaminar o café. Portanto, a purificação e desumidificação do gás são essenciais (CASTRO, 2016, SCHIAVON MAIA, 2015).

O princípio de absorção química se baseia principalmente na passagem de um gás solúvel para um líquido pelo contato entre eles, onde podem ocorrer reações químicas entre essas fases (FRARE; GIMENES; PEREIRA, 2009).

5.4.4.1 Balanço de massa nas colunas de absorção e regeneração

A Figura 40 demonstra o esquema das colunas de absorção para o processo de remoção do ácido sulfídrico (H₂S) contido no biogás. Neste processo, é retirado o enxofre presente no composto, que pode ser recolhido e comercializado.

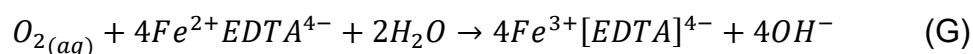
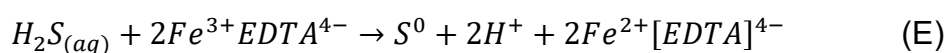
Figura 40 - Balanço de massa: Torre de absorção e regeneração para a purificação do biogás



Fonte: Autoria própria (2021).

Um dos métodos mais utilizados que tem uma boa eficiência de remoção do H_2S é o uso de soluções de ferro quelado (que formam ligações metal-ligantes), como o Ferro Ácido Etilenodiaminotetraacético (Fe/EDTA) (ANGHEBEN, 2017).

Esse processo de remoção do H_2S em solução de Fe/EDTA é exemplificado pelas reações abaixo. As Equações A e B representam as reações de absorção do H_2S , enquanto as Equações C e D são as reações durante a regeneração da solução (Fe/EDTA) (FRARE; GIMENES; PEREIRA, 2009).



Para as colunas de absorção da Figura 40, temos que C_{51} é a taxa molar de biogás que entra na coluna, e foi considerado que este é composto de 2,00% de H_2S ; C_{51}' é a taxa molar de saída do biogás ausente de enxofre (S); C_{57} a solução de $Fe^{2+}/EDTA$ regenerada; C_{57}' a solução de $Fe^{3+}/EDTA$ para regeneração, e C_{58} e C_{58}' a taxa molar de oxigênio em contracorrente que causa a oxigenação da solução recuperando o Fe^{2+} para o Fe^{3+} .

Para o balanço molar para o H_2S na coluna, usou-se a Equação (45):

$$C_{51} * x_{C_{51}} + C_{57} * x_{C_{57}} = C_{51}' * x_{C_{51}'} + C_{57}' * x_{C_{57}'} \quad (45)$$

Onde:

- $x_{C_{51}}$: Fração molar de S no biogás de entrada (2,0%);
- $x_{C_{51}'}$: Fração molar de S no biogás de saída;
- $x_{C_{57}}$: Fração molar de S na solução Fe/EDTA de entrada;
- $x_{C_{57}'}$: Fração molar de S na solução Fe/EDTA de saída.

Considerando que $x_{C_{57}}$ e $x_{C_{51}'}$ são nulos, simplificando e isolando $x_{C_{57}'}$, temos:

$$x_{C_{57}'} = \frac{C_{51} * x_{C_{51}}}{C_{57}'} \quad (46)$$

A equação da taxa molar da solução Fe/EDTA é:

$$C_{57}(1 - x_{C_{57}}) = C_{57}'(1 - x_{C_{57}'}) \quad (47)$$

De acordo com Frare et al. (2009), para se obter uma remoção completa de enxofre, foi considerada uma razão ótima de entrada de líquido sobre gás de 0,94.

Assim, $C_{57}/C_{51} = 0,94$, logo:

$$\frac{C_{51}}{C_{57}'} = \frac{(1 - x_{C_{57}'})}{0,94} \quad (48)$$

Substituindo (46) em (48):

$$x_{C57'} = \frac{(1-x_{C57'})}{0,94} * x_{C51} \quad (49)$$

Sendo o valor de $x_{C57'}$ calculado de 0,021.

Sabendo que a vazão mássica que entra na coluna é de 7,00 kg min⁻¹, conseqüentemente, a taxa molar C51 calculada foi de 16,80 kmol h⁻¹. Dessa forma, obtém-se os parâmetros restantes onde os valores das correntes calculadas encontram-se na Tabela 30.

Tabela 30 – Correntes 51, 51', 57 e 57'

| Corrente | Taxa molar (kmol h⁻¹) |
|-----------------|---|
| C51 | 16,80 |
| C51' | 16,46 |
| C57 | 15,66 |
| C57' | 16,00 |

Fonte: Autoria própria (2019).

O mesmo balanço molar foi feito para a coluna de regeneração, utilizando o mesmo princípio das Equações (45) e (47). Porém, para esta coluna foi considerado que a razão C58/C57' é igual a 1. Assim, os valores encontrados de $x_{C58'}$ (fração molar de S na solução de oxigênio de saída) foi de 0,02 e os valores das correntes estão representados na Tabela 31.

Tabela 31 – Correntes 58 e 58'

| Corrente | Taxa molar (kmol h⁻¹) |
|-----------------|---|
| C56 | 15,66 |
| C56' | 16,00 |

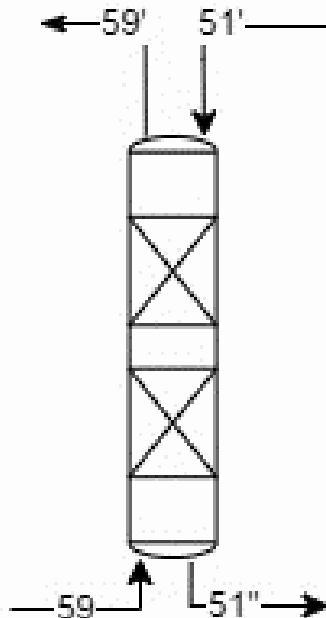
Fonte: Autoria própria (2019).

5.4.4.2 Balanço de massa na coluna de absorção de CO₂

Para o processo de remoção de CO₂ visando aumentar o poder calorífico do biogás, existem diversos solventes que podem ser usados, de acordo com a

solubilidade. Entretanto, a empresa Mello optou por utilizar a água como solvente devido ao baixo custo e boa eficiência. Na Figura 41, encontra-se a exemplificação da coluna de remoção do CO₂.

Figura 41- Balanço de massa: Remoção do CO₂



Fonte: Autoria própria (2019).

Para o balanço molar da remoção de CO₂, primeiramente, por meio da Equação (43), pode estimar a vazão de água necessária para remoção do CO₂ do biogás (MAGALHÃES et al., 2004).

$$V_L = \frac{V_B}{S \cdot P} * \frac{N}{100} \quad (50)$$

Em que:

V_L - vazão de água necessária (L min⁻¹);

V_B - vazão de biogás (cm³ min⁻¹);

S - solubilidade do CO₂ em água (cm³ L⁻¹ atm);

P - Pressão de operação (atm);

N - nível de CO₂ no biogás.

Sabe-se que a solubilidade do CO₂ em água a 20°C é 878,00 cm³ L⁻¹ atm. De acordo com Magalhães et al. (2004), quanto maior a pressão utilizada maior a eficiência de absorção de CO₂, assim foi considerada a pressão de operação igual a 4,80 atm, e que a concentração de CO₂ no biogás é de 33,00%. Foi considerado também que houve uma redução da concentração do CO₂ para 15,00% (MAGALHÃES et al., 2004).

O valor V_B alimentado na coluna é 7,30E6 cm³ min⁻¹. Sendo assim, a vazão de água necessária é de 5,71 L min⁻¹, posteriormente determinou-se a taxa molar da água (C₅₉) requerida para o sistema, resultando no valor de 18,98 kmol h⁻¹.

Para calcular os outros parâmetros necessários, utilizou-se a equação da taxa molar, o balanço molar por componente e o balanço molar global:

$$C_{51'}(1 - x_{C_{51'}}) = C_{51''}(1 - x_{C_{51''}}) \quad (51)$$

$$C_{59} * x_{C_{59}} + C_{51'} * x_{C_{51'}} = C_{51''} * x_{C_{51''}} + C_{59'} * x_{C_{59'}} \quad (56)$$

$$C_{59} + C_{51'} = C_{51''} + C_{59'} \quad (57)$$

O valor calculado para $x_{C_{59}'}$ foi de 0,16 e os valores das correntes, encontram-se na Tabela 32.

Tabela 32 – Correntes 51', 51'', 59 e 59'

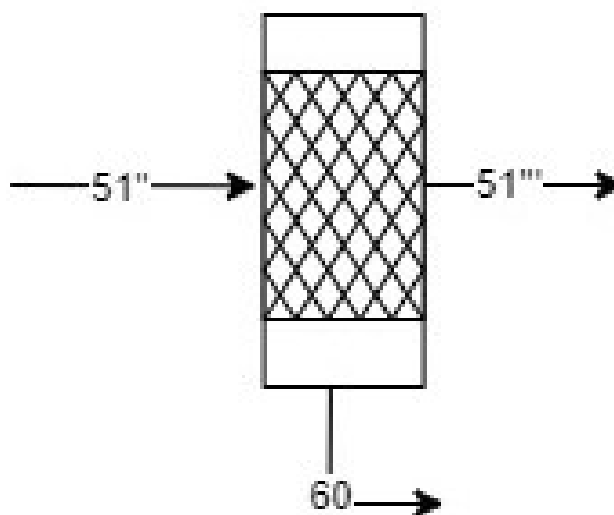
| Corrente | Taxa molar (kmol h⁻¹) |
|-----------------|---|
| C51' | 16,46 |
| C51'' | 12,97 |
| C59 | 18,99 |
| C59' | 22,47 |

Fonte: Autoria própria (2019).

5.4.4.3 Balanço de massa no desumidificador

O processo de desumidificação é de grande relevância, pois a presença da umidade pode alterar as características do biogás como o poder calorífico e a inflamabilidade, além de ocasionar corrosão dos equipamentos. De acordo com URBAN, GIROD e LOHMANN (2009), ocorre uma redução de vapor d'água de 3,1% para 0,15% em volume (VALENTE, 2015, SILVEIRA, 2015 et al. apud URBAN, GIROD e LOHMANN, 2009). A Figura 42 representa o balanço de massa no desumidificador.

Figura 42 – Balanço de massa: Desumidificador



Fonte: Autoria própria (2021).

- Balanço molar global:

$$C_{51''} = C_{51'''} + C_{60} \quad (58)$$

- Balanço por componente para a água:

$$C_{51''} * x_{C_{51''}} = C_{51'''} * x_{C_{51'''}} + C_{60} * x_{C_{60}} \quad (59)$$

Assim os valores encontrados para as correntes por meio das equações (58) e (59) encontram-se na Tabela 33.

Tabela 33 – Correntes 51''' e 58.

| Corrente | Taxa molar (kmol h⁻¹) |
|-----------------|---|
| C51''' | 12,59 |
| C60 | 0,38 |

Fonte: Autoria própria (2019).

A composição do biogás estimada antes e depois da purificação encontra-se na Tabela 34.

Tabela 34 - Composição do biogás antes e depois da purificação

| Componentes | Biogás antes da purificação | Biogás depois da purificação |
|-----------------------|--|---|
| CH₄ | 60,90 % | 83,85 % |
| CO₂ | 33,00 % | 15,00 % |
| H₂S | 2,00 % | 0,00 % |
| Vapor d'água | 3,10 % | 0,15 % |
| Outros | 1,00 % | 1,00 % |

Fonte: Autoria própria (2019).

Com o percentual de metano no biogás da Tabela 34, é possível determinar a densidade e o poder calorífico do gás. Por meio da Equação 43, determinou-se a densidade do biogás purificado, a qual foi de 0,72 kg m⁻³.

De acordo com SANTOS (2007), o poder calorífico do biogás pode ser dado através da Equação 60.

$$PC_B = \left(\frac{\% \text{CH}_4}{100} \right) * \rho_{\text{CH}_4} * PC_{\text{CH}_4} \quad (60)$$

Em que:

PC_B : poder calorífico do biogás, kJ m⁻³;

ρ_{CH_4} : peso específico do metano (0,72 kg m⁻³);

PC_{CH_4} : poder calorífico do metano (PCI= 50.000 e PCS = 55.545 kJ kg⁻¹).

Em condições normais de pressão e temperatura, o PC_B (superior) obtido foi de 33.533,63 kJ m⁻³ e o PC_B (inferior) de 30.186,00 kJ m⁻³.

Na Tabela 35 encontram-se os valores de produção e consumo do biogás da Mello, onde é possível observar que a produção de biogás será suficiente para suprir as necessidades do torrador. Os dados de consumo de biogás para cada tipo de café, foram obtidos a partir da Tabela 18.

Tabela 35 - Produção e consumo de biogás

| | |
|---|------------|
| Produção de biogás (kg ano⁻¹) | 500.620,00 |
| Consumo tipo gourmet (kg ano⁻¹) | 83.767,72 |
| Consumo tipo tradicional (kg ano⁻¹) | 181.052,94 |
| Consumo tipo extraforte (kg ano⁻¹) | 191.216,43 |
| Consumo total de biogás (kg ano⁻¹) | 456.037,90 |

Fonte: Autoria própria (2021).

5.4.5 ÁREA 3300: Tratamento da água de lavagem

A indústria Mello optou por realizar o tratamento de água do processo de lavagem do beneficiamento do café por meio de grade seguida de um decantador, devido à alta quantidade de água com resíduos grosseiros e DQO muito baixa.

O processo de gradeamento é uma operação unitária responsável por reter sólidos grosseiros contido no afluente, assim, protegendo os demais equipamentos que virão nas etapas seguintes (METCALF, EDDY, 2016). A Mello optou por utilizar grades de barras devido o tipo dos resíduos sólidos (folhas, pedras, galhos e entre outros) contidos no afluente a ser tratado. A Figura 43 é o esquema do tratamento preliminar adotado pela indústria de café.

Figura 43 - Esquema do tratamento preliminar



Fonte: DIELLE (2014).

5.4.5.1 Balanço de massa na grade

A indústria de café adotou um espaçamento entre as barras de 25,00 mm, sendo assim, gradeamento médio de acordo com a NBR 12209 abaixo.

“As grades de barras devem ter espaçamento entre as barras de 10 a 100 mm, sendo classificadas, de acordo com tal espaçamento como:

- a) grade grossa: espaçamento de 40 a 100 mm;
- b) grade média: espaçamento de 20 a 40 mm;
- c) grade fina: espaçamento de 10 a 20 mm” (NBR 12209, 2011).

Considerando a espessura da barra igual a $1,0E-3$ m (FERREIRA, 2017). É possível determinar a eficiência da grade pela Equação 61, em que o resultado se encontra na Tabela 36.

$$E = a/(a + t) \quad (61)$$

Em que:

E- eficiência da grade;

a- espaçamento entre as barras (25 mm);

t- espessura da barra.

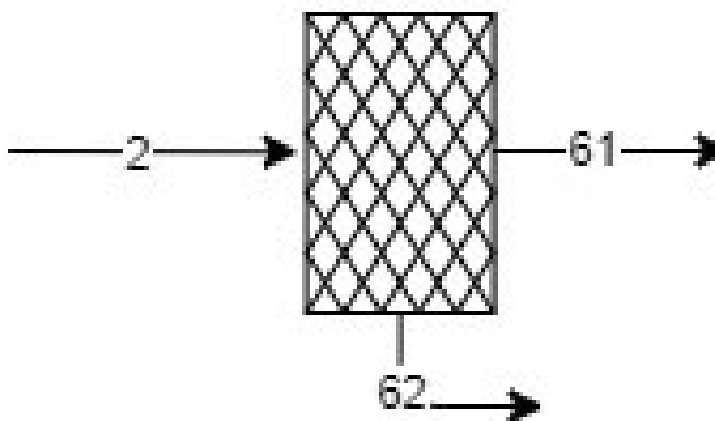
Tabela 36- Eficiência do gradeamento

| | |
|-------------------|------|
| Eficiência | - |
| <i>E</i> | 0,96 |

Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 44 corresponde ao balanço de massa na grade.

Figura 44- Balanço de massa: grade



C52- água da lavagem. C61- água destinada ao decantador. C62- massa retida.

Fonte: Autoria própria (2021).

- Balanço global:

$$C2 = C61 + C62 \quad (62)$$

Considerando a eficiência calculada, realizou-se o balanço de massa na grade. A Tabela 37 estão os valores encontrados das correntes.

Tabela 37 - Balanço de massa na grade

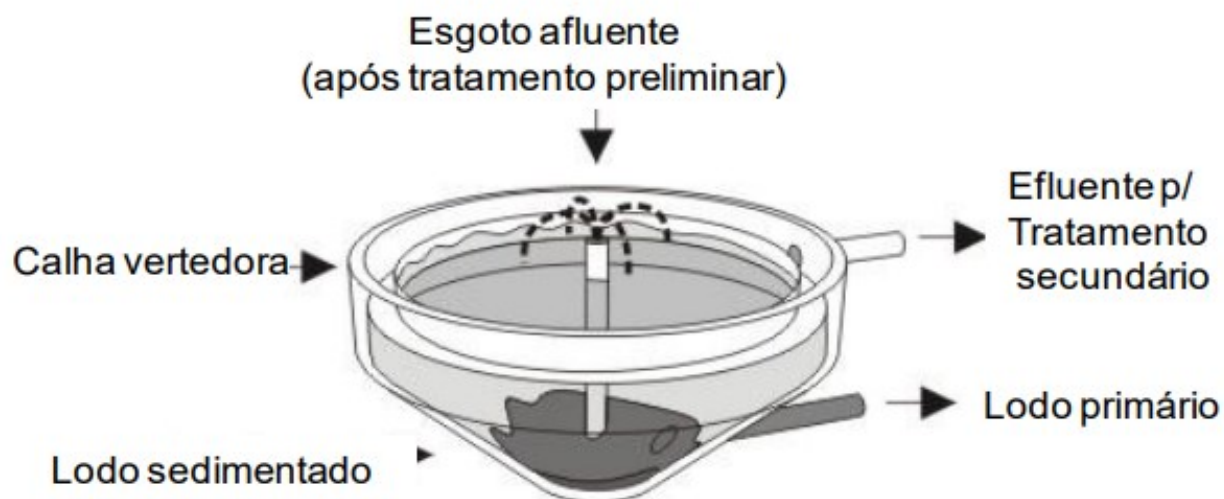
| Corrente | Massa (kg) | Vazão mássica (kg min⁻¹) | (%) impurezas | (%) água |
|-----------------|-------------------|--|----------------------|-----------------|
| C2 | 158.600,21 | 330,42 | 0,55 | 95,45 |
| C61 | 157.762,80 | 328,67 | 0,02 | 99,98 |
| C62 | 837,41 | 1,74 | 1,00 | 0,00 |

Fonte: Autoria própria (2021).

5.4.5.2 Balanço de massa no decantador

Após o tratamento preliminar o afluente é destinado a um decantador tipo cônico como esquematizado na Figura 45.

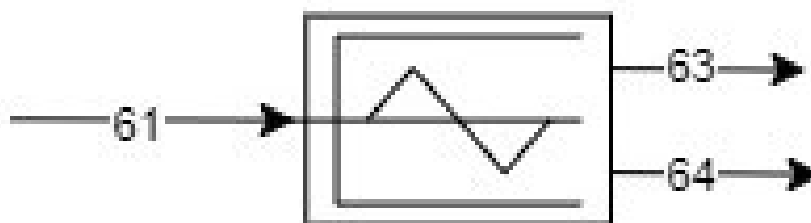
Figura 45 - Decantador cônico



Fonte: DIELE (2014).

A Figura 46 corresponde ao balanço de massa no decantador.

Figura 46 - Balanço de massa: decantador



C61- água destinada ao decantador. C63- água clarificada. C64- massa retida.

Fonte: Autoria própria (2021).

- Balanço global:

$$C61 = C63 + C64 \quad (63)$$

Adotando uma sedimentação de 80% no decantador das impurezas contidas no afluente, realizou-se o balanço de massa conforme mostrado na Tabela 38.

Tabela 38 - Balanço de massa no decantador

| Corrente | Massa (kg) | Vazão mássica (kg min⁻¹) | (%) impurezas | (%) água |
|-----------------|-------------------|--|----------------------|-----------------|
| C61 | 157.762,80 | 328,67 | 0,02 | 99,98 |
| C63 | 157.737,56 | 328,62 | 4,00E-3 | 100,00 |
| C64 | 25,24 | 0,05 | 96,00 | 4,00 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

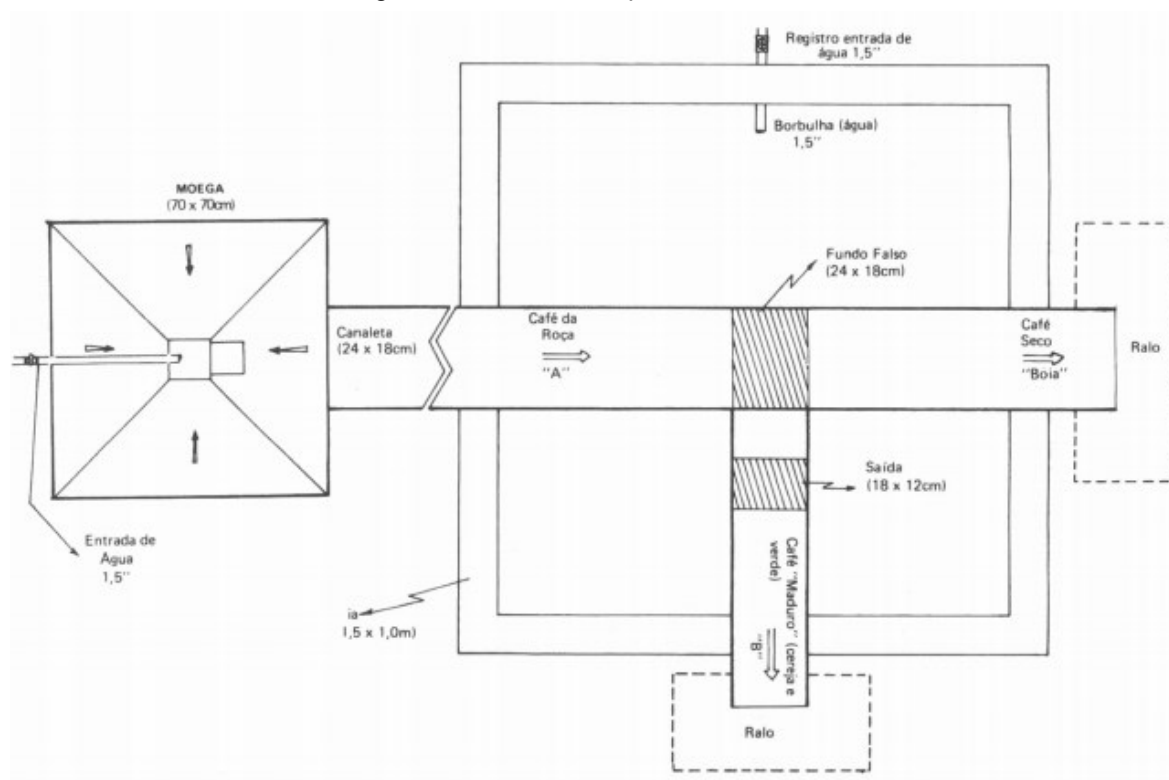
6 ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS

6.1 Setor 1000

6.1.1 Lavador

O lavador escolhido pela empresa Mello é do tipo maravilha, onde a separação dos grãos leves dos pesados além da eliminação de impurezas, sua grande vantagem é a formação de lotes mais uniformes tanto em relação ao teor de umidade quanto a maturação do grão.

Figura 47 - Lavador/ separador Maravilha



Fonte: Adaptado Emater - ES (2021).

Quadro 3 - Características técnicas do lavador

| LAVADOR | ESPECIFICAÇÕES |
|---------------------------------|----------------|
| Capacidade (L h ⁻¹) | 20000 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 2350x9600x1800 |
| Potência (HP) | 5,5 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

6.1.2 Despolpador

O despolpador escolhido pela empresa é o PA-DCC/6 da Palini Alves que proporciona uma economia nos custos do processamento além da redução de até 40% do volume dos grãos de café.

Figura 48 - Despolpador Palini Alves



Fonte: Palini Alves (2021).

Quadro 4 - Características técnicas do despolpador

| DESPOLPADOR | ESPECIFICAÇÕES |
|---------------------------------|-----------------------|
| Capacidade (L h ⁻¹) | 6000 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 1800x2850x2800 |
| Potência (HP) | 9,5 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

6.1.3 Desmucilador

O desmucilador escolhido pela Mello é o DMPE da Pinhalense que além de não causar danos ao café, dispensa o uso de tanques de fermentação.

Figura 49 - Desmucilador Pinhalense



Fonte: Pinhalense (2021).

Quadro 5 - Características técnicas do desmucilador

| DESMUCILADOR | ESPECIFICAÇÕES |
|----------------------------------|-----------------------|
| Capacidade (kg h ⁻¹) | 12.000 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 1450x950x1250 |
| Potência (HP) | 10 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

6.1.4 Peneira

A peneira escolhida pela Mello é a Peneira DC-PVERDE da Pinhalense, que além de cumprir todos os parâmetros exigidos pela empresa, esta apresenta um baixo consumo energético.

Figura 50 - Peneira Pinhalense



Fonte: Pinhalense (2021).

Quadro 6 - Características técnicas da peneira

| PENEIRA | ESPECIFICAÇÕES |
|----------------------------------|-----------------------|
| Capacidade (kg h ⁻¹) | 6.000 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 1100x3800x1400 |
| Potência (HP) | 1 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

6.1.5 Mesa densimétrica

A mesa densimétrica da Zampronio foi a escolha da Mello devido ao seu baixo nível de ruído e seus precisos sistemas de regulação.

Figura 51 - Mesa Densimétrica Zampronio



Fonte: Zampronio (2021).

Quadro 7 – Características técnicas da mesa densimétrica

| MESA DENSIMÉTRICA | ESPECIFICAÇÕES |
|----------------------------------|-----------------------|
| Capacidade (kg h ⁻¹) | 3.000 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 1000x2500x1350 |
| Potência (cv) | 6 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

6.1.6 Seleccionadora Óptica

A Mello devido ao seu comprometimento em qualidade escolheu a seleccionadora óptica eletrônica FCS, que seleciona os grãos com precisão garantindo assim a mais alta qualidade.

Figura 52 - Seleccionadora Óptica Selgron



Fonte: Selgron (2021).

Quadro 8 -Características técnicas da seccionadora óptica.

| SELECCIONADORA ÓPTICA | ESPECIFICAÇÕES |
|----------------------------------|-----------------------|
| Capacidade (kg h ⁻¹) | 9.000 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 1275x1370x2095 |
| Potência (W) | 1300 |

Fonte: Aatoria Própria (2021).

6.1.7 Secador

O secador escolhido pela Mello é o secador rotativo PA-SR/15 da Palini Alves que apresenta uma secagem uniforme com eficiência, rapidez e apresenta um bom aproveitamento de calor, o que resulta em uma economia de combustível.

Figura 53 - Secador Rotativo Palini Alves



Fonte: Palini Alves (2021).

Quadro 9 - Características técnicas do secador

| SECADOR | ESPECIFICAÇÕES |
|---------------------------------|-----------------------|
| Capacidade (L h ⁻¹) | 15.000 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 4800x9150x10500 |
| Potência (cv) | 12 |

Fonte: Aatoria Própria (2021).

6.2 Setor 2000

6.2.1 Torrador

A Figura 54 apresenta o torrador escolhido pela empresa Mello. O modelo Turbo possui uma fornalha ecológica e duas câmaras fixas de ar quente turbilhonado que possuem um misturador mecânico. Outras vantagens são o baixíssimo ruído e a obtenção de uma curva de torra mais rápida e eficiente com o software Roasting Profile.

Figura 54 - Torrador Turbo Probat Leogap.



Fonte: Probat Leogap (2021).

Quadro 10 - Características técnicas do torrador

| TORRADOR | ESPECIFICAÇÕES |
|----------------------------------|-----------------------|
| Capacidade (kg h ⁻¹) | 1.600 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 5000x5000x4000 |
| Potência (HP) | 35 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

6.2.2 Silo de Armazenamento

Os silos de armazenamento escolhidos pela Mello foram do modelo SCTQ, onde o café que sai torrado descansa em torno de quatro horas para ser conduzido para o moinho. As características estão representadas no quadro abaixo.

Figura 55 - Silo de Armazenamento mod SCTQ



Fonte: MF Rural (2021).

Quadro 11 - Características técnicas do silo

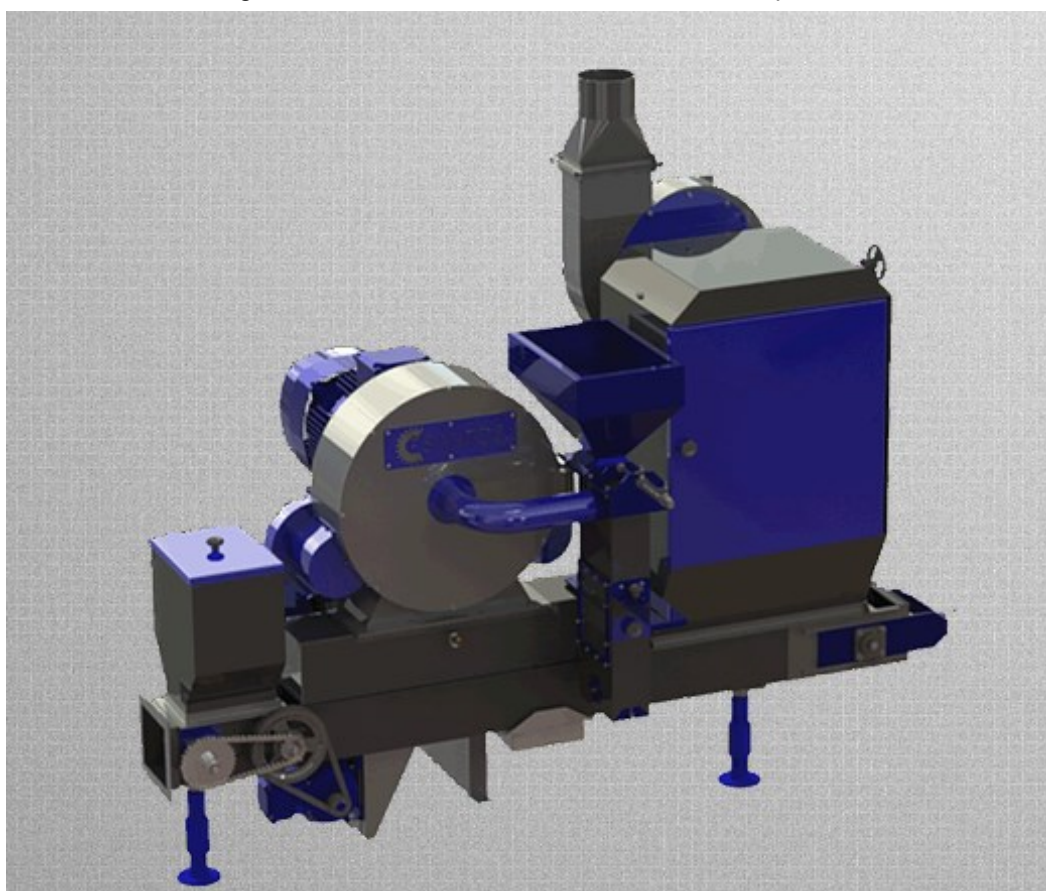
| SILO | ESPECIFICAÇÕES |
|----------------------|-----------------------|
| Capacidade (kg) | 6.000 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 3000x6000x3000 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

6.2.3 Moinho

Os moinhos da CP Santos Máquinas proporcionam uma moagem uniforme para diversas granulometrias. O equipamento não produz micro pó, propriedade essencial para qualquer tipo de embalagem.

Figura 56 - Moinho de martelos CP Santos Máquinas



Fonte: CP Santos (2021).

Quadro 12 - Características técnicas do moinho

| MOINHO DE MARTELOS | ESPECIFICAÇÕES |
|--------------------------------|-----------------------|
| Produção (kg h ⁻¹) | 1.700 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 1320x1900x1500 |
| Potência (cv) | 30 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

6.2.4 Empacotadora

A nova geração de máquinas empacotadoras da Fabrima possibilita uma manutenção mínima graças à sua estrutura fechada. Além disso, é capaz de ser acoplada a todos os sistemas de alimentação.

Figura 57 - Empacotadora Fabrima Flexibag 270



Fonte: FABRIMA (2020).

Quadro 13 – Características técnicas da empacotadora

| EMPACOTADEIRA | ESPECIFICAÇÕES |
|----------------------------|-----------------------|
| Largura do pacote (mm) | Até 270 |
| Comprimento do pacote (mm) | Até 410 |
| Dimensões LxCxA (mm) | 1290x2440x1715 |
| Produção (pacotes/min) | 50 |
| Consumo de energia (kW) | 4 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

6.3 Setor 3000

6.3.1 Tanque de acidificação e equalização

O Tanque de acidificação e equalização tem cinco finalidades: neutralizar o afluente, minimizar variações de vazão e de concentração, diluir compostos tóxicos

e por fim fornecer alimentação contínua aos processos de tratamento posteriores (BETINELI, 2011). Portanto, é um equipamento fundamental, pois a Mello opera 12 h por dia e o UASB em 24 h, assim o TAE possibilita que o reator anaeróbico trabalhe de forma contínua.

- **Volume do TAE**

Considerando a massa específica do afluyente é aproximadamente igual da água, temos que Q_{entrada} (corrente C47) é $49,79 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e o $Q_{\text{saída}}$ (corrente C50) é $14,94 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, a partir dos valores das vazões é possível determinar o volume do tanque do processo (V_p), para 12 h de produção.

$$V_p = (Q_{\text{entrada}} - Q_{\text{saída}}) * t_{\text{produção}} \quad (64)$$

O volume mínimo de equalização é 30% do V_p .

$$V_{\text{min}} = V_p * (0,3) \quad (65)$$

Assim, o volume total do tanque (V_{TAE}) requerido se dar pela somatória do volume V_p e V_{min} .

Os valores de volumes obtidos no dimensionamento do TAE encontram-se na Tabela 39.

Tabela 39 - Volumes do TAE

| Volume | m³ |
|------------------------|----------------------|
| V_p | 418,20 |
| V_{min} | 125,46 |
| V_{TAE} | 543,66 |

Fonte: Autoria própria (2021).

- **Dimensões do TAE**

Por meio da Equação 66, determinou-se as dimensões do TAE, em que se considerou $b=L$ e $H=4 \text{ m}$. Os resultados obtidos, encontram-se na Tabela 40.

$$V_{\text{TAE}} = b * L * H \quad (66)$$

Em que:

H – altura;

b – base;

L – comprimento.

Tabela 40 - Dimensões do TAE

| Dimensões | m |
|------------------|----------|
| H | 6,00 |
| b | 9,52 |
| L | 9,52 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

- **Potência do motor do agitador**

Utilizou-se a Equação 67 para determinar a potência do agitador. Considerou-se $D_p = 10 \text{ W m}^{-3}$ e $\eta = 0,75$ de acordo com a literatura (BETINELI, 2011; CIESIELSKI, 2011). Na Tabela 41 encontra-se o valor da potência requerida pelo motor.

$$P = (D_p * V_{TAE}) / \eta \quad (67)$$

Em que:

P- potência do motor;

η - eficiência mínima;

D_p - densidade de potência.

Tabela 41 - Potência do agitador

| Potência | W |
|-----------------|----------|
| P | 7.248,80 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

6.3.2 Reatores anaeróbios de manta de lodo com fluxo ascendente

- **Volume do reator**

Utilizou-se o tempo de residência do UASB ($\tau = 10 h$) e a vazão de alimentação ($Q =$ corrente C50) para determinar o volume do reator (V_r), como esquematizado na Equação 68. O volume encontrado segue na Tabela 42.

$$\tau = V_r/Q \quad (68)$$

Tabela 42 - Volume do UASB

| Volume | m³ |
|---------------|----------------------|
| V_r | 165,96 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

- **Área do reator**

Para determinar a área do reator considerou-se $H_p = 8 m$ na Equação 69. O valor encontrado segue na Tabela 43.

$$A_r = V_r/H_p \quad (69)$$

Em que:

A_r - área do reator;

H_p - altura de processo.

Tabela 43- Área do UASB

| Área | m² |
|-------------|----------------------|
| A_r | 20,75 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

- **Altura do reator**

Determinou-se a altura do reator por meio da Equação 70. Adotando-se: $H_c = 0,5$ m; $H_s = 2,5$ m de acordo com METCALF, EDDY (2016). A altura do UASB encontra-se na Tabela 44.

$$H_r = H_p + H_c + H_s \quad (70)$$

Em que:

H_r - altura total do reator;

H_c - altura da região clarificada;

H_s - altura do separador.

Tabela 44 - Altura do UASB

| Altura | m |
|---------------|----------|
| H_r | 11,00 |

Fonte: Autoria própria (2021).

- **Velocidade ascendente**

Pela Equação 71, determinou-se a velocidade ascendente (v), cujo o valor obtido encontra-se na Tabela 45.

$$v = Q/A_r \quad (71)$$

Tabela 45 - Velocidade ascendente

| Velocidade | m s⁻¹ |
|-------------------|-------------------------|
| v | 0,80 |

Fonte: Autoria própria (2021).

De acordo com NBR 12.209 (2011) a velocidade ascendente deve ser inferior a $1,2$ m s⁻¹ para vazões máximas, sendo assim, o reator UASB da indústria Mello está dentro da especificação.

6.3.3 Lagoa aerada facultativa

- **Tempo de detenção hidráulica LAF**

Segundo Ferreira (2017, apud Von Sperling, 2002) o tempo de detenção hidráulica (τ_{LAF}) para lagoas aeradas facultativas variam entre 5 a 10 dias. Assim, a Mello optou por trabalhar com um tempo de 7 dias.

- **Volume da LAF**

Determinou o volume da lagoa aerada facultativa pela Equação 72, cuja o valor encontrado está representado na Tabela 46. Temos $Q_e = 8,155 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (corrente C53).

$$V_{LAF} = \tau_{LAF} * Q_e \quad (72)$$

Em que:

V_{LAF} - volume requerido da lagoa;

Q_e - vazão de entrada da lagoa.

Tabela 46 - Volume da LAF

| Volume | m³ |
|---------------|----------------------|
| V_{LAF} | 57,09 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

- **Área da lagoa**

Para determinar a área da lagoa considerou-se $H_{LAF} = 2 \text{ m}$ na Equação 73. O valor encontrado segue na Tabela 47.

$$A_{LAF} = V_{LAF}/H_{LAF} \quad (73)$$

Em que:

A_{LAF} - área da lagoa;

H_{LAF} - altura da lagoa.

Tabela 47- Área da LAF

| Área | m ² |
|-----------|----------------|
| A_{LAF} | 28,54 |

Fonte: Autoria própria (2021).

- **Dimensões da lagoa**

De acordo com Ferreira (2017), considerando o modelo de mistura completa, uma lagoa com geometria retangular possui a relação de 1:1,5 largura/comprimento. Portanto, é possível determinar as dimensões da LAF pelas Equações (74), (75). Os dados obtidos encontram-se na Tabela 48.

$$A_{LAF} = L * C \quad (74)$$

$$L = 1,5 * C \quad (75)$$

Em que:

L - largura da LAF;

C - comprimento da LAF.

Tabela 48 - Dimensões da LAF

| Dimensões | m |
|-----------|------|
| L | 4,36 |
| C | 6,54 |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.3.4 Colunas de absorção e regeneração

As colunas utilizadas no processo de remoção de enxofre do biogás são do tipo borbulhamento. Essas colunas, são amplamente utilizadas em operações gás/líquido, devido à sua construção simples, baixo custo operacional e alta eficiência. O gás é disperso na fase líquida na forma de bolhas, proporcionando

assim, a área de contato desejada (MELO, 2017). A Tabela 49 encontra-se as condições operacionais utilizadas por Frare et al. (2009).

Tabela 49 - Condições operacionais das colunas de borbulhamento

| | |
|--|------|
| Concentração da solução Fe/EDTA (M) | 0,40 |
| Pressão do biogás (kPa) | 200 |
| Temperatura (°C) | ≈ 25 |

Fonte: adaptado de FRARE et al. (2009).

A Tabela 50 encontram-se as dimensões das colunas de borbulhamento utilizadas no processo de remoção de enxofre do biogás. Os valores foram obtidos a partir da comparação das dimensões da literatura de Frare et al. (2009).

Tabela 50- Dimensões das colunas de borbulhamento

| Dimensões | m |
|------------------|----------|
| altura | 4,00 |
| diâmetro | 2,56 |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.3.5 Coluna de absorção de CO₂

A coluna empregada para realizar a adsorção de CO₂ contém recheio composto por anéis de Rasching. A Tabela 51 encontram-se as dimensões da coluna de recheio utilizada para a absorção de CO₂, cujo os valores, foram obtidos a partir da comparação das dimensões da literatura de Frare et al. (2009).

Tabela 51 - Dimensões da coluna de recheio

| Dimensões | m |
|------------------|----------|
| altura | 5,70 |
| diâmetro | 3,50 |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.3.6 Desumidificador

Para realizar o processo de desumidificação do biogás, a indústria Mello optou por um secador de duto deliquescente de torre única. O modelo escolhido é o PLD 8-7.2, o qual possui 2,44 m (8 ft) de diâmetro e uma pressão máxima de trabalho de 720 psig. A Figura 58 encontra-se a ilustração do desumidificador.

Figura 58- Desumidificador



Fonte: AIRVACUUMPROCESS (2021).

6.3.7 Gasômetro

A indústria Mello optou por utilizar um gasômetro de baixa pressão (2 psi), o qual, é composto por uma lona impermeável de PVC flexível (PROBIOGÁS, 2010). A Figura 59 encontra-se a representação de um gasômetro similar da empresa de café.

Figura 59 - Gasômetro



Fonte: Biogas engineering (2021).

6.3.7.1 Flare

A indústria Mello optou por empregar o equipamento *Flare*, para garantir a segurança da empresa e proteção do meio ambiente, nos casos, em que o gasômetro atinge a sua capacidade máxima de armazenar ou em trabalhos de manutenção, assim, o biogás não utilizado pode ser descartado de forma segura. O equipamento possui fluxo de até $3.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, uma temperatura de combustão de $800 - 1.200 \text{ }^\circ\text{C}$ e material de aço inoxidável (PROBIOGÁS, 2010). A Figura 60 encontra-se a ilustração de um *Flare*.

Figura 60 - Flare



Fonte: PROBIOGÁS (2010).

6.3.8 Gradeamento

6.3.8.1 Grade

Pela NBR 12209 (2011) para vazões menores que 100 L s^{-1} a limpeza da grade pode ser feita de forma manual. Logo, a sua inclinação está entre o intervalo de 45° a 60° .

- **Área útil**

Sabendo que a vazão máxima de entrada na grade (corrente C2) é $5,52\text{E-}3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e adotando uma $V_g = 0,60 \text{ m s}^{-1}$. Determinou-se a área útil pela Equação 76, cuja o valor encontrado está na Tabela 52.

$$A_u = Q/V_g \quad (76)$$

Em que:

A_u - área útil;

Q - vazão do afluente;

V_g - velocidade fixada através do gradeamento.

Tabela 52- Área útil do gradeamento

| Área | m^2 |
|-------|--------------|
| A_u | 9,21E-3 |

Fonte: Autoria própria (2021).

- **Seção do canal**

A partir dos dados calculados anteriormente é possível determinar a seção do canal junto à grade (S), pela na Equação 77. Tabela 53 encontra-se o valor obtido.

$$S = A_u/E \quad (77)$$

Em que:

S - seção do canal;

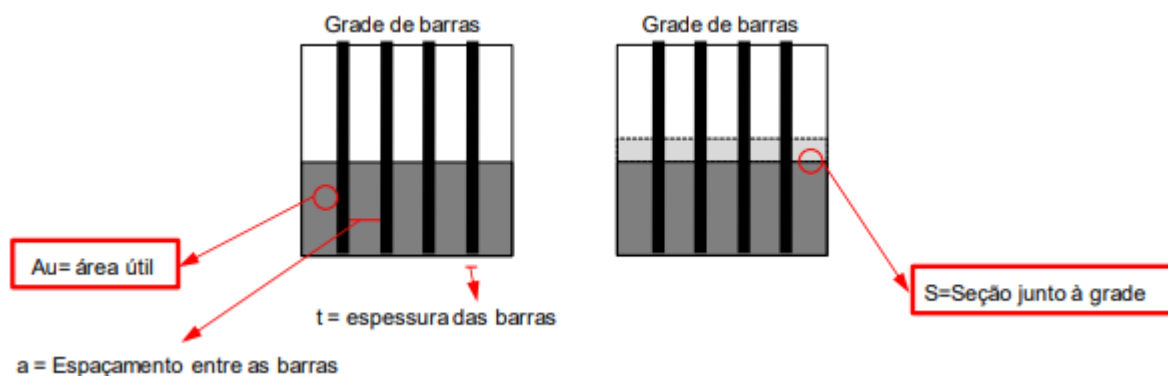
E - eficiência da grade (calculada na seção 5.4.5.1).

| Área | m ² |
|----------|----------------|
| S | 9,57E-3 |

Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 61 demonstra os detalhes da área útil e a seção do canal junto à grade.

Figura 61 - Detalhes da área útil e seção do canal junto à grade



Fonte: DIELLE (2014).

- **Largura e a altura da lâmina d'água no canal**

Pela Equação 78 calculou-se a largura e a altura para a lâmina d'água no canal. Considerando que $h = 2 * L$; os valores encontrados estão na Tabela 54.

$$L = S/h \quad (78)$$

Em que:

L - largura do canal;

h - altura da lâmina d'água no canal.

Tabela 54- Largura e a altura da lâmina d'água no canal

| Dimensões | m |
|------------------|----------|
| <i>L</i> | 6,92E-2 |
| <i>h</i> | 0,14 |

Fonte: Autoria própria (2021).

- **Quantidade de barras**

A Equação 79 representa o número de barras necessário para o projeto da grade, cujo o valor encontrado está na Tabela 55 (adotado $t = 1,00 \text{ E-3 m}$).

$$Nb = (L - a)/(t + a) \quad (79)$$

Tabela 55 - Números de barras da grade

| | |
|---------------------|------|
| Nº de barras | - |
| <i>Nb</i> | 1,70 |

Fonte: Autoria própria (2021).

- **Número de espaçamentos**

A Equação 80 representa o número de espaçamento necessário para o projeto da grade, cujo o valor encontrado está na Tabela 56.

$$Ne = Nb + 1 \quad (80)$$

Tabela 56 - Números de espaçamento

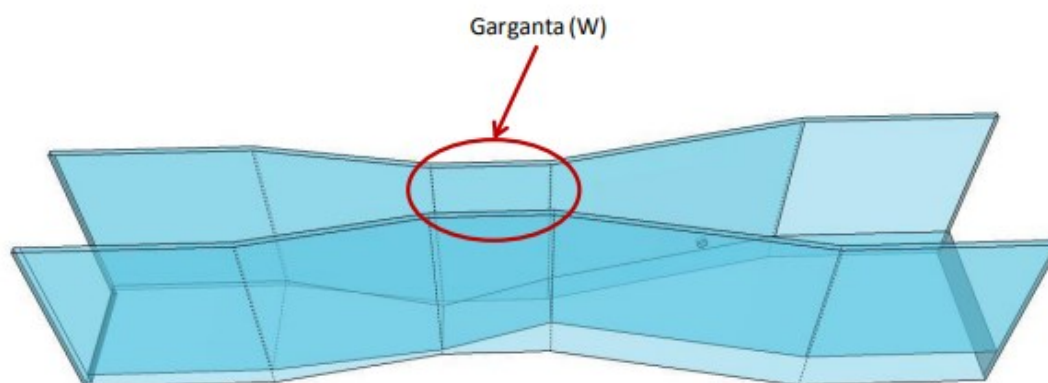
| | |
|--------------------------|------|
| Nº de espaçamento | - |
| <i>Nb</i> | 2,70 |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.3.8.2 Desarenador

Para realizar o dimensionamento do desarenador é necessário determinar a largura da garganta (W) da Calha Parshall (medidor de vazão instalado após a caixa de areia) por meio da Tabela 57. A Figura 62 é a representação da garganta da calha Parshall.

Figura 62 - Detalhes da garganta da calha Parshall



Fonte: DIELLE (2014).

Tabela 57 - Valores de "W" de acordo com as vazões de projeto

| Garganta W | W (m) | Vazão de escoamento livre (L s ⁻¹) |
|------------|-------|--|
| 3" | 0,076 | 0,8 – 53,8 |
| 6" | 0,152 | 1,4 – 11-,4 |
| 9" | 0,229 | 2,5 – 252,0 |
| 1' | 0,305 | 3,1 – 455,9 |
| 2' | 0,610 | 11,9 – 937,3 |
| 3' | 0,915 | 17,3 – 1.427,2 |
| 4' | 1,220 | 36,8 – 1.922,7 |
| 6' | 1,830 | 73,6 – 2.930,8 |
| 8' | 2,440 | 99,1 – 3950,2 |

Fonte: Adaptado de DIELLE (2014).

O valor da largura da garganta (W) escolhido foi de 3" (0,076 m), pois se enquadra melhor nas vazões diárias da Mello. Considerou-se que $Q_{máx}$ = é 5,52E-3 m³ s⁻¹(sem obstrução), $Q_{mín}$ = é 2,76E-3 m³ s⁻¹ (com 50% de obstrução) e $Q_{méd}$ = é 4,14E-3 m³ s⁻¹ (média entre os valores de $Q_{máx}$ e $Q_{mín}$).

- **Alturas de lâmina d'água mínimas, médias e máximas**

Conhecendo as vazões mínimas, médias e máximas para início e fim do projeto da ETE, pode-se determinar as alturas de lâmina d'água mínima, média e máxima, por meio da Equação 81 (DIELLE, 2014). A Tabela 58 encontra-se os valores das alturas.

$$H = [Q/(2,2 * W)]^{2/3} \quad (81)$$

Tabela 58 - Alturas de lâmina d'água mínimas, médias e máximas

| Alturas | m |
|----------------|----------|
| $H_{máx}$ | 0,10 |
| $H_{méd}$ | 8,50E-2 |
| $H_{mín}$ | 6,49E-2 |

Fonte: Autoria própria (2021).

- **Rebaixo**

A partir dos valores calculados anteriormente é possível determinar a altura do rebaixo (Z) pela Equação 82, cujo o valor encontra-se na Tabela 59.

$$Z = (Q_{máx} * H_{mín}) - (Q_{mín} * H_{máx}) / (Q_{máx} - Q_{mín}) \quad (82)$$

Tabela 59- Rebaixo do desarenador

| Altura | m |
|---------------|----------|
| Z | 2,68E-2 |

Fonte: Autoria própria (2021).

- **Altura do desarenador**

Dessa forma, a altura do desarenador (H_{des}) é dada pela diferença entre a altura para a vazão média e o rebaixo, como demonstrado na Equação 83, em que o valor calculado está na Tabela 60.

$$H_{des} = H_{méd} - Z \quad (83)$$

Tabela 60 - Altura do desarenador

| Altura | m |
|---------------|----------|
| H_{des} | 5,82E-2 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

- **Comprimento do desarenador**

Por meio da Equação 84 é possível encontrar o valor do comprimento do desarenador (C_{des}), em que resultado está na Tabela 61.

$$C_{des} = 22,5 * H_{des} \quad (84)$$

Tabela 61- Comprimento do desarenador

| Comprimento | m |
|--------------------|----------|
| C_{des} | 1,31 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

- **Largura do desarenador**

A NBR 12.209 (2011) determina um intervalo entre 0,20 e 0,30 m s⁻¹. Considerando, uma velocidade de escoamento (v) de 0,25 m s⁻¹, é possível determinar a largura do desarenador (L_{des}) pela Equação 85, cujo o valor encontrado está na Tabela 62.

$$L_{des} = Q_{máx}/(v * H_{des}) \quad (85)$$

Tabela 62 - Largura do desarenador

| Largura | m |
|-----------|------|
| L_{des} | 0,38 |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.3.9 Decantador

Pela NBR 12.209 (2011) para vazão superior a $250,00 \text{ L s}^{-1}$ é necessário dispor de mais um decantador, entretanto, a vazão máxima que será destinada para o decantador da indústria Mello é de $5,49 \text{ L s}^{-1}$, sendo assim, é necessário apenas de um decantador, o qual será feita a limpeza de forma manual.

Para realizar o dimensionamento do decantador é necessário considerar uma taxa de escoamento superficial de acordo com a NBR 12.209.

“A taxa de escoamento superficial deve ser compatível com a eficiência de remoção desejada, e ainda igual ou inferior a:

- a) $60 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ quando preceder processo de filtração biológica;
- b) $90 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ quando preceder processo de lodo ativado;
- c) $90 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ quando preceder processo for de decantação primária quimicamente assistida (processo *CEPT*)” (NBR 12.209, 2011).

- **Área em planta do decantador**

A área do decantador é dada pela Equação 86, em que o valor encontrado está na Tabela 63. (Considerando $TAS = 60,00 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)

$$A_d = Q_d / TAS \quad (86)$$

Em que:

A_d – área do decantador;

Q_d - vazão máxima de entrada do decantador;

TAS - taxa de escoamento superficial.

Tabela 63- Área do decantador

| Área | m² |
|-----------------------------|----------------------|
| <i>A_d</i> | 7,91 |

Fonte: Autoria própria (2021).

- **Diâmetro do decantador**

Pela Equação 87, pode-se determinar o valor do diâmetro do decantador (*D*), cujo o valor encontrado está representado na Tabela 64.

$$A_d = \pi * D/4 \quad (87)$$

Tabela 64 - Diâmetro do decantador

| Diâmetro | m |
|-----------------|----------|
| <i>D</i> | 3,17 |

Fonte: Autoria própria (2021).

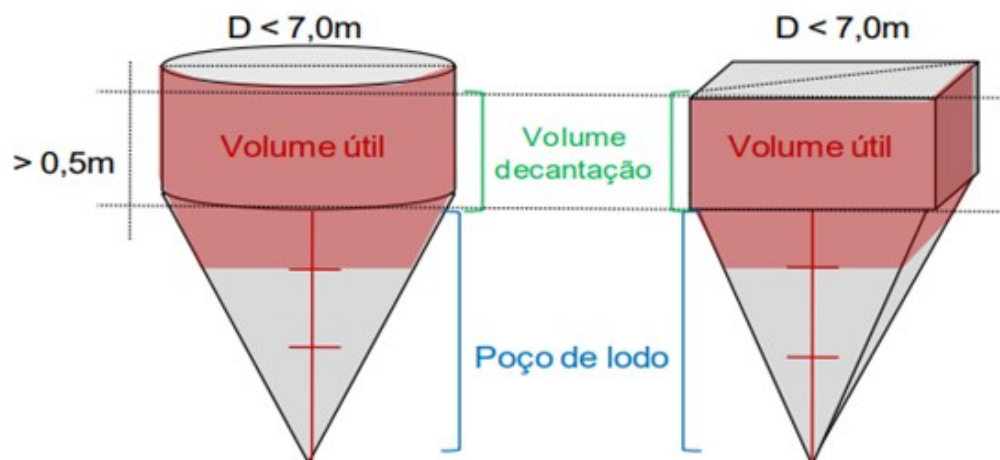
O diâmetro do decantador de acordo com NBR 12.209 (2011) não pode ser superior a 7,00 m, sendo assim, o decantador da indústria de café está dentro da especificação.

- **Volume de decantação**

Pela NBR 12.209 (2011), a profundidade de água na parede lateral (*h*) em decantadores de limpeza manual, deve ser igual ou superior a 0,50 metros.

A Figura 63 está o esquema de um decantador primário de limpeza manual com suas dimensões.

Figura 63 – Esquema de um decantador primário (seção circular e quadrada)



Fonte: DIELE (2014).

Adotando $h = 0,50$ m na Equação 88, temos o volume de decantação (V_{dec}), em que o valor encontrado está na Tabela 65.

$$V_{dec} = A_d * h \quad (88)$$

| Volume | m ³ |
|-----------|----------------|
| V_{dec} | 3,96 |

Fonte: Autoria própria (2021).

- **Volume do poço de lodo**

Utilizando a Equação 89, é possível determinar o volume do poço de lodo, cujo o valor calculado encontra-se na Tabela 66. (Considerando um decantador cônico, $H = 1,50$ m e $R = D/2$)

$$V_{pl} = (\pi * H * R^2 / 3) \quad (89)$$

Tabela 66 - Volume do poço de lodo

| Volume | m³ |
|---------------|----------------------|
| V_{pl} | 3,95 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

- **Volume útil do decantador**

A partir dos valores calculados anteriormente é possível determinar o volume útil do decantador (V_u) pela Equação 90, conforme ilustrado na Figura 51, em que o valor encontrado está na Tabela 67.

$$V_u = V_{des} + (1/3) * V_{pl} \quad (90)$$

Tabela 67 - Volume útil do decantador

| Volume | m³ |
|---------------|----------------------|
| V_u | 5,28 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

- **Detenção hidráulica**

A Tabela 68 encontra-se o valor obtido pela Equação 91 do tempo de detenção hidráulica.

$$TDH = V_u/Q_d \quad (91)$$

Tabela 68 - Tempo de detenção hidráulica do decantador

| Tempo | h |
|--------------|----------|
| TDH | 0,27 |

Fonte: Aatoria própria (2021).

- **Taxa de escoamento no vertedor**

A Tabela 69 encontra-se o valor obtido pela Equação 92 da taxa de escoamento no vertedor.

$$TEV = Q_d / (\pi * D) \quad (92)$$

Tabela 69 - Taxa de escoamento no vertedor

| Taxa | m² h⁻¹ |
|-------------------|-------------------------------------|
| <i>TEV</i> | 1,99 |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.3.10 Reservatórios de água tratada

A indústria de café Mello implementará duas caixas d'água industriais para armazenar a água tratada do Setor 3000, ambas são compostas de aço carbono e do tipo tubular com volume de 10.000,00 L. A Figura 64 encontra-se a ilustração dos reservatórios adotados.

Figura 64 - Reservatórios d'água



Fonte: TANK METALURGICA (2021).

7 PROJETO ESTRUTURAL DA MELLO

7.1 PLANTA BAIXA DA EMPRESA

A planta baixa (ou *layout*) é muito importante no projeto da empresa, ela é um desenho técnico do projeto arquitetônico, em escala visto de cima, que mostra a relação entre os espaços da empresa. Por meio das plantas é possível identificar se os espaços são adequados de acordo com a sua finalidade e ter uma melhor visualização como se mover no ambiente (Lucidchart, 2021).

Implementar um bom plano de *layout* industrial pode trazer muitas vantagens para todo o sistema de produção, como melhorar a qualidade do estoque, reduzir o deslocamento de material, produto e pessoal, usar racionalmente o espaço disponível e conseguir supervisão e qualidade (MOREIRA, 2015).

O *layout* da Mello está apresentado no Apêndice A, e foi projetado para melhor aproveitamento da área utilizada, tendo como objetivo a economia no transporte com matérias-primas, fluxo de pessoas e produtos. As Figuras 65 e 66 representam imagens em 3D da indústria de café Mello.

Figura 65 - Indústria de café Mello vista frontal



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 66 - Indústria de café Mello



Fonte: Autoria própria (2021).

7.2 PFD

Diagrama de fluxo de processo, ou do inglês *Process Flow Diagram* (PFD) é um esquema do processo de uma indústria, ele se torna essencial em uma indústria pois nele está contido o mapeamento dos processos com suas respectivas composições, estados físicos e demais informações que julgam necessárias para que o processo ocorra. Um bom PFD pode permitir que caso haja algum problema seja de fácil localização ao consultar o diagrama, além de permitir a otimização dos processos.

O PFD da unidade Mello está apresentado no Apêndice B, junto a ele estão as tabelas as quais tem por objetivo informar a composição das correntes do processo e suas demais propriedades.

8 ANÁLISE FINANCEIRA

Segundo Claudino (2021), é fundamental analisar a situação financeira da empresa para identificar possíveis problemas e tomar decisões estratégicas,

avaliando os pontos positivos e negativos, bem como desenvolvendo métodos para seu crescimento.

Com a finalidade de analisar a viabilidade do empreendimento Mello, foram contabilizados os custos dos investimentos iniciais, equipamentos, produção, quadro de funcionários e tributações necessárias.

8.1 Investimento Inicial

Para a análise econômica da empresa Mello, foi feito o levantamento de todos os custos fixos, variáveis, custos dos equipamentos e custos com a infraestrutura da empresa.

8.1.1 Equipamentos e estrutura física

No Apêndice C.1, são expostos os valores dos equipamentos necessários para a implementação da indústria de café. Tais valores foram baseados em pesquisas de campo e cotações entre os possíveis fornecedores.

O custo da obra foi determinado conforme disposto na ABNT NBR 12.721:2006. A Câmara Brasileira da Indústria da Construção disponibiliza em seu site o cálculo do Custo Unitário de Construção por m². Para o estado de Minas Gerais, a estimativa é de R\$ 1.671,99 por m² no padrão CAL-8 (ANEXO B). Dessa forma, para a construção da sede industrial, cuja área utilizada será de 1200 m², serão gastos R\$2.006.388,00. No Apêndice C.2, encontram-se os investimentos gerais para a estrutura física da Mello.

8.1.2 Custos Fixos

O custo fixo é um fator de produção relacionado à atividade produtiva da empresa, não variando com o aumento ou diminuição da quantidade vendida ou produzida (SILVA et al., 2020).

Como parte dos custos fixos, fez-se o levantamento da quantidade de funcionários em cada função e os salários por cargo. A Mello contará com cinco sócios administrativos (presidente, engenheiro químico, gerente financeiro, gerente

de RH e gerente de produção), onde de acordo com o Art. 12 da Lei nº 8.212, de 24 de julho de 1991, os sócios administradores que trabalham em sociedade são classificados como contribuintes da previdência e devem ser pagos pelo trabalho que realizam. O valor estabelecido do pró-labore foi de R\$ 10.000,00, e para estes os encargos sociais/trabalhistas não são atribuídos.

Os custos referentes à remuneração dos outros colaboradores englobam os encargos sociais (INSS e FGTS) e trabalhistas (férias e 13º), apresentados na Tabela 70. A tabela de custos com funcionários está apresentada no Apêndice C.3.

Tabela 70 - Encargos sociais e trabalhistas

| Encargos | Porcentagem (%) |
|-----------------|------------------------|
| 13º salário | 8,33 |
| Férias | 11,11 |
| INSS | 20,00 |
| FGTS | 8,00 |

Fonte: Adaptado - Guia Trabalhista (2021).

Os custos fixos considerados para o projeto da Mello estão apresentados no Apêndice C.4 e o este valor anual resultou em R\$2.285.593,22.

8.1.3 Custos Variáveis

As despesas variáveis se alteram de acordo com as mudanças na produção, ou seja, estão diretamente relacionadas com o volume de produção ou de vendas, sendo que a apuração de seu custeio pode ser dada pelos materiais diretos, matéria prima e custos gerais (WERNKE, 2001).

Para os custos variáveis, considerando uma tarifa de 0,82499 R\$/kWh (CEMIG, 2021), foi feito o consumo anual de energia, que se encontra no Apêndice C.5. Foi feito também o levantamento dos insumos e materiais utilizados para produção do café (Apêndice C.6). O custo anual de despesas variáveis foi de R\$61.623.623,86.

8.2 Capital de Giro

O capital de giro são os recursos financeiros necessários para que a empresa possa cumprir com suas obrigações do cotidiano. Para tal, engloba-se o investimento total para a construção da indústria com o capital para o funcionamento durante os 3 primeiros meses.

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

Desta forma, o capital de giro será de R\$15.977.304,27 o que corresponde ao valor trimestral dos custos fixos e variáveis de produção.

8.3 Financiamento

A empresa optou por realizar o financiamento pelo Banco de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o qual disponibiliza em sua plataforma online um simulador para o cálculo das amortizações, valor das parcelas e taxas de juros. Na Tabela 71, está apresentado o valor do investimento inicial.

Tabela 71 - Investimento Inicial

| Investimento | Valor (R\$) |
|----------------------|-------------------------|
| Investimentos Gerais | R\$2.766.094,00 |
| Equipamentos | R\$2.310.118,07 |
| Capital de Giro | R\$15.977.304,27 |
| Total | R\$21.053.516,34 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Sendo o valor do investimento inicial de R\$21.053.516,34, foi financiado 80% do investimento inicial pelo BNDES, e os outros 20% pelos sócios investidores. Com isso, o valor financiado pelo banco foi de R\$16.842.813,07 e para a simulação foi utilizado um prazo total de 8 anos, com uma carência de 2 anos.

O simulador do BNDES utiliza o sistema FINAME, em que no período de carência, é pago apenas os juros (10,24% ao ano), e depois paga-se um valor de amortização constante. No Apêndice C.7 consta a tabela do financiamento feito pelo BNDES.

8.4 Depreciação

A depreciação é a perda do valor real de um bem devido ao desgaste pelo seu uso. O Apêndice C.8 apresenta as taxas de depreciação e valores depreciados, obtendo assim uma depreciação anual de R\$410.128,53.

8.5 Tributação

A empresa é optante pelo regime tributário do Simples Nacional, que engloba os impostos apresentados na Tabela 72.

Tabela 72 - Regime tributário

| Tributo | Alíquota |
|----------------|-----------------|
| ICMS | 12% |
| PIS | 7% |
| COFINS | 3% |
| IRPJ | 15% |
| CSLL | 9% |
| ISS | 3% |
| IPI | 0,5% |

Fonte: Autoria Própria (2021).

8.6 Receita

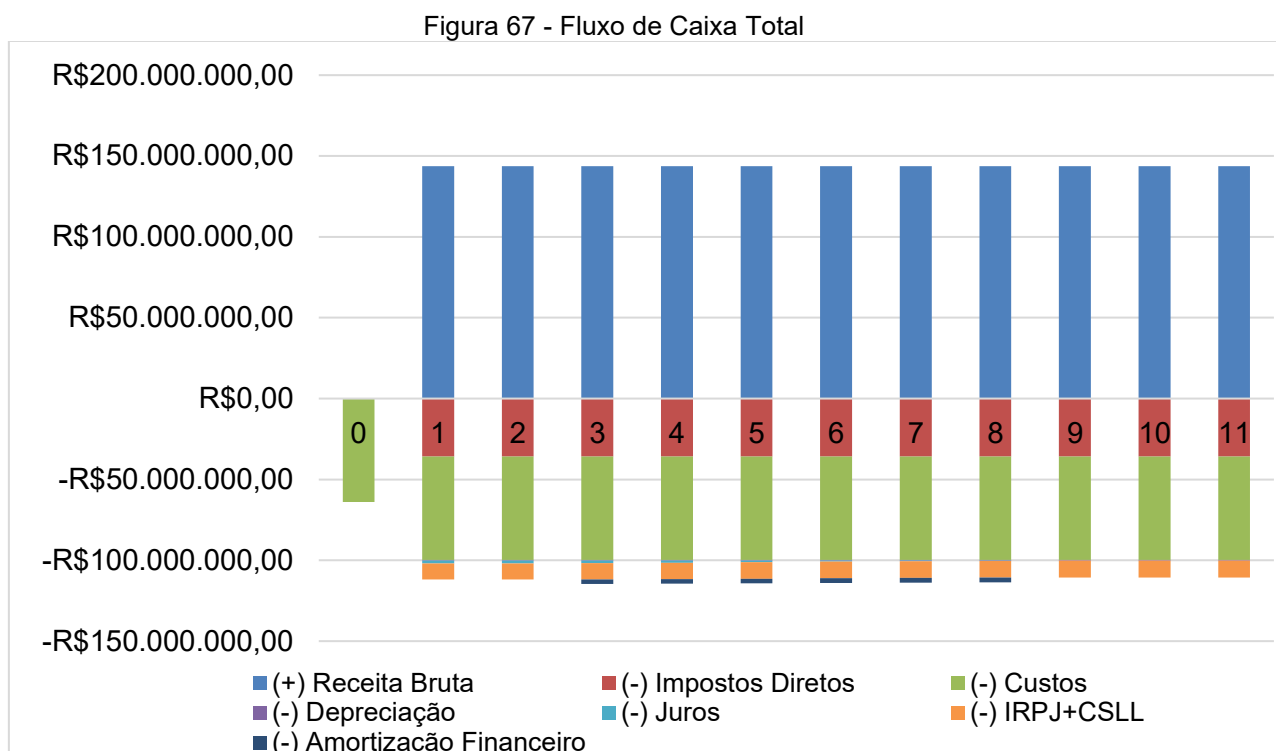
A receita anual compreende todos os ganhos associados aos produtos comercializados. Com base na produção anual, despesas e impostos, estipulou-se o valor dos cafés tradicional, extraforte e *gourmet*, foi considerado também o valor de prestação de serviços no período que os equipamentos do setor 1000 (lavador, desmucilador, despulpador e secador) estiverem ociosos, já que estes operam apenas 78 dias no ano, ficando assim disponíveis.

Os valores estão apresentados no Apêndice C.9, e o valor da receita bruta anual resultou em R\$143.746.608,14.

8.7 Fluxo de caixa

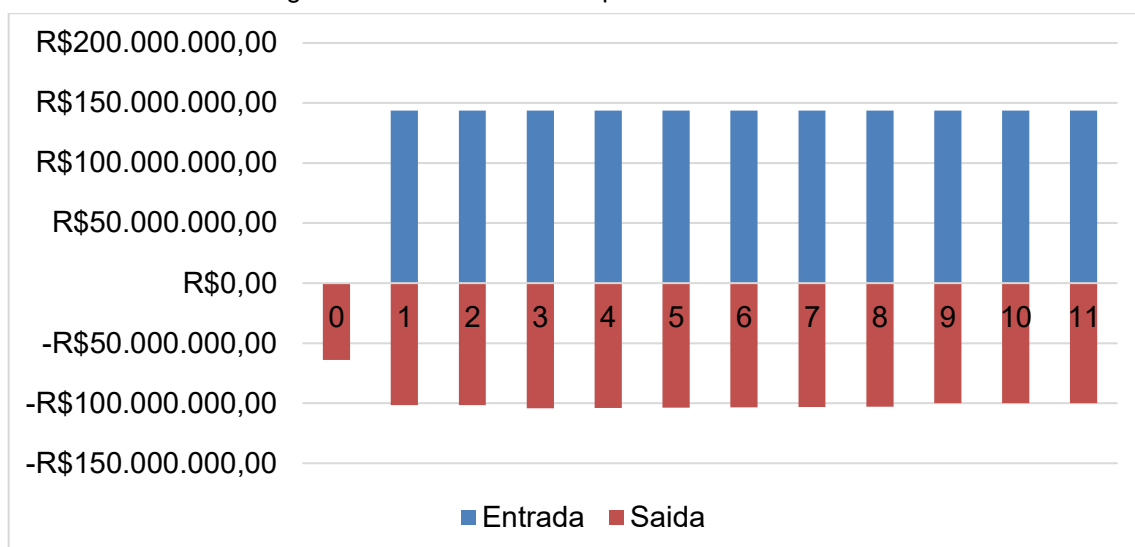
O fluxo de caixa é uma ferramenta da gestão financeira que projeta todas as entradas e saídas dos recursos da empresa, indicando assim o saldo de caixa para determinado período (SEBRAE, 2011). As projeções desse fluxo são de suma importância para que se possa ter uma boa gestão. O montante que deve ser mantido no caixa é determinado por meio dos valores que serão desembolsados nos dias ou semanas seguintes, além das possíveis reservas para suprir imprevistos (SILVEIRA, 2012).

A Figura 67 apresenta o fluxo de caixa da empresa com todos as deduções.



A Figura 68, apresenta o fluxo de caixa líquido, ou seja, as entradas e saídas.

Figura 68 - Fluxo de caixa líquido: Entradas e Saídas



Fonte: Autoria Própria (2021).

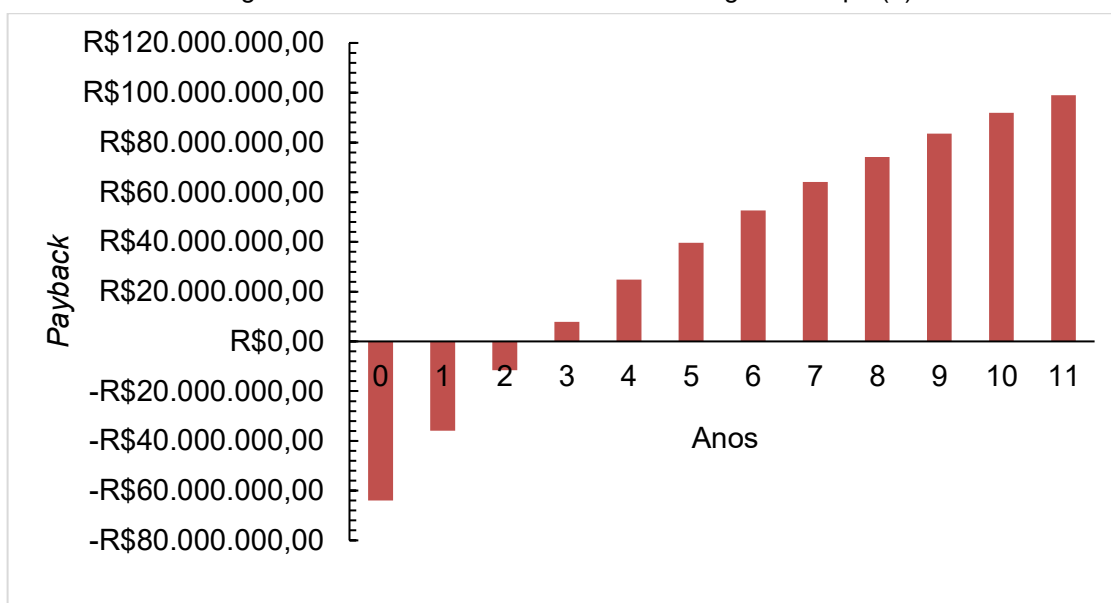
8.8 Payback

O *payback* é um indicador do prazo de retorno de um investimento. Segundo Gitman (2002), trata-se do período de tempo necessário para que os lucros de um investimento consigam cobrir o capital empregado. Para tal, estipula-se uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), o Valor Presente Líquido (VPL). Para a simulação do investimento, utilizou-se uma TMA de 15% a.a., e para determinar o VPL foi utilizada a Equação (93), onde FC é o fluxo de caixa e o índice j o ano correspondente ao FC.

$$VPL = \sum_{j=0}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} \quad (93)$$

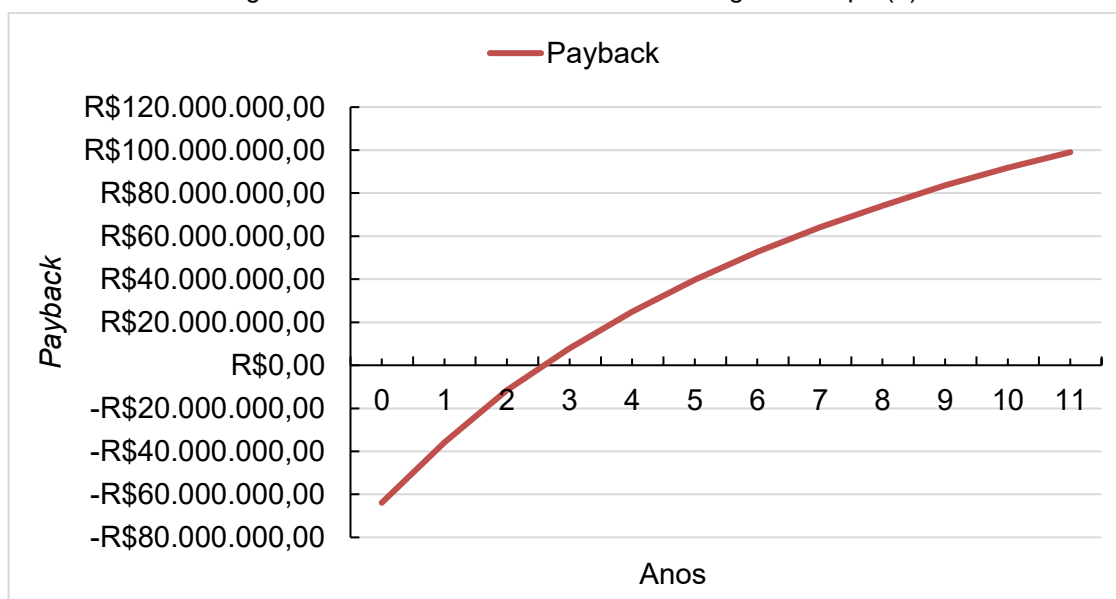
No Apêndice C.10, estão apresentados os dados de *payback*. Com base, nos dados, gerou-se as Figuras 69 e 70, onde é possível observar de duas formas, que a Mello irá retornar o investimento a partir do 3º ano.

Figura 69 - Retorno do investimento ao longo do tempo (1)



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 70 - Retorno do investimento ao longo do tempo (2)



Fonte: Autoria Própria (2021).

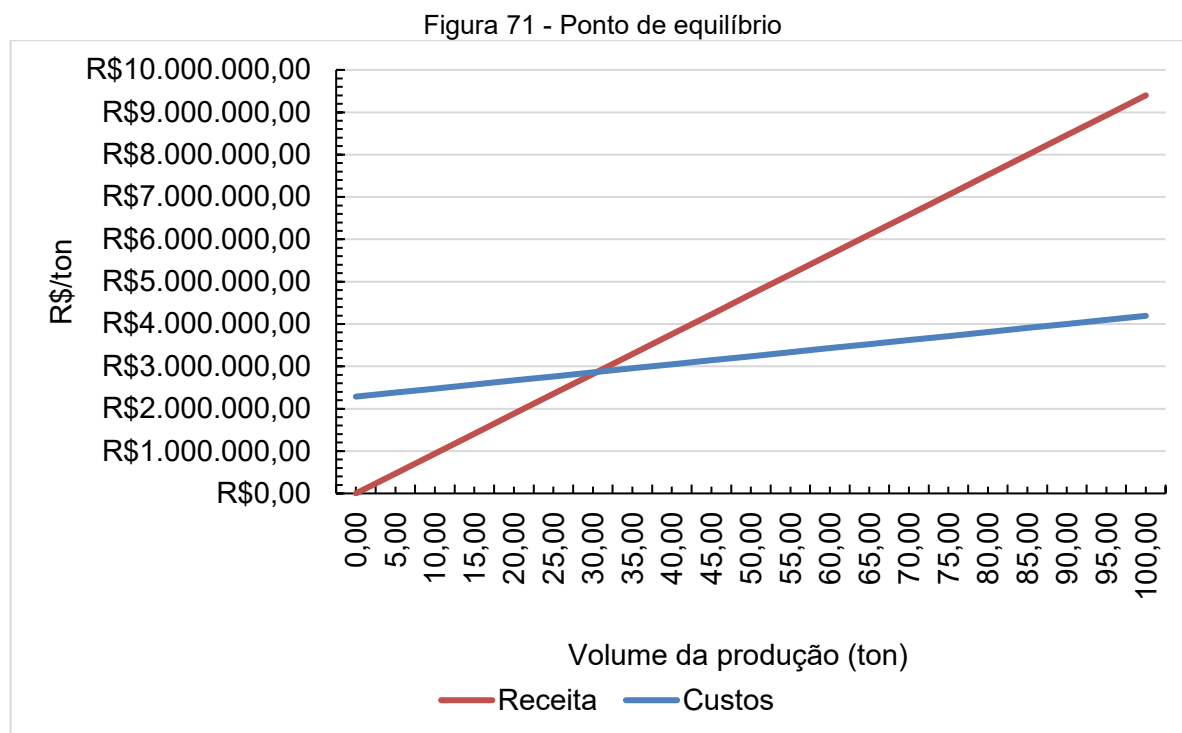
Segundo Coutinho (2021), o VPL é utilizado para medir a viabilidade econômica de um projeto, sendo que quando o VPL for maior que zero, significa que o projeto traz retorno, gerando lucro. No entanto, caso o VPL for menor que zero, significa que o projeto gera prejuízo.

Outro fator que pode ser analisado para verificar a viabilidade do projeto é por meio da Taxa Interna de Retorno (TIR), onde o objetivo é comparar o investimento inicial e os custos futuros do projeto com o potencial retorno que ele pode trazer. Quando a TIR for maior que a TMA o investimento é atrativo, e caso for menor o investimento não seria atrativo (UCJ, 2021).

Com base nisso, o VPL e o TIR obtido para a Mello respectivamente foram de R\$99.046.810,24 e 48%, logo, caracterizando um empreendimento viável e atrativo.

8.9 Ponto de Equilíbrio

O ponto de equilíbrio (PE) é o ponto no qual as despesas da indústria e a receita bruta se igualam. A Figura 71 apresenta a operação da empresa de acordo com o volume de produção em toneladas.



Fonte: Autoria Própria (2021).

O ponto de equilíbrio é a intersecção das duas retas, sendo este valor resultante aproximadamente de 30,51 toneladas. Isso significa que a empresa operando com esse volume não terá lucro ou prejuízo.

CONCLUSÃO

A empresa Mello terá foco na produção de café torrado e moído e produzirá três classes de café: o tradicional, extraforte e *gourmet*. Os produtos serão comercializados nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Rio de Janeiro.

A partir da análise de mercado, é possível observar que a cidade turística mineira de São Lourenço é propícia para a instalação de uma indústria de torrefação, devido à vasta área de plantação de café com excelente qualidade, sendo uma das regiões mais premiadas nos concursos. Além disso, a doação do terreno pela prefeitura e a proximidade das capitais da região Sudeste são atrativos importantes para o bom desempenho da empresa.

A unidade industrial Mello, uma empresa de grande porte, tem a expectativa de produção de 20 mil kg por dia, produzindo café torrado e moído em embalagens de 500g dos tipos tradicional, extraforte e *gourmet*. Com o objetivo de reduzir os impactos ambientais e sociais advindos de sua produção, propôs a geração de biogás a partir dos resíduos sólidos provenientes da sua atividade, tornando-se assim uma empresa que promove o uso de energia sustentável em maior parte de seus processos.

O processo produtivo da empresa Mello irá gerar 50 empregos diretos, com remuneração total anual dos colaboradores de R\$2.070.192,42. O investimento necessário para a implementação da empresa é de R\$21.053.516,34, sendo financiado pelo BNDES em R\$16.842.813,07 e por cinco sócios em R\$4.210.703,27. Este financiamento foi estipulado para o prazo de 8 anos com 2 anos de carência.

Por fim, a unidade industrial Mello terá uma receita bruta anual de R\$143.746.608,14, suprimindo com todos os seus custos fixos, atingindo o tempo de financiamento projetado, possuindo um lucro relativamente alto, além disso, mostrando-se viável economicamente pois apresenta o VPL superior a zero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC, 2012. **Norma de Sustentabilidade para a Cadeia do Café – Cafés Sustentáveis do Brasil, 2012.** Disponível em: <<http://abic.com.br/src/uploads/2017/07/3.6.2-Normas-de-Sustentabilidade-para-a-Cadeia-do-Caf-PCS.pdf>> Acesso em: 23 ago.2019.

ABIC, 2018. **Tendências do mercado de cafés em 2017.** Disponível em: <<http://abic.com.br/src/uploads/2018/05/2017.pdf>>. Acesso em 25 de set. 2019.

ABIC, 2019 a. **História do café.** Disponível em: < <http://abic.com.br/cafe-com/historia/>> Acesso em: 03 set. 2019.

ABIC, 2019 b. Disponível em: <<http://abic.com.br/brasil-maior-produtor-mundial-de-cafe-exporta-3515-milhoes-de-sacas-com-media-mensal-de-292-milhoes-de-sacas-em-2018/>> Acesso em: 23 ago.2019.

ABIC, 2019 c. **Selos de sustentabilidade.** Disponível em: <<http://abic.com.br/certificacao/sustentabilidade/>> Acesso em: 23 ago.2019.

ABIC, 2019 d. **Categorias de Qualidade do Café.** Disponível em: <<http://abic.com.br/recomendacoes-tecnicas/recomendacoes-tecnicas-da-abic/categorias-de-qualidade-do-cafe/>> Acesso em: 23 ago.2019.

AGUIAR, A.T.E. **Atributos químicos de espécies de café.** 2005.87f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AGNOLETTI, B.Z. **Avaliação das propriedades físicos-químicas de café arábica (Coffea arábica) e conilon (Coffea canéfora) classificados à qualidade da bebida.** – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre -ES. 2015.

AIRVACUUMPROCESS. **DIMENSIONAMENTO DO SECADOR DE GÁS NATURAL.** Disponível em: <<https://airvacuumprocess.com/natural-gas-dryers/natural-gas-dryer-sizing/>> Acesso em: 19 abr.2021.

ANGHEBEN, A. A. **Estudo da remoção de H₂S de biogás sob diferentes condições operacionais utilizando soluções contendo ferro em um sistema em escala de bancada.** Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira-PR, 2017.

ARAÚJO, G. M. **Remoção biológica de gás sulfídrico concentrado para tratamento do biogás.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. 2013.

ARRUDA, Aline Cristina et al. **Justificativas e motivações do consumo e não consumo de café**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 29, n. 4, p. 754-763, 2009.

ARTEAGA, Moisés Sánchez. **Modelación del proceso de secado**. In: SEMINARIO DE SECADO SOLAR, 2, 1986, Anais. Instituto General de Investigación, Cusco, Perú, p.51-56, abr. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGRIBUSINESS – ABAG. O agribusiness brasileiro: a história. São Paulo: Evoluir Cultural, 2002. 225 p.

BASSETO, P., SANTOS, R. D. E., **Processo produtivo do café torrado e moído**, X EEPA, 2016.

BETINELI, Ezequiel., **AVALIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE) DE UMA EMPRESA DE PROCESSAMENTO DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE CARNES**. Universidade De Passo Fundo, Passo Fundo, 2011. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2011-2/Ezequiel%20Betineli.pdf>> Acesso em: 06 fev. 2021.

BIOGAS ENGINEERING, **GASÔMETRO**. Disponível em: <<https://biogasengineering.it/pt-br/tecnologia/armazenamento-do-biogas/>> Acesso em: 19 abr.2021.

BRASIL. **Instrução Normativa nº16, 24 maio 2010**. 2010. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=794116535>> Acesso em: 23 ago.2019.

BRASIL (2011). **Norma Brasileira nº 12.209 de 24 de dezembro de 2011**. Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Agência Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro RJ. 2011.

CAFÉ POINT, 2018. Disponível em:<<https://www.cafepoint.com.br/noticias/giro-de-noticias/cafes-brasileiro-e-o-mais-bem-pontuado-em-ranking-mundial-do-cup-of-excellence-211728/>> Acesso em: 24 set. 2019.

CARMO, F. R. do et al. **Uso de lagoa aerada facultativa como polimento do reator anaeróbio de manta de lodo UASB no tratamento de dejetos de suínos em escala laboratorial**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 28, n. 3, p. 600-607, maio/jun. 2004.

CARMOMAQ. Disponível em: <http://www.carmomaq.com.br/produtos.php#altura>. Acesso em: 08 de abril de 2020.

CASTRO, Diego dos Santos, MATEUS, Viviana Oliveira. **PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESTOS DE ALIMENTOS COLETADOS EM UM RESTAURANTE:**

UMA EXPERIÊNCIA A SER DISSEMINADA. XV SEPA - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, UNIFACS, 2016.

CECAFÉ. Disponível em: <<https://www.cecafe.com.br/dados-estatisticos/exportacoes-brasileiras/>> Acesso em: 19 set. 2019.

CERTIFICAÇÃO ISO, 2017. Disponível em: <<https://certificacaoiso.com.br/iso-9001/>> Acesso em: 13 nov. 2019.

CIESIELSKI, João Vitor Rosset., **DIMENSIONAMENTO DE UMA NOVA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS DA CENTRAL DE ABASTECIMENTO DO PARANÁ – CEASA/PR, CURITIBA.** UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ, Curitiba, 2011 Disponível em: <http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/DIMENSIONAMENTO_NOVA_ETED_CEASA_CURITIBA.pdf> Acesso em: 06 fev. 2021.

CLAUDINO, K. A importância da análise financeira na gestão da empresa. Conube, 2021. Disponível em: <<https://conube.com.br/blog/analise-financeira/>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

CONAB, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2626-producao-do-cafe-em-2018-e-recorde-e-supera-61-milhoes-de-sacas>. Acesso em: 22 Set. 2019.

CONAMA, **Resolução Nº 382, De 26 De Dezembro De 2006**, 2006. Disponível em: <http://abic.com.br/src/uploads/2017/07/conama_382.pdf> Acesso em: 22 set.2019.

CONAMA, **RESOLUÇÃO CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002 Publicada no DOU no 226, de 22 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 85-91**, 2002. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao/residuos/CONAMA3132002.pdf>> Acesso em: 22 set.2019.

COPAM, **DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 213, DE 22 DE FEVEREIRO DE 2017**, Minas Gerais, 2017.

CORREIO DO PAPAGAIO, 2018. Disponível em: <http://www.correiodopapagaio.com.br/sao_lourenco/noticias/so-lourenco-c-um-dos-destinos-mais-procurados-para-fcrias>. Acesso em: 27 ago. 2019.

CONTI, M. C. M. D., PRUDENCIO, S.H. **AVALIAÇÕES FÍSICA, QUÍMICA E SENSORIAL DE CAFÉS TORRADOS E MOÍDOS, DE DIFERENTES CATEGORIAS E MARCAS COMERCIAIS.** VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil 22 a 25 de Agosto de 2011, Araxá – MG.

COUTINHO, T. **O que é VPL e o que ele representa? | Blog Voitto**. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-vpl>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

CP Santos. Disponível em: <https://www.cpsantos.com.br/moinhos>. Acesso em: 22 de abril de 2020.

CREMONEZ, P. A. et al., **BIODIGESTÃO ANAERÓBIA NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS.**, Revista Brasileira de Energias Renováveis, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel-PR, 2013.

CULTURA VIGILENGA. Disponível em: <<https://www.culturavigilenga.com/chegada-do-cafe-na-vigia>> Acesso em: 22 set. 2019

ELÍAS, Guillermo Asdrúbal Vargas. **Avaliação das propriedades físicas e qualidade do café em diferentes condições de torrefação**. Viçosa, 2011.

DIELLE, Eduardo Fazza. **ESTUDO DA NOVA NORMA BRASILEIRA DE PROJETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – NBR 12.209/2011**. Universidade Federal De Juiz De Fora, Juiz de Fora, 2014.

DURÁN, C. A., et al. **Café: Aspectos Gerais e seu Aproveitamento para além da Bebida**. Revista Virtual de Química, 9(1), 107-134, 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura do Café**. Brasília: EMBRAPA/SEDE, 2004. 83 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS Campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. Disponível em: <<https://blog.euromonitor.com/muito-alem-da-xicara-a-reinvencao-do-cafe-soluvel-no-brasil/>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

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

FABRIMA. Disponível em: <https://fliphtml5.com/zvjc/bjlt/basic>. Acesso em: 08 de abril de 2020.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. Porto Alegre, Artmed, 2001.

FERREIRA, Pedro Augusto Silva Costa. **Dimensionamento e comparação de sistemas de tratamento de esgoto para a cidade Romaria-MG**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG, Dezembro de 2017.

FERRÃO, M. A. G. et al.. **Técnicas de produção de café arábica: renovação e revigoramento das lavouras no Estado do Espírito Santo**. 3ª ed. Vitória, ES. Incaper. 2009. 56 p. (Incaper. Circular Técnica, 05-I).

FOLDER INDUSTRIAL CARMOMAQ. Disponível em: http://www.carmomaq.com.br/OLD/pdf/linha_industrial.pdf. Acesso em: 08 de abril de 2020.

FRARE L. M.; GIMENES M. L.; PEREIRA N. C. **Processo para remoção de ácido sulfídrico de biogás**. *Engenharia Sanitária Ambiental*, vol.14, nº 2. Rio de Janeiro. Junho de 2009.

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

GAUTO, M.; ROSA, G. **Química Industrial**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

GLOBO, 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2018/09/19/cafes-produzidos-na-mantiqueira-de-minas-lideram-primeira-lista-de-concurso-de-cafe-especial.ghtml>. Acesso em: 23. Set.2019.

HAMERSKI, F. **PARTIDA DE UM REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE COM MANTA DE LODO (UASB) NO TRATAMENTO DE EFLUENTES PROVENIENTES DE UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

KESKE, F. **Coriolano: Amor, ódio e escravidão**. 1 Ed. São Paulo: Biblioteca 24 horas, 2015.

KON, ANITA. **Economia industrial**. São Paulo: Nobel, 1994.

LIMA, Dinara Mattioli. **Armazenabilidade de sementes de Coffea arabica L. e de Coffea canephora Pierre, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem**, 2005.

MAGALHÃES E. A. et al. **Confecção e avaliação de um sistema de remoção do CO₂ contido no biogás**. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Maringá – PR. 2004.

MALTA, M. R.; CHAGAS, SJ de R.; DE OLIVEIRA, W. M. **Composição físico-química e qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento**. *Revista Brasileira de Armazenamento (Brasil)*(no. 6) p. 37-41, 2003.

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

MARTINS, Karine Galvão. **Guerra fiscal no âmbito do ICMS: a repercussão dos incentivos fiscais na carga tributária do café**. 2018.

MECÂNICA INDUSTRIAL. Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/189-moinhos-de-martelos/>. Acesso em: 22 de abril de 2020.

MELO, Virgínia Maria Da Silva. **Estudo Hidrodinâmico E Transferência De Massa Gás/Líquido Em Coluna De Borbulhamento/Recheada: Aplicação Para Sequestro De CO₂ Do Biogás Em Soluções Aquosas**, Universidade Federal De Pernambuco, Recife, 2017.

MELO, Washington L. de B. **A importância da informação sobre do grau de torra do café e sua influência nas características organolépticas da bebida**. São Carlos: 2004. Embrapa ISSN 1517-4786, 2004. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/30170/1/CT582004.pdf>>. Acesso em: 26 agosto 2019.

MENDONÇA, L. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parametros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arábica L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v, 25, n. 2, p.239-243, 2005.

MESQUITA, Carlos Magno de et al. **Manual do café: implantação de cafezais Coffea arábica**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 50 p. il.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018. **Projeções do agronegócio**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/PROJECOES2018_FINALIZADA_web_05092018.pdf> Acesso em: 23 set. 2019.

MORAES, R. de M.; ANGELUCCI, E.; SHIROSE, I.; MEDINA, J.C. **Determinação de sólidos solúveis em cafés arábica e canephora**, Campinas, v.5, p. 199-221, 1973/74, 2001.

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.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. McGraw Hill Brasil, 2016.

OLIVEIRA, G. **Efeito de diferentes pontos de torração e tipos de granulometria na concentração de ocratoxina “A” em grãos de café.** UFLA, Lavras, Minas Gerais, 2012.

ORMOND, J. G. P. et al. **Café: (re)conquista dos mercados.** Rio de Janeiro, BNDES Setorial, n. 10, p. 3-56, set. 1999. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2983/2/BS%2010%20Café_%28re%29conquista%20dos%20mercados_P.pdf>. Acesso em: 26 agosto 2019.

PINTO, M. P. M., **Valorização e aproveitamento energético através da tecnologia de digestão anaeróbia de resíduos de café.** Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Campinas. Campinas – SP, 2017.

PORTAL DA TRANSPARÊNCIA. Disponível em: <http://www.transparencia.mg.gov.br/planejamento-e-resultados/planejamento-e-monitoramento/programacao-execucao-ppag-programa/ppagprograma-programas/4/2019/0/0#prg=201940218>. Acesso em: 27.set.2019.

PRADO, M. A. C., CAMPOS, C. M. M. **PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO TRATAMENTO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS DO PROCESSAMENTO DE Coffea arabica L. EM REATOR ANAERÓBICO UASB PARA O POTENCIAL APROVEITAMENTO NA SECAGEM DO CAFÉ,** 2006.

PROBIOGÁS, **Guia Prático do Biogás – Geração e Utilização,** 2010. Disponível em: http://www.limpezapublica.com.br/cartilhas/giz_-_guia_pratico_do_biogas_final.pdf > Acesso em: 06. Abr. 2021.

PROSAS, 2017. Disponível em: <https://prosas.com.br/uploads/system/arquivos/arquivos/000/157/271/original/S%C3%83O_LOUREN%C3%87O__Seu_Melhor_Investimento_MAI2019.pdf?1563241985>. Acesso em: 27. set.2019.

REGINATO, M. P., ENSINAS, S. C., ROZZATO, M. C. O., SANTOS, M. K. K., PRADO, E. A. **Boas práticas de armazenagem de grãos,** 2018.

RESENDE, O.; JÚNIOR, P. C. A.; CORRÊA, P. C.; SIQUEIRA, V. C. **QUALIDADE DO CAFÉ CONILON SUBMETIDO À SECAGEM EM TERREIRO HÍBRIDO E DE CONCRETO.** *Ciência e agrotecnologia*, v. 35, n. 2, p. 327-335, 2011.

RESERVA GOURMET, 2018. **Produção café reserva.** Disponível em <<https://www.reservagourmet.com.br/conteudo/producao-cafe-reserva-gourmet/21>> .Acesso em: 13 de nov. 2019.

RESERVA GOURMET. **Voláteis, voláteis do café.** Disponível em: <<https://www.reservagourmet.com.br/conteudo/volateis-volateis-do-cafe/66>> Acesso em: 31 out. 2019.

ROSA, D. S., et al. **A adequação ambiental na torrefação de café**. Getec, v.6, n.11, p.167-180, 2017.

SANT'ANNA JUNIOR, G. L. **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

SANTOS, P. M. **Café**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/cafe.htm>> Acesso em: 06 set. 2019.

SANTOS, T. B. et al., **Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível**. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2007.

SÃO LOURENÇO. Lei Municipal nº 2.766, de 06 de jul. de 2006. **Benefícios para a instalação de empresas não poluentes no município e dá outras providências**. São Lourenço, MG, jul. 2006.

SEBRAE, 2011. **Análise e Planejamento Financeiro – Manual do Participante. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa**. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/0_fluxo-de-caixa.pdf. Acesso em: 21 de abril de 2021.

SEBRAE. Disponível em: https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/SP/Pesquisas/desempenho_mpe_cafe.pdf. Acesso em: 27 ago. 2001.

SEBRAE. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/artigoshome/dicas-para-escolher-o-nome-fantasia-da-sua-empresa,59b98b88ba73e410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 27. ago. 2019

SILVA D. J. et al. **GESTÃO DE CUSTOS COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE: Um estudo no Jornal Gazeta do Oeste em Mossoró/RN**, 2020.

SILVA, J. S., **Secagem e armazenagem de café** - Tecnologias e custos. Universidade Federal de Viçosa; Viçosa-MG: Jard Editora LTDA, 2001.

SILVA, Juarez de Sousa et al., **Infraestrutura mínima para produção de café com qualidade: Opção para a cafeicultura familiar** / Juarez de Sousa e Silva ... [et al.]. - Brasília, DF: Consórcio Pesquisa Café, 2011.

SILVA, Luis C. da. **Café: fruto, grão e bebida**. Boletim Técnico: Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2012a.

SILVA, João Paulo da. **Caracterização da Casca de Café (coffea arábica, L) in natura, e de seus produtos obtidos pelo processo de pirólise em reator mecanicamente agitado**, 2012b.

SILVA, Gardênia Azevedo. **Estimativa da Geração de Biogás no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa Através Do Teste Bmp**. João Pessoa, PB, 2012c.

SILVA, Juarez de Sousa et al., **Produção de café cereja descascado-equipamentos e custo de processamento**, 2013.

SILVA, L. C.; MORELI, A. P.; JOAQUIM, TNM. **Café: beneficiamento e industrialização**. Embrapa Rondônia-Capítulo em livro científico (ALICE), 2015.

SILVEIRA, B. et al., **Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto** / Probiogás ; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) Brasília- DF, 2015.

SOUZA, F. F. et al., **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004 - EMBRAPA 2004.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. Disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/alimentos-e-bebidas/probat-leogap/produtos/outros/moinho-de-cafe-mral>. Acesso em: 27 ago.2019.

SYNGENTA. **Biogás gerado pela produção de café**. Disponível em: <<https://blogs Syngenta.com.br/um-bom-cafe-e-boas-praticas-no-campo/>> Acesso em: 16 out. 2019.

TANK METALURGICA, **RESERVATORIO TUBULAR ALTO** Disponível em: <<https://www.tankmetalurgica.com.br/reservatorio-tubular-alto/>> Acesso em: 19 abril. 2021.

THOMPSON, T. L.; PEART, R. M.; FOSTER, G. H. **Mathematical simulation of corn drying: a new model**. Transaction of the ASAE, v.11, n.4, p. 582-586, 1968.

UCJ, **TMA e TIR: aprenda a calcular esses 2 indicadores**. Disponível em: <<https://ucj.com.br/blog/tma-e->

ANEXO A**LEI MUNICIPAL Nº 2.766****Dispõe sobre benefícios para instalação de empresas não poluentes no município e dá outras providências.**

O Povo de São Lourenço, por seus representantes aprovou e eu, em seu nome, sanciono a seguinte Lei;

Art. 1º Fica o Prefeito Municipal autorizado a incentivar a instalação de estabelecimento comercial de grande porte, no Município de São Lourenço, por empresário ou sociedade empresária, cuja atividade não seja poluente, com a concessão dos benefícios previstos nesta Lei.

Parágrafo Único - Para realização desse objetivo, poderá o Executivo Municipal efetuar contrato de concessão de direito real de uso, a título gratuito, de bem imóvel integrante do Patrimônio Municipal, a empresário ou à sociedade empresária que vier a se instalar na cidade de São Lourenço e que, via de consequência, venha proporcionar aumento da demanda de mão de obra em seu território - por meio de oferta de postos de trabalho – e da arrecadação da receita pública municipal.

Art. 2º O interessado na obtenção de benefício previsto nesta Lei deverá habilitar-se ao procedimento licitatório específico, apresentando documentação relativa à habilitação jurídica, regularidade fiscal e qualificação econômico-financeira, dentro da qual deverá constar a comprovação de recolhimentos fiscais de ISSQN; de ICMS ou dos 2 (dois) tributos em conjunto, sendo o caso, relativos aos 3 (três) últimos anos, para demonstração de provável restituição do incentivo na forma do §2º, do art. 1º, desta Lei.

Art. 3º O empresário ou sociedade empresária vencedora do certame perderá o incentivo estabelecido nesta Lei, caso, sem motivo justificado:

I – deixe de providenciar, no prazo de 30 (trinta) dias, as inscrições determinadas pelos artigos 966 e 45, do Código Civil, respectivamente, ou, sendo o caso, as alterações contratuais decorrentes da mudança de estabelecimento;

II – não inicie a construção do estabelecimento no prazo de 06 (seis) meses a contar da lavratura da escritura de concessão de direito real de uso de terreno;

III – não inicie as atividades do empreendimento dentro do prazo de 12 (doze) meses, a contar da data da escritura definitiva;

IV - paralise, por mais de 6 (seis) meses, as atividades do empreendimento sediado no Município de São Lourenço;

V – reduza o número de empregados em percentagem maior do que 20% (vinte por cento);

VI – venda, no todo ou em parte, os utensílios e instrumentos necessários à realização de sua atividade, sem que sejam integralmente substituídos;

VII - promova poluição ambiental ou provoque perigo à saúde pública;

VIII – utilize o imóvel para fim distinto daquele para o qual se destina.

§1º - A perda dos benefícios de incentivo desta Lei, pela prática de qualquer das irregularidades acima previstas, será precedida de processo administrativo.

§2º - Findo o processo administrativo que concluir pela perda dos benefícios de incentivo desta Lei, reverterá ao Patrimônio Municipal o imóvel objeto de concessão de direito real de uso, inclusive com as benfeitorias de qualquer natureza que nele houverem sido realizadas.

Continua folha 02

LEI MUNICIPAL Nº 2.766

Folha 02

Art. 4º Para os fins previstos nesta lei, o Poder Executivo Municipal fica autorizado a:

I – desapropriar terreno para ser entregue em concessão de direito real de uso ao empreendimento previsto no §1º, do art. 1º, desta Lei, procedendo à abertura de crédito adicional especial para esta finalidade, se necessário for.

II – dispor, por meio de concessão de direito real de uso, de terreno integrante do Patrimônio Público disponível; assim entendido aquele que não se qualificar como “bem de uso comum do povo”, como “bem de uso especial”; ou

necessário à implantação do aparelhamento administrativo ou de projeto assistencial.

Art. 5º O empresário ou sociedade empresária que receber imóvel em concessão de direito real de uso, poderá sobre ele constituir hipoteca, como garantia de financiamento firmado exclusivamente com entidade oficial e destinado à atividade objeto da concessão, em favor do empresário, enquanto o for, ou da sociedade empresária beneficiária;

Art. 6º Em nenhuma hipótese o imóvel entregue em concessão de direito real de uso poderá ser transferido pelo concessionário ou seu sucessor, para fim que não esteja diretamente ligado ao objetivo colimado por esta Lei.

Parágrafo Único - A inobservância do disposto neste artigo pelo concessionário de direito real de uso ou seu representante, implicará na nulidade da transferência e reversão do imóvel objeto do contrato ao Patrimônio Municipal, independentemente de notificação ou interpelação.

Art. 7º A reversão se dará nos casos previstos no artigo 6º e parágrafo único da presente lei e nos casos de existência de pedidos de falência e execuções de dívidas que possam comprometer o cumprimento integral do contrato.

Art. 8º A concessão de direito real de uso, na forma do inciso I, do artigo 4º, desta Lei, não poderá ser transferida pelo prazo de 05 (cinco) anos, a contar da transmissão legal, sem lei autorizativa aprovada pela Câmara Municipal.

Parágrafo Único - A inobservância do disposto neste artigo pelo concessionário de direito real de uso ou seu representante, implicará na nulidade da transferência e reversão do imóvel objeto do contrato ao Patrimônio Municipal, independentemente de notificação ou interpelação.

Art. 9º Em nenhuma hipótese, o imóvel objeto de concessão de direito real de uso poderá ter sua posse, no todo ou em parte, transmitida a terceiro.

Art. 10 Ao empresário ou à sociedade empresarial que receber imóvel de concessão de direito real de uso, nos termos desta Lei, incumbe as seguintes obrigações:

I - restituir o imóvel, findo o contrato, no estado em que o recebeu, salvo as deteriorações decorrentes do seu uso normal;

II - levar imediatamente ao conhecimento do Poder Executivo Municipal o surgimento de qualquer dano ou defeito cuja reparação incumba ao proprietário do imóvel, bem como eventuais turbações de terceiros;

Continua folha 03

LEI MUNICIPAL Nº 2.766

Folha 03

III - realizar a imediata reparação dos danos verificados no imóvel, ou nas suas instalações, provocados por si, seus dependentes, familiares, visitantes e prepostos;

IV - não modificar a forma do imóvel sem o consentimento prévio e por escrito do Poder Executivo Municipal;

V - noticiar, imediatamente, ao Poder Executivo Municipal qualquer intimação, multa ou exigência de autoridade pública relativa ao imóvel objeto de concessão do direito real de uso, ainda que dirigida a ele, concessionário;

VI - responder por todos os encargos civis, administrativos e tributários que venham a incidir sobre o imóvel e suas rendas;

VII - permitir a vistoria do imóvel pelo Poder Executivo Municipal ou seu mandatário, mediante combinação prévia de dia e hora,

1º - A violação das obrigações constantes deste artigo importará na rescisão do contrato de comodato.

2º - No caso de rescisão do contrato, nos termos do §1º, do art. 9º, desta Lei, o empresário ou sociedade empresária terá prazo de 30 (trinta) dias para desocupação, a contar da notificação a cargo do Poder Executivo Municipal.

Art. 11 A instalação do estabelecimento no território municipal será examinada nos seus aspectos técnicos, estruturais e funcionais pela Secretaria Municipal de Obras do Município de São Lourenço, que dará parecer quanto à conformidade com as normas municipais de regência e o submeterá à apreciação do Prefeito Municipal.

Art. 12 Aos empreendimentos favorecidos, serão ainda prestados os seguintes serviços:

I – fornecimento de materiais produzidos pelo Município, mediante preços regulamentados;

II – execução, no início da obra, de serviços gratuitos de limpeza do terreno e de terraplanagem;

III – execução de vias de acesso que se fizerem necessárias.

IV – fornecimento de projeto básico de arquitetura.

Art. 13 Para os fins desta Lei, estabelecimento de grande porte é aquele que tem colocação regional e no mínimo 15 (quinze) empregados.

Art. 14 Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação.

Mando, portanto, a todos a quem o conhecimento desta Lei competir, que a cumpram e a façam cumprir, fiel e inteiramente como nela se contém.

Prefeitura Municipal de São Lourenço, em 06 de julho de 2006.

Natalício Tenório Cavalcanti Freitas Lima

Prefeito Municipal

Luiz Antônio de Souza Carvalho

Secretário Municipal de Administração

Projeto de Lei nº. 2.151/06

NTCFL/als

ANEXO B

CU

Custos Unitários Básicos de



(NBR 12.721:2006 - CUB 2006) - janeiro/2020

Os valores abaixo referem-se aos Custos Unitários Básicos de Construção (CUB/m²), calculados de acordo com a Lei Fed. nº. 4.591, de 16/12/64 e com a Norma Técnica NBR 12.721:2006 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e são correspondentes ao mês de **janeiro/2020**. "Estes custos unitários foram calculados conforme disposto na ABNT NBR 12.721:2006, com base em novos projetos, novos memoriais descritivos e novos critérios de orçamentação e, portanto, constituem nova série histórica de custos unitários, não comparáveis com a anterior, com a designação de CUB/2006".

"Na formação destes custos unitários básicos não foram considerados os seguintes itens, que devem ser levados em conta na determinação dos preços por metro quadrado de construção, de acordo com o estabelecido no projeto e especificações correspondentes a cada caso particular: fundações, submuramentos, paredes-diafragma, tirantes, rebaixamento de lençol freático; elevador(es); equipamentos e instalações, tais como: fogões, aquecedores, bombas de recalque, incineração, ar-condicionado, calefação, ventilação e exaustão, outros; playground (quando não classificado como área construída); obras e serviços complementares; urbanização, recreação (piscinas, campos de esporte), ajardinamento, instalação e regulamentação do condomínio; e outros serviços (que devem ser discriminados no Anexo A - quadro III); impostos, taxas e emolumentos cartoriais, projetos: projetos arquitetônicos, projeto estrutural, projeto de instalação, projetos especiais; remuneração do construtor; remuneração do incorporador."

VALORES EM R\$/m²

PROJETOS - PADRÃO RESIDENCIAIS

CUB/m²

**Custos Unitários Básicos de
Construção**

| PADRÃO BAIXO | |
|---------------------|----------|
| R-1 | 1.478,20 |
| PP-4 | 1.345,05 |
| R-8 | 1.275,27 |

PROJETOS - PADRÃO COMERCIAIS CAL (Comercial Andares Livres) e CSL (Comercial Salas e Lojas)

| PADRÃO NORMAL | | PADRÃO ALTO | |
|----------------------|----------|--------------------|----------|
| R-1 | 1.805,30 | R-1 | 2.183,22 |
| PP-4 | 1.692,91 | R-8 | 1.755,86 |
| R-8 | 1.460,07 | R-16 | 1.824,73 |

PROJETOS - PADRÃO GALPÃO INDUSTRIAL (GI) E RESIDÊNCIA POPULAR (RP1Q)

| | |
|------|----------|
| RP1Q | 1.522,53 |
| | |
| GI | 775,83 |

Número Índice: Projeto-padrão R8-N (janeiro/2020)

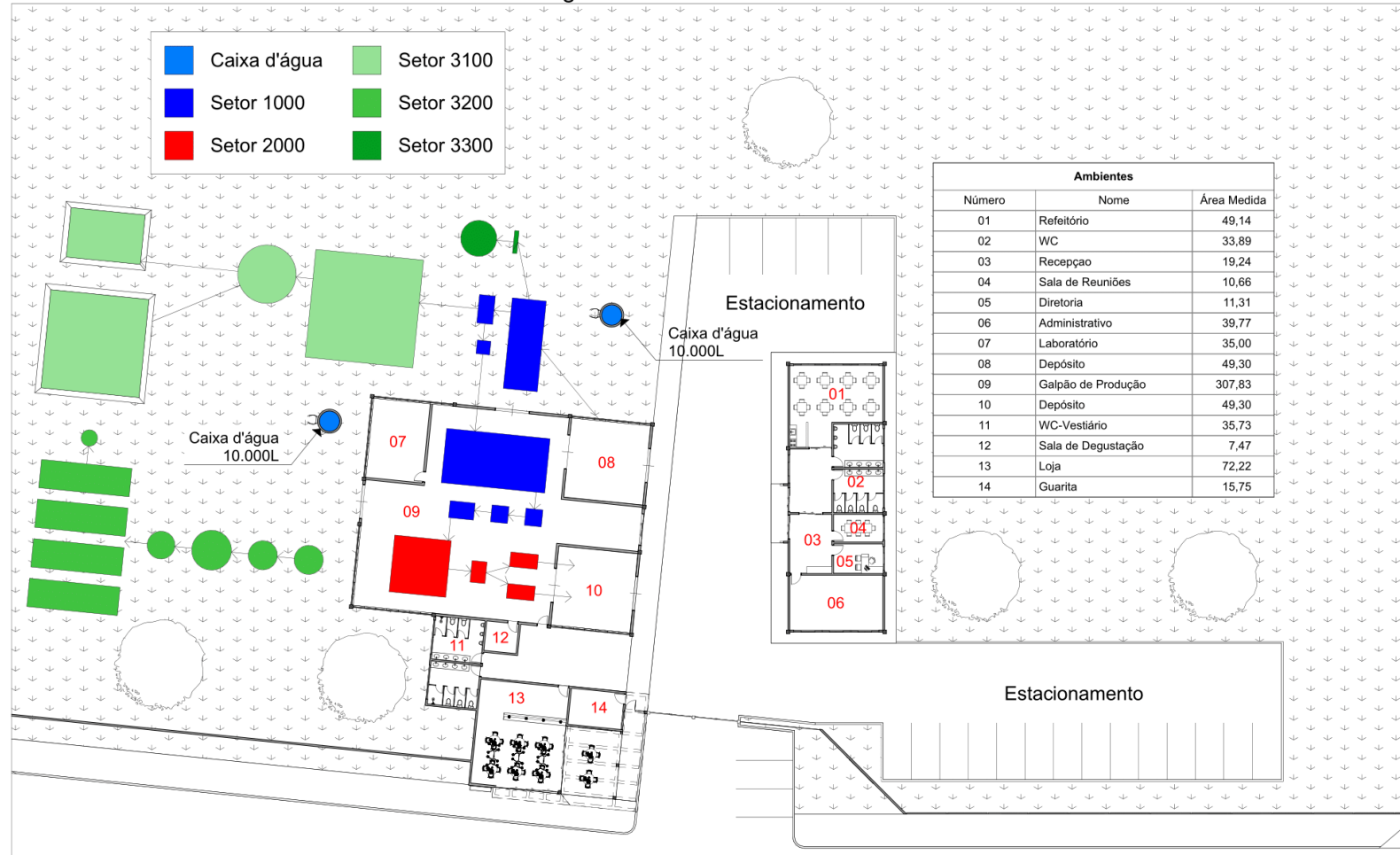
Número índice: 217,269 (Base Fev/2007 = 100)

Variação Global: 0,12%

| PADRÃO NORMAL | |
|----------------------|----------|
| CAL-8 | 1.671,99 |
| CSL-8 | 1.431,16 |
| CSL-16 | 1.907,41 |

APÊNDICE A - Planta baixa da empresa

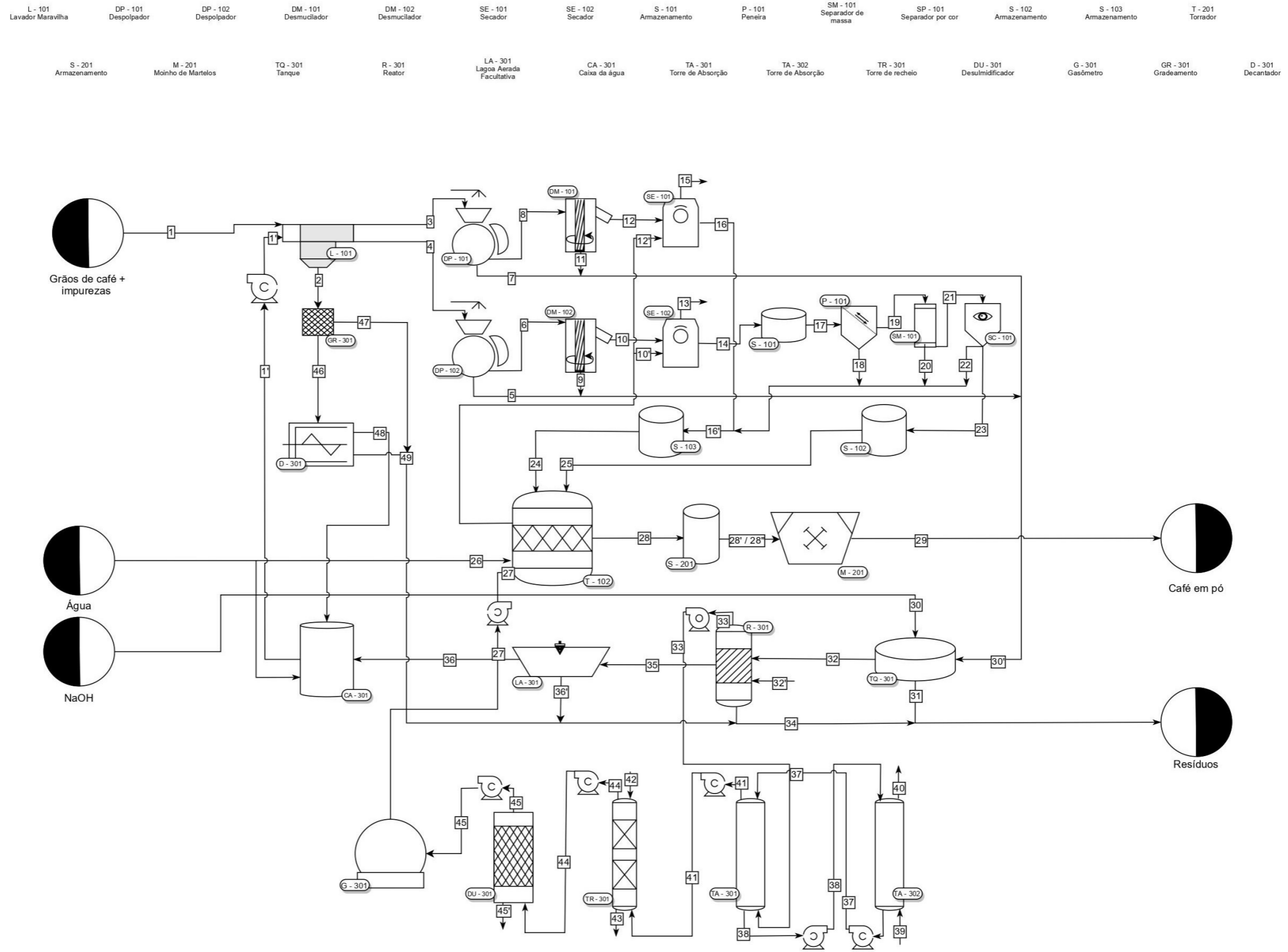
Figura A - Planta baixa da Mello



Fonte: Autoria própria (2021)

APÊNDICE B - PFD do processo de produção

Figura B – PFD



Fonte: Autoria Própria (2021).

Quadro B.1 - Dados das correntes do diagrama PFD.

| Corrente | Descrição da corrente | Vazão (kg min ⁻¹) | T (°C) | X _A (%) | X _{SS} (%) | X _{SI} (%) | Impurezas (%) | Café ¹ (%) | Ar (%) |
|----------|---|----------------------------------|--------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------|
| 1 | Café + impurezas | 364,59 | 25 | - | - | - | 0,50 | 99,50 | - |
| 1' | Água | 985,81 | 25 | 100,00 | - | - | - | - | - |
| 2 | Água + impurezas (destinado ao gradeamento) | 330,42 | 25 | 99,45 | - | - | 0,55 | - | - |
| 3 | Grãos boia | 466,46 | 25 | 70,45 | - | - | - | 29,55 | - |
| 4 | Grãos cereja | 553,52 | 25 | 59,37 | - | - | - | 40,63 | - |
| 5 | Matéria destinada ao reator | 247,52 | 25 | 86,40 | 7,74 | 5,86 | - | - | - |
| 6 | Grãos cereja despulpado | 306,00 | 25 | 72,46 | 10,87 | 16,67 | - | - | - |
| 7 | Matéria destinada ao reator | 215,31 | 25 | 86,77 | 5,55 | 7,68 | - | - | - |
| 8 | Grãos boia despulpado | 251,15 | 25 | 76,44 | 7,92 | 15,64 | - | - | - |
| 9 | Matéria destinada ao reator | 186,55 | 25 | 97,75 | 0,67 | 1,58 | - | - | - |
| 10 | Grãos cereja s/ mucilagem | 119,45 | 25 | 32,95 | 26,80 | 40,25 | - | - | - |
| 10' | Ar para secagem | 94,75 | 58 | - | - | - | - | - | 100,00 |
| 11 | Matéria destinada ao reator | 177,94 | 25 | 76,44 | 7,92 | 15,64 | - | - | - |

¹ Café em fruto

| Corrente | Descrição da corrente | Vazão (kg min ⁻¹) | T (°C) | X _A (%) | X _{SS} (%) | X _{SI} (%) | Impurezas (%) | Café ¹ (%) | Ar (%) |
|----------|---|----------------------------------|---------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------|
| 12 | Grãos boia s/ mucilagem | 73,21 | 25 | 25,61 | 26,03 | 48,36 | - | - | - |
| 12' | Ar para secagem | 94,75 | 58 | - | - | - | - | - | 100,00 |
| 13 | Ar + Massa evaporada | 134,73 | 46,85 | 22,14 | 7,54 | - | - | - | 70,32 |
| 14 | Grãos cereja destinado ao estoque | 79,47 | 46,85 | 12,00 | 27,50 | 60,50 | - | - | - |
| 15 | Ar + Massa evaporada | 109,44 | 49,64 | 10,71 | 2,71 | - | - | - | 86,58 |
| 16 | Grãos boia destinado ao estoque | 58,53 | 49,64 | 12,00 | 27,50 | 60,50 | - | - | - |
| 26 | Água torra | 1,85 | 25 | 100,00 | - | - | - | - | - |
| 27'' | Ar seco | 76,65<94,75 | 227<255 | - | - | - | - | - | 100,00 |
| 28' | Café arábica torrado destinado para o silo | 31,37<41,81 | 25 | 3,10<4,50 | 20,48<22,61 | 72,89<75,63 | - | - | - |
| 28'' | Café conillon torrado destinado para o silo | 0<10,35 | 25 | 3,90<4,10 | 23,60<24,30 | 71,60<72,50 | - | - | - |
| 29 | Café moído destinado ao envase | ~41,65 | 25 | 3,90<4,10 | 23,60<24,30 | 71,60<72,50 | | | |
| 46 | Água destinada ao decantador | 328,67 | 25 | 99,98 | - | - | 0,02 | - | - |
| 47 | Resíduos | 1,74 | 25 | - | - | - | 100 | - | - |
| 48 | Água clarificada | 328,62 | 25 | ~100 | - | - | 4,00E-3 | - | - |
| 49 | Resíduos | 0,05 | 25 | - | - | - | 100 | - | - |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Quadro B.2 - Dados das correntes do diagrama PFD (processos em batelada)

| Corrente | Descrição da corrente | Massa (Kg) | Vazão (kg min ⁻¹) | Temp. (°C) | X _A (%) | X _{SS} (%) | X _{SI} (%) | CH ₄ (%) | Ar (%) |
|----------|--|-----------------|-------------------------------|------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| 17 | Grãos cereja destinado ao peneiramento | 179,45 | - | 25 | 12,00 | 27,50 | 60,50 | - | - |
| 18 | Grãos rejeitados | 3,59 | - | 25 | 12,00 | 27,50 | 60,50 | - | - |
| 19 | Grãos com granulometria adequada destinado ao separador de massa | 175,87 | - | 25 | 12,00 | 27,50 | 60,50 | - | - |
| 20 | Grãos rejeitados | 21,10 | - | 25 | 12,00 | 27,50 | 60,50 | - | - |
| 21 | Grãos destinados ao separador de cor | 154,76 | - | 25 | 12,00 | 27,50 | 60,50 | - | - |
| 22 | Grãos rejeitados | 24,73 | - | 25 | 12,00 | 27,50 | 60,50 | - | - |
| 23 | Grãos destinados ao armazenamento | 130,00 | - | 25 | 12,00 | 27,50 | 60,50 | - | - |
| 24 | Grãos conillon e arábica inferior | 0 < 130,00 | - | 25 | 12,00 | 30,00 | 58,00 | - | - |
| 25 | Grãos arábica | 0 < 130,00 | - | 25 | 12,00 | 27,50 | 60,50 | - | - |
| 27' | Combustível | 1708,2 < 1953,2 | 365 < 417,35 | 674 | - | - | - | 100,00 | - |
| 28 | Café torrado | 104 < 107,8 | - | 107 | 3,9 < 4,5 | 20,5 < 24,3 | 71,6 < 75,6 | - | - |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Quadro B.3 - PFD (Correntes referente a produção do Biogás).

| Corrente | Descrição da corrente | Massa (kg) | Vazão Mássica (kg min ⁻¹) | Taxa molar (kg min ⁻¹) |
|----------|--|------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| 30' | Águas residuárias do processamento do café (ARC) | 397.122,01 | - | - |
| 30 | Hidróxido de sódio | 15,89 | - | - |
| 31 | Sedimentação | 39.712,79 | - | - |
| 32 | Afluente | 357.415,11 | - | - |
| 33 | Biogás | 10.079,11 | 7,00 | 16,80 |
| 34 | Lodo biológico estabilizado | 152.205,22 | 105,70 | - |
| 35 | Efluente líquido | 195.130,78 | 135,51 | - |
| 36 | Água clarificada | 175.617,70 | 121,96 | - |
| 36' | Massa sedimentada | 19.513,08 | 13,55 | - |
| 37 | Biogás regenerado | - | - | 15,66 |
| 38 | Biogás p/ regeneração | - | - | 16,00 |
| 39 | Oxigênio | - | - | 15,66 |
| 40 | Oxigênio + Enxofre | - | - | 16,00 |
| 41 | Biogás destinado p/ remoção de CO ₂ | - | - | 16,46 |
| 42 | Água | - | - | 18,99 |
| 43 | Água + CO ₂ | - | - | 22,47 |
| 44 | Biogás destinado ao desumidificador | - | - | 12,97 |
| 45' | Água | - | - | 0,38 |
| 45 | Biogás purificado | - | - | 12,59 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

APÊNDICE C

Neste apêndice estão dispostas especificações referentes a análise financeira da empresa Mello.

- Apêndice C.1 – Custos com equipamentos
- Apêndice C.2 – Investimentos Gerais
- Apêndice C.3 - Custos com Funcionários
- Apêndice C.4 – Custos Fixos
- Apêndice C.5 – Custo anual de energia
- Apêndice C.6 - Custo dos insumos/materiais
- Apêndice C.7 – Financiamento BNDES
- Apêndice C.8 – Depreciação
- Apêndice C.9 – Receita Bruta Anual
- Apêndice C.10 - *Payback*

Apêndice C.1 – Custos com Equipamentos

Tabela C.1 – Custos com equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Preço unitário (R\$/un.) | Valor Total (R\$) |
|---------------------------|------------|--------------------------|------------------------|
| Lavador | 1 | R\$14.872,00 | R\$14.872,00 |
| Despolpador | 6 | R\$42.090,00 | R\$252.540,00 |
| Desmucilador | 2 | R\$11.242,26 | R\$22.484,52 |
| Secador | 1 | R\$82.000,00 | R\$82.000,00 |
| Torrador | 1 | R\$500.000,00 | R\$500.000,00 |
| Moinho | 1 | R\$58.000,00 | R\$58.000,00 |
| Bomba | 4 | R\$350,00 | R\$1.400,00 |
| Trocador de calor | 1 | R\$12.000,00 | R\$12.000,00 |
| Coluna de absorção | 1 | R\$100.000,00 | R\$100.000,00 |
| Empacotadeira | 2 | R\$16.000,00 | R\$32.000,00 |
| Desumidificador | 1 | R\$300.000,00 | R\$300.000,00 |
| gasômetro | 4 | R\$5.000,00 | R\$20.000,00 |
| <i>Flare</i> | 1 | R\$40.000,00 | R\$40.000,00 |
| Reservatórios de água | 2 | R\$8.000,00 | R\$16.000,00 |
| Reator UASB | 1 | R\$500.000,00 | R\$500.000,00 |
| Decantador | 1 | R\$170.000,00 | R\$170.000,00 |
| Sistema de gradeamento | 1 | R\$1.000,00 | R\$1.000,00 |
| Peneira | 1 | R\$15.405,81 | R\$15.405,81 |
| Separador por cor | 1 | R\$71.000,00 | R\$71.000,00 |
| Mesa densimétrica | 1 | R\$42.915,74 | R\$42.915,74 |
| Silo café torrado (6 ton) | 2 | R\$29.250,00 | R\$58.500,00 |
| Total | | | R\$2.310.118,07 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Apêndice C.2 – Investimentos Gerais

Tabela C.2 – Investimentos Gerais

| Investimentos Gerais | Valor Total (R\$) |
|------------------------------------|------------------------|
| Terreno | - |
| Construção Civil | R\$2.006.388,00 |
| Móveis e utensílios | R\$100.000,00 |
| Empilhadeira | R\$142.406,00 |
| Materiais de Informática | R\$10.000,00 |
| Rede elétrica industrial | R\$74.400,00 |
| Materiais Laboratoriais | R\$30.000,00 |
| Laboratório Geral (Completo) | R\$15.000,00 |
| Sistema contra incêndio (Completo) | R\$80.000,00 |
| EPIs | R\$8.200,00 |
| Caminhão | R\$168.700,00 |
| Carros | R\$96.000,00 |
| Poço Artesiano | R\$35.000,00 |
| Total | R\$2.766.094,00 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Apêndice C.3 – Custos com funcionários

Tabela C.3 – Custos com funcionários

| Cargo | Quantidade | Pró-Labore | Piso salarial (R\$) | Adicional (R\$) | Valor por funcionário | Custo Mensal | Custo Anual |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|
| Presidente | 1 | R\$10.000,00 | R\$0,00 | R\$0,00 | R\$10.000,00 | R\$10.000,00 | R\$120.000,00 |
| Engenheiro Químico | 1 | R\$10.000,00 | R\$0,00 | R\$0,00 | R\$10.000,00 | R\$10.000,00 | R\$120.000,00 |
| Gerente Financeiro | 1 | R\$10.000,00 | R\$0,00 | R\$0,00 | R\$10.000,00 | R\$10.000,00 | R\$120.000,00 |
| Gerente RH | 1 | R\$10.000,00 | R\$0,00 | R\$0,00 | R\$10.000,00 | R\$10.000,00 | R\$120.000,00 |
| Gerente de Produção | 1 | R\$10.000,00 | R\$0,00 | R\$0,00 | R\$10.000,00 | R\$10.000,00 | R\$120.000,00 |
| Gerente Comercial/Marketing | 1 | R\$0,00 | R\$3.685,08 | R\$1.748,20 | R\$5.433,28 | R\$5.433,28 | R\$65.199,38 |
| Gerente de Logística | 1 | R\$0,00 | R\$3.070,39 | R\$1.456,59 | R\$4.526,98 | R\$4.526,98 | R\$54.323,80 |
| Contador | 1 | R\$0,00 | R\$4.631,00 | R\$2.196,95 | R\$6.827,95 | R\$6.827,95 | R\$81.935,36 |
| Supervisor de Controle de Qualidade | 1 | R\$0,00 | R\$4.106,00 | R\$1.947,89 | R\$6.053,89 | R\$6.053,89 | R\$72.646,64 |
| Analista de Laboratório | 2 | R\$0,00 | R\$2.304,92 | R\$1.093,45 | R\$3.398,37 | R\$6.796,75 | R\$81.560,98 |
| PCP | 1 | R\$0,00 | R\$2.504,26 | R\$1.188,02 | R\$3.692,28 | R\$3.692,28 | R\$44.307,37 |
| Administrador | 1 | R\$0,00 | R\$2.844,00 | R\$1.349,19 | R\$4.193,19 | R\$4.193,19 | R\$50.318,32 |
| Advogado | 1 | R\$0,00 | R\$4.389,82 | R\$2.082,53 | R\$6.472,35 | R\$6.472,35 | R\$77.668,21 |
| Supervisor Compras/ Almojarifado | 1 | R\$0,00 | R\$3.735,39 | R\$1.772,07 | R\$5.507,46 | R\$5.507,46 | R\$66.089,51 |
| Auxiliar de Almojarifado | 3 | R\$0,00 | R\$1.351,53 | R\$641,17 | R\$1.992,70 | R\$5.978,09 | R\$71.737,05 |
| SAC/Pesquisa e Desenvolvimento | 2 | R\$0,00 | R\$1.250,00 | R\$593,00 | R\$1.843,00 | R\$3.686,00 | R\$44.232,00 |
| Limpeza | 3 | R\$0,00 | R\$1.116,10 | R\$529,48 | R\$1.645,58 | R\$4.936,73 | R\$59.240,80 |
| Telefonista | 2 | R\$0,00 | R\$1.207,92 | R\$573,04 | R\$1.780,96 | R\$3.561,91 | R\$42.742,97 |
| Operador de produção | 10 | R\$0,00 | R\$1.249,68 | R\$592,85 | R\$1.842,53 | R\$18.425,28 | R\$221.103,38 |
| Operador de máquina | 6 | R\$0,00 | R\$1.520,55 | R\$721,35 | R\$2.241,90 | R\$13.451,39 | R\$161.416,72 |
| Degustador | 1 | R\$0,00 | R\$1.511,23 | R\$716,93 | R\$2.228,16 | R\$2.228,16 | R\$26.737,89 |
| Caminhoneiro | 5 | R\$0,00 | R\$1.826,55 | R\$866,52 | R\$2.693,07 | R\$13.465,33 | R\$161.583,92 |
| Porteiro | 2 | R\$0,00 | R\$1.235,56 | R\$586,15 | R\$1.821,71 | R\$3.643,42 | R\$43.721,03 |
| Técnico em Segurança Industrial | 1 | R\$0,00 | R\$2.465,81 | R\$1.169,78 | R\$3.635,59 | R\$3.635,59 | R\$43.627,08 |
| TOTAL | 50 | | | | | R\$172.516,03 | R\$2.070.192,42 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Apêndice C.4 – Custos Fixos Anuais

Tabela C.4 – Custos Fixos Anuais

| Custos Fixos | Valor total (R\$) |
|---------------------------|--------------------------|
| Mão-de-obra | R\$2.070.192,42 |
| Materiais de higienização | R\$7.200,00 |
| Materiais administrativos | R\$12.000,00 |
| Manutenção | R\$26.000,00 |
| Telefone/internet | R\$1.200,00 |
| Transporte | R\$20.000,00 |
| Marketing | R\$20.000,00 |
| IPTU | R\$8.000,00 |
| IPVA | R\$1.800,80 |
| Bags | R\$69.200,00 |
| Energia | R\$50.000,00 |
| Total | R\$2.285.593,22 |

Fonte: Aatoria Própria (2021).

Apêndice C.5 – Custo anual de energia

Tabela C.5 – Custo anual de energia

| Equipamento | kWh | Valor Anual (R\$) |
|--|------------|--------------------------|
| Torrador | 79.835,29 | R\$65.863,32 |
| Empacotadeira | 27.768,00 | R\$22.908,32 |
| Secador | 5.583,80 | R\$4.606,58 |
| Bomba | 2.695,68 | R\$2.223,91 |
| Moinho | 67.508,24 | R\$55.693,62 |
| Desmucilador | 9.306,30 | R\$7.677,60 |
| Despolpador | 5.583,80 | R\$4.606,58 |
| Peneira | 465,32 | R\$383,88 |
| Separador por cor | 811,20 | R\$669,23 |
| Mesa dessimétrica/ Separador por massa | 2.753,71 | R\$2.271,78 |
| Motor | 45.232,5 | R\$37.316,36 |
| Total | | R\$204.221,19 |

Fonte: Aatoria Própria (2021).

Apêndice C.6 – Custo dos insumos/materiais

Tabela C.6 – Custos dos insumos/materiais

| Insumo | Quantidade (ton ou un./ano) | Preço (R\$/un.) | Valor Anual (R\$) |
|------------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Saca Café Arábica (60 kg) | 13600 | R\$220,00 | R\$49.866.666,67 |
| Saca Café Conillon (60 kg) | 2080 | R\$242,31 | R\$8.400.080,00 |
| Hipoclorito de Sódio (Galão) | 104 | R\$300,00 | R\$31.200,00 |
| Embalagem (un.) | 31214560 | R\$0,10 | R\$3.121.456,00 |
| Total | | | R\$61.419.402,67 |

Fonte: Aatoria Própria (2021).

Apêndice C.7 – Financiamento BNDES

Tabela C.7 – Financiamento BNDES

| Ano | Juros | Amortização | Prestação | Saldo Final |
|------------|-----------------|--------------------|------------------|--------------------|
| 0 | R\$0,00 | R\$0,00 | R\$0,00 | R\$16.842.813,07 |
| 1 | R\$1.661.598,16 | R\$0,00 | R\$1.661.598,16 | R\$16.842.813,07 |
| 2 | R\$1.661.598,16 | R\$0,00 | R\$1.661.598,16 | R\$16.842.813,07 |
| 3 | R\$1.522.131,45 | R\$2.807.135,52 | R\$4.329.266,97 | R\$14.035.677,55 |
| 4 | R\$1.247.536,90 | R\$2.807.135,52 | R\$4.054.672,42 | R\$11.228.542,03 |
| 5 | R\$972.849,86 | R\$2.807.135,52 | R\$3.779.985,38 | R\$8.421.406,51 |
| 6 | R\$698.162,86 | R\$2.807.135,52 | R\$3.779.985,38 | R\$5.614.270,99 |
| 7 | R\$423.475,82 | R\$2.807.135,52 | R\$3.505.298,38 | R\$2.807.135,52 |
| 8 | R\$148.788,82 | R\$2.807.135,52 | R\$3.230.611,34 | R\$0,00 |

Fonte: Aatoria Própria (2021).

Apêndice C.8 – Depreciação

Tabela C.8 – Depreciação

| Ativos Fixos | Taxa Anual | Valor Inicial (R\$) | Valor Depreciado (R\$) |
|--------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Equipamentos de produção | 10% | R\$2.310.118,07 | R\$231.011,81 |
| Móveis e Utensílios | 10% | R\$100.000,00 | R\$10.000,00 |
| Caminhão | 20% | R\$168.700,00 | R\$33.740,00 |
| Carros | 20% | R\$96.000,00 | R\$19.200,00 |
| Empilhadeira | 20% | R\$142.406,00 | R\$28.481,20 |
| Instalações | 10% | R\$74.400,00 | R\$7.440,00 |
| Edificações | 4% | R\$2.006.388,00 | R\$80.255,52 |
| Materiais de Informática | 20% | R\$10.000,00 | R\$2.000,00 |
| Total | | | R\$410.128,53 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Apêndice C.9 – Receita Bruta Anual

Tabela C.9 – Receita Bruta Anual

| Produto | Produção Anual (Kg/ano) | Quantidade pacotes (500 g) | Preço de Venda por pacotes | Custo Total (R\$) |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Café Gourmet (500 g) | 1041508,00 | 2083016 | R\$25,00 | R\$52.075.400,00 |
| Café Tradicional (500 g) | 2080000 | 4160000 | R\$11,00 | R\$45.760.000,00 |
| Café Extraforte (500 g) | 2083328 | 4166656 | R\$11,00 | R\$45.833.216,00 |
| Prestação de serviços | - | - | - | R\$77.992,14 |
| Receita Bruta Total | | | | R\$143.746.608,14 |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Apêndice C.10 – Payback

Tabela C.10 - Payback

| Ano | Fluxo de Caixa | Valor Presente | Payback |
|------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| 0 | -R\$63.909.217,08 | -R\$63.909.217,08 | -R\$63.909.217,08 |
| 1 | R\$32.200.657,91 | R\$28.000.572,09 | -R\$35.908.644,98 |
| 2 | R\$32.200.657,91 | R\$24.348.323,56 | -R\$11.560.321,43 |
| 3 | R\$29.499.517,09 | R\$19.396.411,33 | R\$7.836.089,91 |
| 4 | R\$29.708.208,94 | R\$16.985.764,88 | R\$24.821.854,79 |
| 5 | R\$29.916.971,09 | R\$14.874.022,02 | R\$39.695.876,81 |
| 6 | R\$30.105.712,13 | R\$13.015.530,15 | R\$52.711.406,96 |
| 7 | R\$30.314.474,28 | R\$11.396.333,73 | R\$64.107.740,68 |
| 8 | R\$30.523.236,40 | R\$9.978.100,12 | R\$74.085.840,80 |
| 9 | R\$33.443.451,42 | R\$9.506.716,17 | R\$83.592.556,97 |
| 10 | R\$33.443.451,42 | R\$8.266.709,71 | R\$91.859.266,68 |
| 11 | R\$33.439.265,82 | R\$7.187.543,56 | R\$99.046.810,24 |

Fonte: Autoria Própria (2021).