

Autores:
Judson César Alves de Oliveira
Katya Anaya Jacinto Scattone
Roberta Targino Hoskin
Kátia Nicolau Matsui

DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ CLEAN LABEL 70% CACAU: um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras



AUTORES
JUDSON CÉSAR ALVES DE OLIVEIRA
KATYA ANAYA JACINTO SCATTONE
ROBERTA TARGINO HOSKIN
KÁTIA NICOLAU MATSUI

**DESENVOLVIMENTO
DE CHOCOLATE EM PÓ
CLEAN LABEL 70% CACAU:**
um produto zero açúcares
adicionados e rico em fibras

Editor Chefe: Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Gláuber Tulio Fonseca Coelho

Edição de Arte: Gláuber Tulio Fonseca Coelho

Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr. André Leonardo Demaison Medeiros Maia

Dr. Will Ribamar Mendes Almeida

Dr. Saulo José Figueiredo Mendes

Dr. Othon Carvalho Bastos Filho

Dr. Moisés dos Santos Rocha

Dr^a Rita de Cássia Silva de Oliveira

Dr. Raimundo José Barbosa Brandão

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O48d

Oliveira, Judson César Alves de; Scattone, Katya Anaya Jacinto; Hoskin, Roberta Targino; Matsui, Kátia Nicolau

Desenvolvimento de chocolate em pó clean label 70% cacau: um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras / Judson César Alves de Oliveira, Katya Anaya Jacinto Scattone, Roberta Targino Hoskin e Kátia Nicolau Matsui. São Luís: Editora Pascal, 2026.

84 f.: il.

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-6068-232-0

D.O.I.:10.5281/zenodo.21931699

1. Cacau em pó. 2. Inulina. 3. Estévia. 4. Saudável. 5. Variabilidade. I. Oliveira, Judson César Alves de. II. Scattone, Katya Anaya Jacinto. III. Hoskin, Roberta Targino. IV. Matsui, Kátia Nicolau. V. Título.

CDU: 664.1:613

Elaborada por Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

APRESENTAÇÃO

A crescente busca por um estilo de vida associado à saudabilidade e ao bem-estar tem influenciado significativamente o desenvolvimento de novos produtos alimentícios e a reformulação de alimentos tradicionalmente presentes na rotina dos consumidores. Nesse contexto, um dos principais desafios da ciência e da tecnologia de alimentos está relacionado à adaptação de formulações consolidadas, frequentemente caracterizadas pela adição de açúcares e ingredientes tecnológicos, de modo a melhorar suas características sensoriais, funcionais e industriais. É nesse cenário que esta obra se insere, apresentando uma abordagem sobre o desenvolvimento de chocolate em pó 70% cacau com proposta *clean label*, considerando os aspectos nutricionais, tecnológicos e produtivos envolvidos em sua elaboração.

Ao explorar o desenvolvimento dessa formulação, o trabalho aborda desde a seleção e caracterização das matérias-primas até a estruturação do processo produtivo em escala industrial. São discutidos aspectos relacionados ao uso de diferentes tipos de cacau, à incorporação de ingredientes funcionais como a inulina e a estévia, aos desafios tecnológicos associados à redução de açúcares adicionados e à manutenção das propriedades desejadas do produto. Além disso, a obra apresenta o planejamento do processo fabril, incluindo operações unitárias, dimensionamento de equipamentos, balanços de massa e energia, organização do layout industrial, requisitos de rotulagem e análise de viabilidade econômica.

A publicação deste estudo em formato de livro permite ampliar o acesso às discussões apresentadas e reunir, em uma única obra, diferentes etapas envolvidas no desenvolvimento deste alimento processado. Ao integrar conhecimentos de ciência e tecnologia dos alimentos, engenharia de processos e planejamento industrial, o trabalho contribui para a compreensão dos caminhos necessários entre a concepção de uma formulação e sua aplicação em um contexto produtivo, acompanhando as transformações atuais do setor de alimentos.

AUTORES

Judson César Alves de Oliveira

<http://lattes.cnpq.br/7524065749886470>

Bacharel em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN (2026), possui Técnico em Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte - IFRN (2026). Durante sua formação, participou de projetos e atividades acadêmicas relacionadas ao aproveitamento de recursos naturais, sustentabilidade e valorização de matérias-primas, incluindo estudos envolvendo o reaproveitamento de resíduos agroindustriais e a obtenção de compostos de interesse tecnológico.

Katya Anaya Jacinto Scattone

<http://lattes.cnpq.br/7632524600986257>

Possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2004) e mestrado em Bioquímica realizado na mesma instituição (2007). É doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba (2016), com período sanduíche (2014/2015) na Universität Hohenheim (Stuttgart, Alemanha). Foi professora do curso de Nutrição da Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi (FACISA-UFRN), entre 2010 e 2026, onde ministrou disciplinas da área de Ciências dos Alimentos. Atuou como professora/pesquisadora visitante no Centro de Investigación en Biotecnología, Universidad Tecnológico de Costa Rica (2019); no Departamento de Microbiologia, Universidade da Pennsylvania, Estados Unidos, financiada pela Fulbright (2021); foi professora visitante na Universidade de Delaware, Departamento de Ciências Animais e Ciências dos Alimentos, Estados Unidos (2022) e na Universidade de Copenhagen, Departamento de Ciências dos Alimentos, Dinamarca (2024). Sua atuação em pesquisa concentra-se na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, em projetos de análises físico-químicas, biológicas, microbiológicas e sensoriais de alimentos, com ênfase em estudos de compostos bioativos presentes em alimentos regionais e produtos lácteos. Atualmente, é docente do Departamento de Engenharia de Alimentos (DEA) do Centro de Tecnologia da UFRN e atua no Programa de Pós-Graduação em Nutrição.

Roberta Targino Hoskin

<http://lattes.cnpq.br/7098666299806958>

Bolsista Produtividade em Pesquisa CNPQ e Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ/UFRN). Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, 1994), Mestre em Ciência de Alimentos (UFPE, 1998). Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN, 2004) recebeu Fulbright Award para doutorado sanduíche (2003) no Food Science Department, University of Massachusetts (USA). Pós-doutoramento no Plants for Human Health Institute (North Carolina State University NCSU, USA, 2015) onde foi Senior Research Scholar até 2024. Professor Associado IV do Departamento de Engenharia de Alimentos (DEA/UFRN), membro permanente da Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ/UFRN), coordenadora do Grupo de Pesquisa em Tecnologia de Alimentos da UFRN, e chefe do Laboratório de Compostos Bioativos (DEQ/UFRN). Com mais de 20 anos de ensino, já supervisionou mais de 60 alunos de graduação, iniciação científica, e pós-graduação (mestrado,

doutorado e pós-doutorado). Já publicou mais de 95 peer reviewed artigos e capítulos de livros, com mais de uma centena de publicações em eventos. Possui h-index 24 e i10-index 41 e colaborações ativas com pesquisadores no Brasil e no exterior.

Kátia Nicolau Matsui

<http://lattes.cnpq.br/3253316004789881>

Formada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC (2000). Mestre em Engenharia de Alimentos pela UFSC (2002) na área de aproveitamento de resíduos agroindustriais para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis, Doutora em Engenharia Química pela Universidade de São Paulo, USP, (2006), na área de tratamento térmico por micro-ondas de alimentos líquidos - inativação enzimática. No período entre ago/2006 e jun/2010 foi docente da Faculdade de Tecnologia Oswaldo Cruz e da Escola Superior de Química Oswaldo Cruz. Entre nov. 2007 e out. 2009 foi bolsista de Pós-Doutorado Empresarial (CNPq) na área de incorporação de extratos naturais em polipropileno para utilização em embalagens inteligentes na antiga Quattor S.A., Mauá-SP. Desde agosto de 2010 exerce o cargo de docente de dedicação exclusiva no curso de graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, (de 2006 a jun/2025 - o curso estava lotado no Depto. de Engenharia Química e a partir de ago/2025 lotado no Depto. de Engenharia de Alimentos, UFRN). De set/2024 a fev/2025 foi bolsista CAPES de Pós-doutorado, através do Programa CAPES-COFECUB - ed. 8/2023, Processo: 88881.879189/2023-01, no Institut Agro Dijon, Dijon, França, com o tema de pesquisa intitulado "Valorização de resíduos agroindustriais e seus compostos ativos aplicados em embalagens biodegradáveis". Disciplinas ministradas na graduação: Controle de Qualidade na Indústria de Alimentos; Operações Unitárias II; Princípios dos Processos Químicos para a Indústria de Alimentos; Tecnologia de Embalagens; Introdução à Engenharia de Alimentos. Na pesquisa atua nas linhas de desenvolvimento de matrizes poliméricas biodegradáveis, valorização de resíduos agroindustriais, caracterização de compostos bioativos e desenvolvimento de materiais com potencialidades para embalagens ativas e/ou inteligentes.

RESUMO

A crescente conscientização global sobre saúde e bem-estar tem impulsionado a demanda por alimentos com apelos funcionais, como redução de açúcar e maior teor de fibras, desafiando a indústria a reformular produtos tradicionais sem comprometer suas características sensoriais. O chocolate em pó destaca-se nesse cenário por ser amplamente consumido, mas frequentemente associado a elevados teores de açúcares adicionados. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um chocolate em pó *clean label* com 70% de cacau, caracterizado por ser zero açúcar e rico em fibras, visando atender a essas novas exigências de mercado. A pesquisa envolve a elaboração de uma formulação composta por um mix de cacaos (natural e alcalinizado), inulina como agente de corpo e volume, e estévia como edulcorante natural. O processo produtivo adota um sistema contínuo e estacionário para uma vazão de 1000 kg/h, contemplando etapas de mistura, aglomeração (granulação e secagem) e envase em embalagens *stand up pouch*. Realizaram-se os balanços de massa e energia para assegurar a viabilidade técnica da operação fabril, além do desenvolvimento da rotulagem nutricional em conformidade com a legislação vigente. Adicionalmente, o estudo de viabilidade econômica aponta um preço de venda competitivo de R\$ 24,89, com margem de lucro de 100%, e propõe sistemas de tratamento de efluentes e gestão de resíduos sólidos para garantir a sustentabilidade ambiental da planta. As análises demonstram que a reformulação do chocolate em pó é técnica e economicamente viável, resultando em um produto de alto valor agregado que concilia qualidade nutricional com as funções tecnológicas essenciais da indústria de alimentos. A substituição da sacarose por edulcorantes naturais e a inclusão de fibras prebióticas permitem a criação de um item potencialmente funcional que preserva os compostos bioativos do cacau, atendendo à transparência exigida pelo conceito *clean label*. Assim, o trabalho conclui que é possível adaptar formulações tradicionais às demandas por saudabilidade, mantendo a viabilidade industrial e a aceitabilidade mercadológica.

Palavras-chave: cacau em pó; inulina; estévia; saudável; viabilidade.

ABSTRACT

The growing global awareness of health and well-being has driven demand for functional foods with reduced sugar and increased fiber content, challenging the industry to reformulate traditional products without compromising sensory quality. Powdered chocolate stands out in this context; despite its widespread consumption, it is frequently associated with high levels of added sugars. This study develops a clean-label 70% cocoa powdered chocolate that is sugar-free and high in fiber to meet these emerging market demands. The formulation consists of a blend of natural and alkalized cocoa powders, inulin as a bulking and texturizing agent, and stevia as a natural sweetener. The production process employs a continuous steady-state system with a throughput of 1,000 kg/h, encompassing mixing, agglomeration (granulation and drying), and stand-up pouch packaging. Mass and energy balances validate the technical feasibility of the industrial operation, alongside nutritional labeling developed in compliance with current regulations. Furthermore, economic analysis indicates a competitive selling price of R\$ 24.89 with a 100% profit margin. The study also proposes wastewater treatment and solid waste management systems to ensure environmental sustainability. Results demonstrate that the powdered chocolate reformulation is both technically and economically viable, yielding a high-value product that aligns nutritional quality with essential industrial technological functions. Replacing sucrose with natural sweeteners and prebiotic fibers allows for a product that preserves cocoa's bioactive compounds while fulfilling clean-label transparency. Thus, this study concludes that adapting traditional formulations to health-oriented demands is feasible, maintaining both industrial scalability and market acceptability.

Keywords: cocoa powder; inulin; stevia; healthy; technical feasibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Estrutura química geral da inulina	24
Figura 02 - Fluxograma do processo de produção do CP70	28
Figura 03 - Cacaos utilizados para o desenvolvimento do CP70	29
Figura 04 - Moegas de recebimentos.....	30
Figura 05 - Balanças de fluxo.....	30
Figura 06 - Misturador contínuo	31
Figura 07 - Sistema de aglomeração contínuo.....	32
Figura 08 - Secador vibrofluidizado com três câmaras.....	33
Figura 09 - Peneira vibratória com separador magnético	34
Figura 10 - Sistema de armazenamento intermediário em silos	34
Figura 11 - Dosador de pó com sistema de rosca sem fim	35
Figura 12 - Formadora e envasadora automática de stand up pouch	36
Figura 13 - Encaixotadora automática de caixas	36
Figura 14 - Estruturas porta-pallets.....	37
Figura 15 - Planta baixa da indústria de fabricação do chocolate em pó.....	38
Figura 16 - Representação esquemática da simplificação realizada no secador de leite fluidizado para atender aos parâmetros deste estudo.....	48
Figura 17 - Tabela nutricional do CP70.....	54
Figura 18 - Design gráfico do rótulo do CP70	54
Figura 19 - Fluxo de caixa anual	62
Figura 20 - Fluxo de caixa mensal.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Formulação do CP70	42
Tabela 02 - Composição centesimal, em g/100 g, das matérias-primas do CP70.....	43
Tabela 03 - Composição centesimal do CP70 determinada por balanço de massa por componente e análise laboratorial.....	46
Tabela 04 - Parâmetros adotados para o balanço de energia no volume de controle do secador de leite vibrofluidizado.....	49
Tabela 05 - Equações e valores de calor específico (Cp) para os componentes do CP70 considerando a variação de temperatura de 20 e 30 °C.....	49
Tabela 06 - Cálculo do calor específico global (Cp) do CP70 por meio das frações mássicas dos componentes	50
Tabela 07 - Síntese dos dados do balanço de energia do produto no secador de leite vibrofluidizado	51
Tabela 08 - Descrição de custos de capital	58
Tabela 09 - Detalhamento dos custos operacionais fixos	59
Tabela 10 - Quantidade de insumos por hora, mês e ano para fabricação do <i>clean label</i> CP70	60
Tabela 11 - Detalhamento dos custos operacionais variáveis.....	60
Tabela 12 - Comparativo de preços entre o produto desenvolvido e produtos similares comercializados em Natal/RN	61

SUMÁRIO

Capítulo 1	13
Introdução	
Capítulo 2	16
Objetivos	
2.1. Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
Capítulo 3	18
Revisão da literatura	
3.1 Chocolate em pó: definição, mercado e tendências	19
3.1.1. Conceito e classificação	20
3.1.2 Panorama do mercado.....	20
3.1.3 Inovações e tendências	21
3.1.3.1 <i>Clean label: aspectos conceituais e tecnológicos</i>	22
3.2 Cacau: aspectos tecnológicos e bioativos	22
3.3 Inulina como agente de corpo de alta performance	23
3.4 Edulcorante natural: estévia	24
Capítulo 4.....	26
Processo de fabricação	
4.1 Fluxograma do Processo	27
4.2 Descrição do Processo	28
4.2.1 Recebimento de matérias-primas e insumos.....	28
4.2.2 Armazenamento intermediário / Dosagem da matéria-prima	29
4.2.3 Mistura.....	31
4.2.4 Aglomeração.....	31
4.2.4.1 <i>Granulação</i>	32
4.2.4.2 <i>Secagem</i>	33
4.2.5 Peneiramento e Separação magnética.....	33
4.2.6 Armazenamento intermediário pré-envase.....	34
4.2.7 Envase e Encaixotamento.....	35
4.2.8 Armazenamento final e Distribuição.....	36
4.3 Layout Simplificado	37
Capítulo 5	40
BALANÇOS DOS PROCESSOS	
5.1 Balanço de Massa.....	41
5.1.1 Balanço de massa global.....	42
5.1.2 Balanço de massa por componente	43
5.1.2.1 <i>Balanço de massa por componente para umidade</i>	44
5.1.2.2 <i>Balanço de massa por componente para carboidratos</i>	44

5.1.2.3 <i>Balanço de massa por componente para proteínas</i>	44
5.1.2.4 <i>Balanço de massa por componente para lipídios</i>	45
5.1.2.5 <i>Balanço de massa por componente para fibras</i>	45
5.1.2.6 <i>Balanço de massa por componente para cinzas</i>	45
5.2 Balanço de Energia.....	46
5.2.1 Balanço de energia no secador de leite vibrofluidizado	47
Capítulo 6	52
Rotulagem e rastreabilidade	
Capítulo 7	56
Análise de viabilidade econômica	
7.1 Custos de Capital (CAPEX).....	57
7.2 Custos Operacionais (OPEX)	58
7.3 Projeção de Receita	61
7.3.1 Estimativa do preço de venda	61
7.3.1.1 <i>Pesquisa mercadológica</i>	61
7.3.2 Estimativa da Receita	62
7.4 Construção do Fluxo de Caixa.....	62
7.5 Indicadores Econômicos	63
Capítulo 8	65
Tratamento de resíduos	
Capítulo 9	68
Considerações finais	
Capítulo 10	70
Referências	
Anexo A	78
Métodos de análise de composição centesimal	
Umidade	79
Conteúdo de Cinzas	79
Gordura	79
Fibra Alimentar.....	79
Proteína.....	80
REFERÊNCIA	81
Anexo B	82
Fluxograma de produção de produtos derivados do cacau	
REFERÊNCIA	84

Capítulo 1

Introdução

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

O perfil de alimentação tem se transformado significativamente em diferentes populações. Se anteriormente a escolha dos consumidores era predominantemente guiada pelo custo dos alimentos, observa-se atualmente uma maior valorização da qualidade nutricional, da composição dos produtos e do equilíbrio entre custo e benefício (Baker *et al.*, 2022; Siqueira, 2022).

Essa mudança pode estar associada ao crescimento da conscientização sobre saúde e bem-estar, bem como ao aumento da demanda por alimentos com apelos funcionais como redução de açúcar, maior teor de proteínas, fibras e menor grau de processamento (Baker *et al.*, 2022).

Dessa forma, observa-se a necessidade do estudo das formulações de alimentos tradicionais com o objetivo de adequá-los a demandas por saudabilidade. Esse desenvolvimento deve considerar a manutenção das características sensoriais e tecnológicas dos produtos, de modo a preservar suas propriedades e sua aplicabilidade industrial.

Nesse contexto, a indústria de chocolates e alimentos achocolatados têm registrado um aumento crescente na sua produção e, conseqüentemente, no consumo. Segundo dados do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL, 2023) e da Associação Brasileira de de Chocolates, Amendoim e Balas (ABICAB, 2025) a produção de chocolates industrializados passou de 693 mil toneladas por ano, em 2021, para 814 mil toneladas por ano em 2025.

Diante disso, destaca-se o segmento de chocolates em pó, produto amplamente consumido por diferentes faixas etárias e frequentemente associado ao consumo diário, especialmente em preparações com leite. Esses produtos, em geral, apresentam elevado teor de açúcares adicionados, o que reforça a necessidade de desenvolvimento de formulações que conciliem a redução de componentes críticos com a manutenção das características sensoriais e tecnológicas (Gómez- Fernández *et al.*, 2021).

Para o desenvolvimento de formulações de chocolates em pó com perfil nutricional melhorado, é necessário avaliar a substituição de ingredientes e as interações entre eles, uma vez que esses fatores influenciam diretamente a formação e o equilíbrio das características sensoriais do produto (Selvasekaran; Chidambaram, 2021).

O aumento da concentração de cacau em pó e/ou a utilização de cacau natural em pós para preparo de bebidas achocolatadas pode promover alterações nas características sensoriais do produto, incluindo maior intensidade de amargor e adstringência, além de mudanças na coloração (Juvinal *et al.*, 2023; Palma-Morales *et al.*, 2024).

Destarte, aumento na proporção do cacau em pó em relação a outros ingredientes e/ou o uso de cacau não alcalinizado; a utilização de fibras alimentares como agentes de corpo e volume; e a introdução de edulcorantes naturais têm sido abordado em estudos voltados à reformulação de alimentos, com destaque para aplicações em chocolates industrializados (Juvinal *et al.*, 2023; Asghari *et al.*, 2023; Pal; Chakraborty; Gandhi, 2024).

Esses fatores podem influenciar a aceitabilidade da formulação, ao mesmo tempo em que estão associados ao aumento do teor de compostos bioativos. Dessa forma, a reformulação desses produtos envolve o equilíbrio entre características sensoriais e composição funcional, quando relacionados à concentração de cacau alcalinizado/natural (Palma-Morales *et al.*, 2024).

Por conseguinte, a utilização de fibras alimentares com potencial prebiótico estão sendo estudadas como substitutas de ingredientes empregados como agentes de corpo e volume, como maltodextrinas e gomas (Oba; Yilmaz; 2022). Além de auxiliar na manutenção da textura e estabilidade da formulação, essas fibras contribuem para o aumento do

potencial funcional do produto (Pimentel *et al.*, 2022). Dessa forma, sua aplicação em bebidas achocolatadas pode promover alterações tecnológicas e nutricionais na formulação.

Por fim, a utilização de edulcorantes naturais (estévia, por exemplo) como substitutos totais ou parciais da sacarose e de outros ingredientes responsáveis pelo dulçor tem sido amplamente investigada em pesquisas recentes (Asghari *et al.*, 2023; Hinojosa-González *et al.*, 2024). Essa abordagem vem sendo aplicada não apenas em chocolates e bebidas achocolatadas, mas também em diferentes segmentos da indústria de alimentos, visando ao desenvolvimento de produtos com perfil nutricional reformulado (Mahato *et al.*, 2021; Sun *et al.*, 2024).

Nesse contexto, a reformulação de chocolates em pó tem sido estudada com foco na melhoria do perfil nutricional, buscando manter a aceitabilidade sensorial e as propriedades tecnológicas do produto. Para isso, estratégias como o aumento da proporção de cacau, a utilização de fibras alimentares e a substituição parcial da sacarose por edulcorantes naturais vêm sendo aplicadas em diferentes formulações.



Capítulo 2

Objetivos

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver um chocolate em pó 70% cacau, rico em fibras e sem açúcar adicionado.

2.2 Objetivos Específicos

Elaborar a formulação do chocolate em pó a partir de diferentes tipos de cacau em pó (cacau natural e cacau alcalinizado), acrescido de inulina e estévia.

Descrever o processo produtivo, incluindo suas etapas, fluxograma e layout industrial, desde a recepção da matéria prima até a distribuição do produto acabado.

Desenvolver a rotulagem nutricional a partir da caracterização físico-química do produto.

Descrever a técnica usada para sua rastreabilidade.

Realizar estudo de viabilidade técnica a partir do desenvolvimento dos balanços de massa e energia do processo de produção.

Realizar estudo de viabilidade econômica a partir do levantamento dos valores necessários para a produção, incluindo custos CAPEX (*Capital Expenditure*) e OPEX (*Operational Expenditure*).

Propor processos de tratamento e aproveitamento dos resíduos gerados pela planta industrial, assegurando sua destinação ambientalmente adequada.



Capítulo 3

Revisão da literatura

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

Os produtos derivados do cacau possuem uma longa trajetória histórica e alta relevância comercial, evoluindo desde formas tradicionais de consumo até as variedades mais atuais, como chocolate em pó, chocolate em barra e diversos alimentos que utilizam o cacau como ingrediente, além de alimentos potencialmente funcionais (Saritaş *et al.*, 2024).

A suposta origem dos alimentos à base de cacau remonta a cerca de 1800 a.C., na região da América do Sul, onde civilizações como os maias utilizavam o cacau principalmente em bebidas de caráter ritualístico e cultural (Saritaş *et al.*, 2024).

No século XVI, o cacau foi introduzido na Europa, onde passou a ser associado às camadas mais altas da sociedade, sendo utilizado não apenas como alimento, mas também com fins medicinais e como item de valor econômico (Monteiro *et al.*, 2023).

Desde então, o chocolate passou a ser amplamente consumido, estudado e aplicado em diferentes formulações alimentícias, tanto com finalidades tecnológicas quanto por seu potencial funcional (Saritaş *et al.*, 2024; Hossain *et al.*, 2021).

Neste contexto, este capítulo tem como objetivo revisar a literatura sobre o chocolate em pó, abordando sua definição, mercado e tendências, além de apresentar as matérias-primas utilizadas no desenvolvimento de um chocolate em pó *clean label*, com 70% de cacau, zero açúcar e alto teor de fibras.

3.1 Chocolate em pó: definição, mercado e tendências

Embora o fruto do cacau e produtos obtidos a partir dele sejam conhecidos desde a antiguidade, o cacau em pó passou a ser produzido apenas a partir de 1828, com a invenção da prensa hidráulica por Coenraad Johannes van Houten; processo este, que permitiu a separação da manteiga de cacau e a obtenção de um sólido posteriormente moído, viabilizando a produção de cacau em pó e facilitando seu transporte e comercialização (Melo; Orjuela; Guerrero, 2022).

Além de viabilizar a produção de cacau em pó, a redução do teor de gordura por meio da retirada parcial da manteiga de cacau facilitou a incorporação de outros ingredientes à formulação, contribuindo para sua maior aceitação e ampliando sua disponibilidade para diferentes segmentos da população (Melo; Orjuela; Guerrero, 2022).

Nesse contexto, também foi desenvolvido o processo de alcalinização do cacau, associado às inovações introduzidas por Coenraad Johannes van Houten no século XIX (García; Pérez Esteve; Barat Baviera, 2020; Palabiyik, 2023). Esse processo consiste no tratamento do cacau com substâncias alcalinas, o que reduz sua acidez e modifica características como cor, sabor e solubilidade, facilitando sua dispersão em água e a obtenção de bebidas mais homogêneas (García; Pérez Esteve; Barat Baviera, 2020).

Esses processos permanecem como base da produção de cacau em pó na atualidade, sendo empregados para obter um produto com características adequadas às diferentes aplicações na indústria de alimentos.



3.1.1. Conceito e classificação

No Brasil, as definições, conceitos e classificações de alimentos, além de ingredientes obrigatórios são determinados, geralmente, por meio de legislações específicas, conhecidas como Requisitos Técnicos de Identidade e Qualidade (RTIQ) ou apenas como Requisitos Sanitários, emitidas por órgãos regulamentadores como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) ou Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Neste sentido, os alimentos derivados do cacau, a ANVISA por meio da Resolução RDC nº 723, de 1º de julho de 2022, determina os requisitos sanitários para cacau em pó, cacau solúvel, chocolate, chocolate branco, dentre outros produtos (Brasil, 2022d).

A partir dessa legislação, o cacau em pó pode ser compreendido como o produto obtido a partir da massa, pasta ou liquor de cacau; por conseguinte, o cacau solúvel, corresponde ao alimento formulado a partir da mistura de cacau em pó com outros ingredientes, tendo como finalidade específica aumentar sua dispersibilidade e solubilidade em líquidos; enquanto o chocolate é definido como um produto obtido da combinação de derivados do cacau (*Theobroma cacao* L.) com outros ingredientes (Brasil, 2022d).

A partir desta legislação, os produtos atualmente conhecidos como chocolate em pó ou achocolatado em pó, cujo modo de preparo envolve a diluição em bebidas, podem ser mais adequadamente associados à definição de cacau solúvel, uma vez que são obtidos a partir do cacau em pó acrescido de outros ingredientes que favorecem sua dispersão e solubilidade em líquidos.

Vale salientar que a literatura científica atual não apresenta uma distinção terminológica clara e padronizada entre os produtos comercializados no Brasil como “chocolate em pó” e “achocolatado em pó”. No contexto acadêmico e industrial internacional, ambos são frequentemente descritos de forma genérica pelo termo “cocoa powder”, especialmente em estudos relacionados à composição, processamento e aplicação tecnológica do cacau.

Neste contexto, foi promulgada pela Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos da Presidência da República a Lei 15.404, de 8 de maio de 2026, que aborda de maneira mais específica as definições e características de derivados do cacau, abrangendo diversos produtos e algumas disposições sua rotulagem (Brasil, 2026).

De acordo com esta legislação, o cacau em pó solúvel é definido como o produto acrescido de ingredientes destinados a melhorar sua dispersão e solubilidade em líquidos, já o chocolate em pó caracteriza-se pela adição de ingredientes como açúcares, edulcorantes e outros insumos, devendo apresentar, no mínimo, 32% de sólidos totais de cacau em sua formulação (Brasil, 2026).

Da mesma forma, esta lei também estabelece o conceito e características do achocolatado, como um produto produzido a partir da mistura de cacau com outros ingredientes, podendo ou não conter leite, desde que possua no mínimo 15 % de sólidos de cacau e 15 % de manteiga de cacau (Brasil, 2026).

3.1.2 Panorama do mercado

Atualmente, as pesquisas de mercado concentram-se na análise de segmentos amplos da cadeia do cacau e do chocolate, não havendo, em geral, dados específicos e desagregados emitidos por órgãos oficiais para produtos como o chocolate em pó. Assim, as informações referentes a esse tipo de produto são, em grande parte, inferidas a partir de indicadores mais abrangentes, como a produção e comercialização de amêndoas de cacau.

De acordo com o Relatório Anual 2024-2025 emitido pela International Cocoa Organization (ICCO, 2025a), organização intergovernamental que opera desde 1973 monitorando a comercialização do cacau, a produção de cacau da safra 2024/2025 aumentou cerca de 8% quando comparada à safra anterior, chegando ao volume de 4,698 milhões de toneladas.

De acordo com o relatório (ICCO, 2025a), a produção mundial de cacau é liderada pela África, com 3,253 milhões de toneladas, provenientes principalmente da Costa do Marfim, Gana, Camarões e Nigéria; as Américas apresentam produção projetada de 1,15 milhão de toneladas, com destaque para Equador, Brasil, Peru, Colômbia e República Dominicana; já a Ásia e Oceania registram produção estimada em 0,298 milhão de toneladas, concentrada na Indonésia, Papua-Nova Guiné e Malásia.

Já em relação ao preço médio de comercialização do cacau, o ano de 2025 encerrou com o valor de USD 5.821,37 por tonelada (ICCO, 2025b). Ademais, segundo a GTAIC (2025a), o comércio internacional de cacau movimentou cerca de USD 15,98 bilhões em 2024. Quando considerados os produtos derivados, como chocolate e preparações à base de cacau, esse montante praticamente dobra, atingindo aproximadamente USD 30,8 bilhões anuais, o que evidencia o elevado valor agregado da cadeia produtiva do cacau (GTAIC, 2025b).

3.1.3 Inovações e tendências

A reformulação de alimentos processados é uma resposta direta à crescente preocupação global com a saúde pública, particularmente em relação ao consumo excessivo de açúcares adicionados, que são um fator de risco para Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs) (Carvalho, 2022). Em virtude dessa conscientização, observa-se um movimento da indústria de chocolate em pó em direção ao desenvolvimento de produtos com menores quantidades de açúcar e maior concentração de cacau, além da incorporação de ingredientes associados à saudabilidade, como proteínas e vitaminas, por exemplo.

Esta demanda do consumidor direciona a pesquisa e o desenvolvimento (P&D) para a criação de produtos que transcendam a mera redução calórica, migrando para a categoria de alimentos funcionais (Barišić, 2019). O desafio reside em equilibrar a remoção da sacarose com a manutenção da aceitabilidade sensorial, crucial para produtos de consumo infanto-juvenil e familiar (Wahyudin; Wagiman; Khulsum, 2020).

A tendência de reformulação se apoia na utilização estratégica de ingredientes que adicionam valor nutricional e funcional. A incorporação de fibras alimentares, como a inulina, e edulcorantes, como a stévia (Asghari *et al*, 2023; Pal, Chakraborty; Gandhi, 2024), visa não só compensar a perda de corpo, textura e dulçor causada pela ausência de açúcar, mas também diminuir os aspectos prejudiciais e conferir propriedades funcionais, promovendo a saúde intestinal (Barišić, 2019; Oba; Yilmaz, 2022).

Outro pilar da saudabilidade é a maximização e a preservação dos compostos bioativos do cacau. A pesquisa e o desenvolvimento focam em técnicas de processamento que mantenham os níveis de polifenóis (flavonoides), reconhecidos por suas propriedades antioxidantes, apesar das modificações tecnológicas necessárias (Wahyudin; Wagiman; Khulsum, 2020; Umali *et al.*, 2025).

Além dessas inovações, destaca-se como tendência crescente a incorporação de probióticos em formulações à base de cacau. Nesse contexto, o cacau em pó pode ser utilizado na produção de sistemas encapsulantes para proteção de microrganismos probióticos, frequentemente associado a biopolímeros como alginato e prebióticos, quanto como matriz alimentar para a incorporação direta de culturas probióticas liofilizadas, desde que

estas apresentem resistência às condições de processamento e armazenamento (Hossain *et al.*, 2021; Hossain *et al.*, 2022).

As inovações no desenvolvimento de produtos à base de cacau, especialmente aquelas voltadas à funcionalização e à reformulação de ingredientes, têm impulsionado a busca por formulações mais simples e naturais. A substituição de aditivos tradicionais e a redução do número de ingredientes atendem à crescente demanda por produtos menos processados e com maior transparência. Nesse contexto, destaca-se o conceito de *clean label*, caracterizado por listas de ingredientes mais curtas e facilmente compreensíveis.

3.1.3.1 *Clean label*: aspectos conceituais e tecnológicos

Os produtos *clean label* têm se consolidado como uma importante tendência em um mercado cada vez mais orientado à valorização de alimentos considerados “naturais”. No entanto, a ausência de uma definição regulatória clara para esse termo permite diferentes interpretações, tanto por parte da indústria quanto dos consumidores, o que torna sua compreensão ampla e, por vezes, subjetiva (Kajzer; Diowks, 2021).

Dessa forma, a literatura apresenta três principais abordagens para a definição de produtos *clean label* (Inguglia *et al.*, 2023): a primeira associa o conceito à ausência de aditivos pouco conhecidos ou de difícil reconhecimento pelo consumidor na lista de ingredientes; a segunda está relacionada à percepção do consumidor, sendo considerada *clean label* aquela formulação entendida como mais natural; e, por fim, a terceira abordagem refere-se ao uso de um número reduzido de ingredientes, preferencialmente comuns e facilmente encontrados pelo consumidor, sendo esta última a definição na qual o produto desenvolvido por este trabalho se adequa.

Sob a perspectiva da indústria, essa abrangência de conceitos evidencia um dos principais desafios enfrentados atualmente que é o desenvolvimento de formulações que conciliem o uso de ingredientes considerados naturais pelos consumidores com a manutenção das funções tecnológicas essenciais dos aditivos tradicionais (Delgado-Pando, 2021).

Nesse contexto, a substituição por alternativas naturais exige não apenas a preservação da qualidade sensorial, mas também a garantia da segurança microbiológica e da estabilidade do produto durante o armazenamento (Delgado-Pando, 2021; Chauhan; Rao, 2024). Além disso, essas substituições podem não ser seguras (mesmo se consideradas “naturais”), e, quando realizadas, frequentemente demandam ajustes no processo produtivo, a fim de manter o desempenho tecnológico da formulação (Chauhan; Rao, 2024).

3.2 Cacau: aspectos tecnológicos e bioativos

O cacau é uma matéria-prima amplamente utilizada na indústria de alimentos, especialmente no segmento de sobremesas, abrangendo desde bebidas e confeitados até chocolates de maior complexidade tecnológica. Seu processo produtivo encontra-se consolidado e, atualmente, as pesquisas têm se concentrado na sua otimização, com ênfase na redução das perdas de compostos bioativos ao longo da produção de seus derivados (Goya; Kongor; Pascual-Teresa, 2022; Sioriki *et al.*, 2021).

A produção de derivados do cacau envolve etapas que podem ser agrupadas em processamento primário e processamento industrial (Anexo B). O processamento primário compreende as etapas desde o cultivo até a colheita, fermentação, secagem e armazena-

mento. Já o processamento industrial abrange operações subsequentes, como limpeza, torrefação, moagem, prensagem e, em alguns casos, alcalinização, até a obtenção do produto final (Goya; Kongor; Pascual-Teresa, 2022).

Nesse contexto, a ampla aplicação dos derivados de cacau, aliada à consolidação dos processos industriais e à elevada demanda, contribuiu para que aspectos relacionados à sua composição, como o teor de fibras e o perfil de compostos bioativos, recebessem menor atenção em determinados períodos (Tušek *et al.*, 2024).

Essas características intrínsecas do cacau têm sido investigadas, na atualidade, por diversos autores, abrangendo desde os subprodutos da produção de chocolate até os efeitos das técnicas de processamento sobre a biodisponibilidade e estabilidade desses compostos (Becerra *et al.*, 2024; Tušek *et al.*, 2024; Tuigunov *et al.*, 2025).

Os principais compostos bioativos encontrados no cacau incluem os polifenóis, como flavan-3-óis, antocianinas e proantocianidinas, e as metilxantinas, como teobromina e cafeína (Goya; Kongor; Pascual-Teresa, 2022). Diante disso, diversos estudos têm se concentrado na identificação de condições de processamento capazes de preservar esses compostos, avaliando os efeitos das diferentes etapas produtivas sobre sua estabilidade e retenção, como o processo de alcalinização (Goya; Kongor; Pascual-Teresa, 2022; Sioriki, 2021).

O processo de alcalinização, utilizando hidróxido de potássio, por exemplo, em associação a altas temperaturas, pode melhorar aspectos sensoriais e tecnológicos do cacau, como solubilidade, cor e aroma (Sioriki, 2021). O cacau natural apresenta pH mais ácido, coloração mais clara e sabor mais intenso, enquanto os cacaos alcalinizados apresentam aumento gradual do pH, coloração mais escura e maior dispersibilidade em água conforme a intensidade da alcalinização (García; Pérez Esteve; Barat Baviera, 2020).

No entanto, durante este processo, ocorrem perdas de compostos bioativos como os flavonoides, o que tem influenciado na busca de métodos alternativos para realizar estas modificações e, conseqüentemente, ao uso do cacau não alcalinizado (Sioriki, 2021).

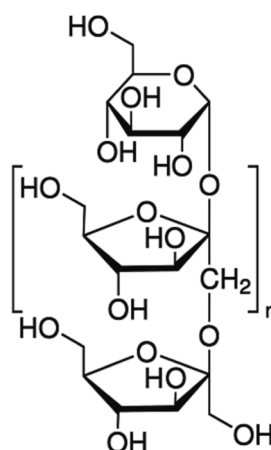
Nesse sentido, o consumo de cacau e seus derivados tem sido associado a diferentes efeitos fisiológicos, incluindo atividade antioxidante e anti-inflamatória, além de impactos sobre o sistema cardiovascular, a função intestinal e aspectos relacionados à função cognitiva (Tuigunov *et al.*, 2025).

Destarte, a formulação dos derivados de cacau e as etapas de processamento exercem papel central na determinação de suas propriedades funcionais. Assim, a compreensão integrada desses fatores é essencial para o desenvolvimento de produtos que conciliem qualidade tecnológica e potencial fisiológico.

3.3 Inulina como agente de corpo de alta performance

A inulina é uma fibra alimentar formada por cadeias de frutose ligadas por ligações β 2-1, não geralmente finalizadas por uma unidade de glicose, conforme Figura 01 (Gruskiene; Lavelli; Sereikaite, 2024). Em média, possui de 10 a 12 unidades monoméricas, mas pode chegar até a 60, sendo, desta forma, classificada como oligossacarídeo ou polissacarídeo a depender do tamanho da sua cadeia (Khetov *et al.*, 2023).



Figura 01 - Estrutura química geral da inulina

Fonte: Gruskiene, Lavelli, Sereikaite (2024)

Esta fibra pode ser extraída de diversos alimentos, dentre eles alho, cebola, trigo, alcaçofra-de-jerusalém, entre outras, das quais a mais utilizada para sua extração industrial é a chicória e tupinambo (Gruskiene; Lavelli; Sereikaite, 2024; Kheto *et al.*, 2023). Além disso, sua coloração pode variar de branco a marrom, dependendo da matéria-prima utilizada para sua extração (Kheto *et al.*, 2023).

Na indústria de alimentos, a inulina tem sido estudada como substituta de ingredientes tradicionais, como gorduras, açúcares, modificadores de textura, entre outros, em função de suas propriedades físico-químicas (Correa *et al.*, 2024). Sua aplicação abrange diversos produtos, como iogurtes, queijos, bolos e pães, sendo necessária a realização de estudos para avaliar possíveis alterações sensoriais decorrentes de sua incorporação (Jackson; Wijeyesekera; Rastall, 2023).

Para iogurtes e leites em pó, Kheto *et al.* (2023) e Silva *et al.* (2023) relataram resultados positivos na substituição de agentes de corpo e volume pela inulina, sem prejuízos significativos às propriedades tecnológicas e sensoriais.

Cabe destacar que a substituição de matérias-primas tradicionais pela inulina pode provocar alterações organolépticas no produto, incluindo mudanças na viscosidade e no perfil de sabor, como a presença de leve dulçor residual característico dessa fibra (Lim *et al.*, 2021; Wong *et al.*, 2024).

Assim, além de atuar como substituta de matérias-primas tradicionais, a inulina apresenta características nutricionais de interesse para a indústria, destacando-se por seu caráter prebiótico, o que contribui para a melhoria da funcionalidade dos alimentos, aumentando seu valor agregado, e para aspectos relacionados à saúde do consumidor (Correa *et al.*, 2024; Karimi *et al.*, 2025).

3.4 Edulcorante natural: estévia

A crescente demanda por uma alimentação mais saudável e adaptada às necessidades individuais têm impulsionado a indústria de alimentos e química na busca por edulcorantes de origem natural, obtidos por processos mais sustentáveis e com menor impacto ambiental (Castro-Muñoz *et al.*, 2022).

Entre os adoçantes naturais, a estévia (composta por Glicosídeos de Esteviol - GsE) tem ganhado destaque em pesquisas e aplicações industriais por apresentar elevado po-

der edulcorante, podendo ser até 300 vezes mais doce que a sacarose, além de boa estabilidade térmica e química, sendo resistente a variações de pH, não possuir carboidratos na sua cadeia química, e não ser fermentável, além de possuir baixo teor calórico e baixo índice glicêmico (Castro-Muñoz *et al.*, 2022; Huang *et al.*, 2024).

Os GsE são extraídos de algumas espécies do gênero *Stévia*, dicotiledônea da família Asteraceae, como a *S. phlebophylla* e *S. rebaudiana*, sendo, esta segunda, a espécie cujo maior nível de dulçor é encontrado, obtendo, assim, a maior importância industrial (Sharma *et al.*, 2023).

Nessa espécie, os compostos responsáveis pelo sabor doce são principalmente o esteviosídeo e o rebaudiosídeo A, que correspondem a cerca de 14 a 18% da matéria seca das folhas. Esses glicosídeos caracterizam-se por apresentar elevado poder edulcorante, com dulçor intenso e persistente (Huang *et al.*, 2024).

Com base nessas características, a substituição da sacarose por GsE em chocolates e produtos achocolatados tem sido investigada, indicando que a substituição parcial ou total pode ser uma estratégia eficaz para manter as propriedades tecnológicas e sensoriais, especialmente quando associada a agentes de corpo/volume como a inulina (Asghari *et al.*, 2023; Hinojosa-González *et al.*, 2024).

Além disso, a extração da estévia pode ser conduzida por métodos mais sustentáveis, conforme descrito por Hinojosa-González *et al.* (2024). Nesse contexto, a substituição da sacarose por estévia tem sido associada à redução do impacto ambiental das formulações, como mostrado no estudo conduzido por Suckling *et al.* (2023).

Diante desse contexto, a estévia apresenta potencial como substituta da sacarose em produtos à base de cacau, em função de suas características tecnológicas e nutricionais. Sua aplicação, no entanto, envolve a consideração de fatores como perfil sensorial, interação com outros ingredientes e condições de processamento.

Nesse sentido, a utilização combinada com agentes de corpo e a adequação das formulações são aspectos relevantes para a obtenção de produtos com propriedades tecnológicas e sensoriais adequadas.

Capítulo 4

Processo de fabricação

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

O processo produtivo de chocolates em pó compreende, de modo geral, as etapas de mistura, aglomeração e secagem (Canton, 2018). Alguns autores, entretanto, subdividem a etapa de mistura em duas fases distintas, mistura seca e lecitinação, com o objetivo de evidenciar a incorporação de lecitinas, ingrediente que contribui significativamente para a melhoria da solubilidade do produto (Tavares, 2024; Vissotto *et al.*, 2006).

Adicionalmente, Tavares (2024) inclui a etapa de peneiramento após a secagem. Essa fase tem como finalidade a padronização do tamanho das partículas e pode ser empregada como Ponto de Controle (PC) ou Ponto Crítico de Controle (PCC) do processo.

Os PCs e os PCCs fazem parte de etapas do processo produtivo, nas quais se aplicam medidas para controlar perigos à segurança dos alimentos. Eles têm como objetivo prevenir, eliminar ou reduzir esses perigos a níveis aceitáveis (IFSA, 2022). Sua aplicação permite um controle sistemático do processo, contribuindo para a produção de alimentos seguros e para a redução dos riscos de contaminação ao longo da cadeia produtiva (Awuchi, 2023).

Diante dessas considerações, este capítulo trata do processo de fabricação do CP70 (Chocolate em Pó 70% cacau, zero açúcar e rico em fibras). Serão detalhados o fluxograma do processo, bem como cada etapa individualmente, compreendendo desde o recebimento e armazenamento da matéria-prima, até o armazenamento do produto acabado e sua distribuição; além da descrição do layout fabril simplificado.

4.1 Fluxograma do Processo

O fluxograma de produção (Figura 02) foi elaborado considerando a adoção de um processo contínuo. Nesse contexto, prevê-se a inserção de etapas de armazenamento intermediário (pulmões de processo), com a finalidade de assegurar a continuidade do fluxo produtivo.

Além disso, foram identificadas as etapas livres de registros críticos, PCs e PCCs. As etapas livres de registros correspondem às operações que não apresentam necessidade de monitoramento documentado contínuo, por não representarem riscos significativos à segurança do produto dentro das condições estabelecidas de processamento.

Já os PCs referem-se às etapas em que medidas preventivas e monitoramentos são aplicados para controlar perigos identificados, enquanto os PCCs correspondem às etapas essenciais para prevenir, eliminar ou reduzir perigos a níveis aceitáveis, exigindo monitoramento rigoroso e ações corretivas previamente estabelecidas.

Figura 02 - Fluxograma do processo de produção do CP70

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Descrição do Processo

O processo produtivo do CP70 foi estruturado em nove etapas sequenciais, conforme apresentado na Figura 02, as quais serão descritas detalhadamente ao longo deste capítulo.

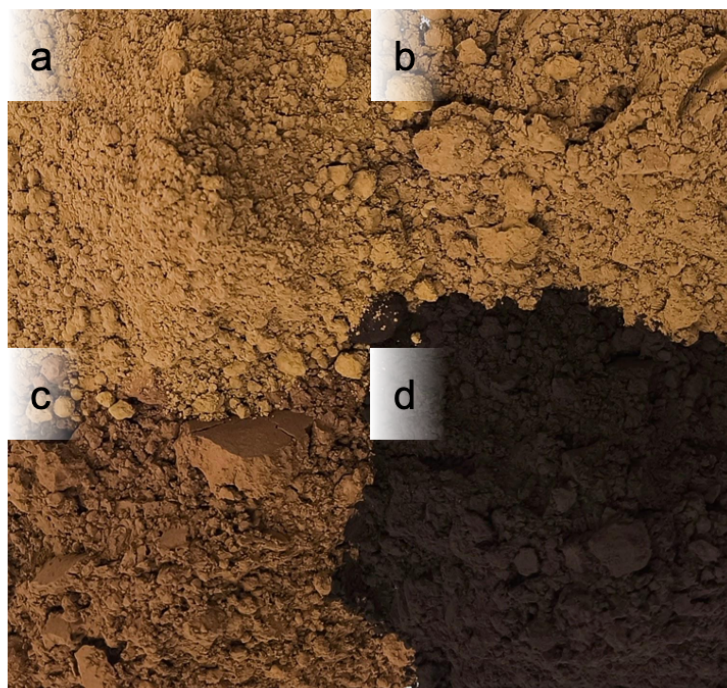
Vale ressaltar que o processo de transformação dessas matérias-primas envolve, predominantemente, a manipulação e mistura de pós finos, secos e de baixa densidade aparente. Desta forma, optou-se por um sistema de transporte pneumático sob pressão negativa (vácuo) e, complementarmente, sempre que permitido pelo arranjo físico da planta, será priorizado o transporte por gravidade.

4.2.1 Recebimento de matérias-primas e insumos

O recebimento de matérias-primas e insumos é uma etapa fundamental no processo produtivo da indústria de alimentos, pois constitui o ponto de controle da qualidade e

da conformidade dos materiais que serão utilizados na fabricação dos produtos, evitando defeitos, reduzindo problemas de produção e possíveis desperdícios (Riano; Fauziah, 2025).

Figura 03 - Cacaos utilizados para o desenvolvimento do CP70



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Cacaos (a) C55NM, (b) C71AM, (c) C77AV e (d) C84AP.

Nesse estágio, os cacaos (C55NM: cacau pH 5,5 natural, marrom; C71AM: cacau pH 7,1, alcalino, marrom; C77AV: cacau pH 7,7, alcalino vermelho; e C84AP: cacau pH 8,4, alcalino, preto; conforme Figura 03 a, b, c e d respectivamente), a inulina, a estévia e as embalagens em geral (primária e secundária) são analisados conforme atributos pré-determinados pelas suas fichas técnicas e parâmetros de qualidade/segurança de alimentos.

Para isso, é adotado o método de amostragem estabelecido pela NBR 5426 (ABNT, 1985). As amostras são selecionadas conforme plano de amostragem simples, utilizando-se inicialmente o regime de inspeção normal. A transição para os regimes atenuado ou severo ocorre de acordo com o histórico de aceitação dos lotes, conforme previsto na norma. Será aplicado o nível geral de inspeção II e adotado Nível de Qualidade Aceitável (NQA) de 1,5.

Os materiais recebidos são identificados e separados conforme seu status (aguardando análise da qualidade, reprovados ou aprovados) e data de validade (*First-Expire, First-Out* - FEFO). Os materiais reprovados têm os resultados de suas análises documentadas em Relatório de Não Conformidade (RNC) e este encaminhado ao fornecedor, solicitando a substituição deste produto. As matérias-primas e insumos aprovados seguem para abastecimento do sistema produtivo.

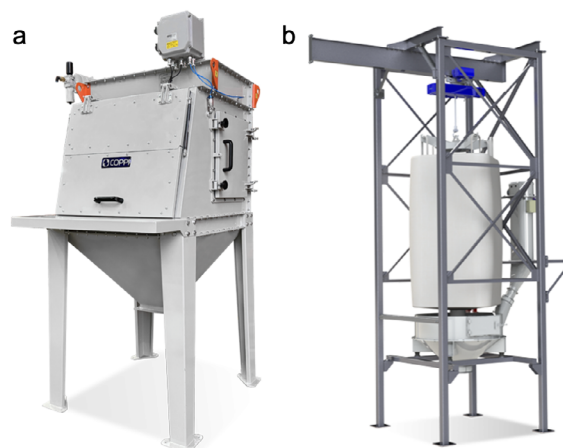
4.2.2 Armazenamento intermediário / Dosagem da matéria-prima

Nesta etapa, as matérias-primas são vertidas em moegas de recebimento (Figura 04a) acopladas a sistema de descarregamento de bags (Figura 04b) com exaustores de pó, para

que se mantenha a versatilidade no processo e um fluxo contínuo de abastecimento, evitando interrupções por falta de insumos.

Nestes equipamentos, há uma peneira vibratória com 2 mm de abertura como ponto de controle, que evita a entrada de contaminantes físicos no sistema.

Figura 04 - Moegas de recebimentos

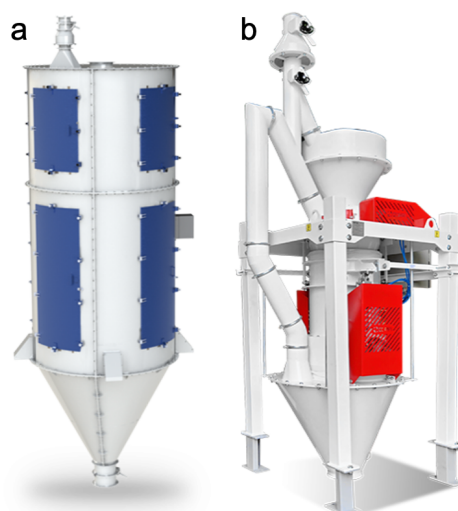


Fonte: COPPI (202-?d, 202-?c).

Legenda: (a) Moega de recebimento com rasga sacos; (b) sistema de recebimento de big-bags.

Os materiais emborcados são direcionados pelo sistema de transporte a vácuo para as balanças de fluxo (Figura 05), que servirão de pulmão para o processo seguinte. Estas balanças, com capacidade adaptada à cada matéria-prima, realizarão a dosagem automática da quantidade necessária de cada ingrediente a partir da formulação já determinada.

Figura 05 - Balanças de fluxo



Fonte: COPPI (202-?a, 202-?b).

Legenda: (a) Balanças de fluxo para os cacaos e inulina pela maior capacidade (0,75 a 1,5 m³), (b) balança de fluxo para a estévia pela sua menor capacidade (0,25 a 0,5 m³).

4.2.3 Mistura

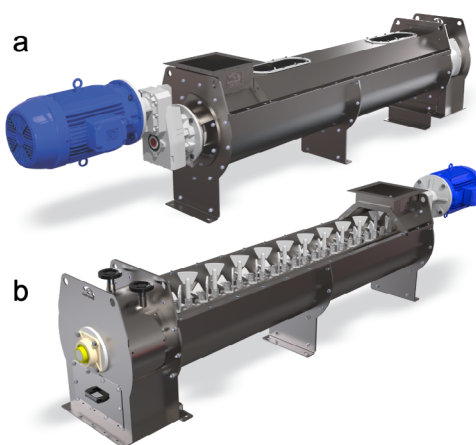
A mistura é um processo comum a diversos nichos industriais, dentre eles, as indústrias de alimentos especializadas na produção de alimentos em pó, na qual esta operação unitária se torna crítica e a principal responsável pela homogeneidade do produto final (Asachi; Nourafkan; Hassanpour, 2018).

Para essa etapa do processo, podem ser empregados misturadores operando em regime de batelada (lote) ou em regime contínuo, sendo a escolha determinada pelo tipo de alimentação, com formulações variadas ou constantes (Gericke, 2023); quantidade de ingredientes: maior que três, ou menor ou igual a três (Jaspers *et al.*, 2022).

Dessa forma, considerando que o CP70 é um produto constituído de um mix de cacaos, inulina e estévia, e que este mix de cacaos é composto por 4 tipos de cacaos diferentes, optou-se por um sistema de pré-mistura contínuo: mix de cacaos e inulina + estévia, acoplado, por fim, ao sistema de mistura contínuo binário (mix de cacaos + inulina-estévia).

O sistema de pré-mistura e mistura contínuos são compostos por calhas (Figura 06a) com um sistema de paletas distribuídas em forma de rosca (Figura 06b). Essa configuração permite realizar uma homogeneização contínua dos ingredientes, além do seu transporte.

Figura 06 - Misturador contínuo



Fonte: Imetal (202-?).

Legenda: (a) Vista externa do misturador contínuo. (b) Vista interna do misturador contínuo, evidenciando o sistema de pás utilizado para a mistura dos ingredientes.

4.2.4 Aglomeração

A operação unitária de aglomeração melhora a reconstituição do pó, auxiliando no aumento da solubilidade do produto, tornando-o instantâneo (Luthfiyah *et al.*, 2019), e pode ser compreendida em duas etapas, de acordo com Szulc *et al.*, (2024): granulação e secagem; e podem ser realizadas por diversas técnicas.

Neste trabalho, optou-se por um sistema de granulação a vapor de água com cisalhamento (Luthfiyah *et al.*, 2019; Vissotto, 2014), acoplado ao secador de leite fluidizado de base vibratória; favorecendo as características de reconstituição do produto, e diminuindo a perda por acúmulo.

4.2.4.1 Granulação

A etapa de granulação é utilizada por várias indústrias com o objetivo de melhorar as características de produtos instantâneos, transformando pós finos em conjuntos de grânulos com propriedades aprimoradas como tamanho, textura, densidade aparente (Szulc *et al.*, 2024), entre outros atributos que melhoram sua solubilidade, dispersibilidade e mo-lhabilidade (Hardiyanto *et al.*, 2021).

Este estágio do processo pode ser realizado por diversas técnicas, classificadas pela literatura em secas (quando se utiliza pressão, extrusão, ou outras técnicas para a forma-ção dos grânulos) ou úmidas (ao se acrescentar algum ligante à formulação, seja ele água líqüida, vapor de água, entre outros) (Szulc *et al.*, 2024).

Hardiyanto *et al.*, (2021), Luthfiah *et al.*, (2019) e Vissotto (2014) pesquisaram a influên-cia da utilização do vapor para a aglomeração de produtos a base de cacau em pó, na qua-lidade do produto instantâneo, observando variáveis como o tempo de residência, tempe-ratura, intensidade do cisalhamento e pressão.

Os resultados destes estudos evidenciam que a aglomeração por vapor é uma tec-nologia amplamente empregada e preferencial para produtos à base de cacau, devido à sua eficiência na formação de aglomerados estáveis e na melhoria das características de instantanização.

Por estes motivos, foi escolhido um equipamento de granulação por vapor de água (Figura 07), que possui sistema de cisalhamento e ajuste de angulação dos bicos disperso-res de vapor, o que facilita os processos de mistura e umidificação, proporcionando homo-geneidade ao produto.

Figura 07 - Sistema de aglomeração contínuo



Fonte: Hosokawa Micron BV (2026).

4.2.4.2 Secagem

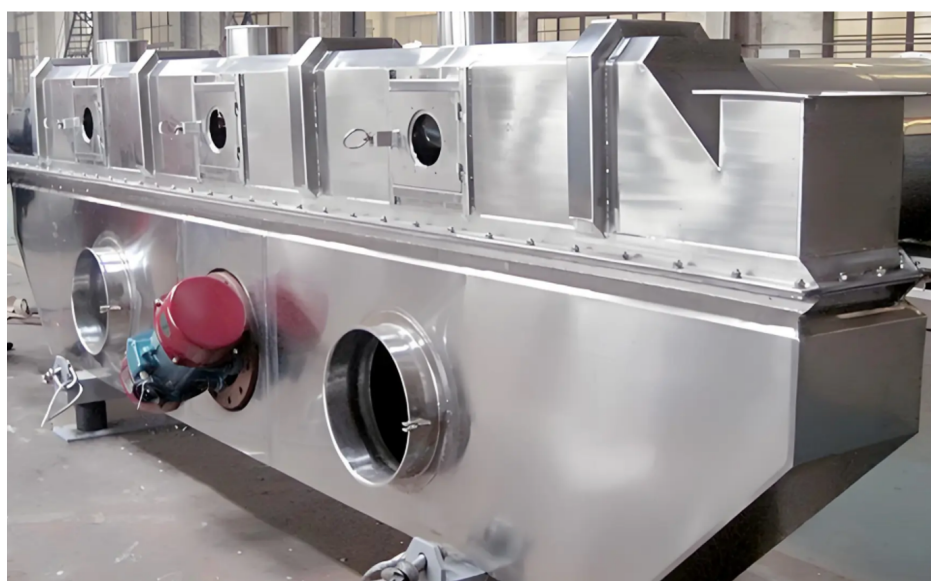
A operação unitária de secagem desempenha um papel significativamente importante na qualidade dos produtos em pó instantâneos. Ela pode alterar a microestrutura, bem como o estado de agregação, e suas propriedades de superfície, interferindo diretamente nas características macro do produto acabado como sua estabilidade e conservação (Jiang *et al.*, 2025) sendo necessária a adoção deste processo como Ponto de Controle.

Nesse contexto, se faz necessária a escolha de um método de secagem com o qual se tenha maior controle sobre os parâmetros de temperatura e tempo de residência, seja economicamente viável ao processo, e consiga ser operado em regime contínuo.

Diante destas necessidades, a literatura aponta para a técnica de leito vibrofluidizado como a que melhor responde a estas particularidades: possui uma alta taxa de transferência de calor e massa, permite ajustes precisos de temperatura e pressão para fluidização, permitindo uma maior homogeneização do produto, diminuindo tempo de residência (Sultana *et al.*, 2024).

Assim, foi escolhido o leito vibrofluidizado (Figura 08) com 3 câmaras, sendo duas de aquecimento e uma de resfriamento, para que seja realizada interrupção da secagem e não haja perda de compostos sensíveis ao calor.

Figura 08 - Secador vibrofluidizado com três câmaras



Fonte: Doing Machine (202-?).

4.2.5 Peneiramento e Separação magnética

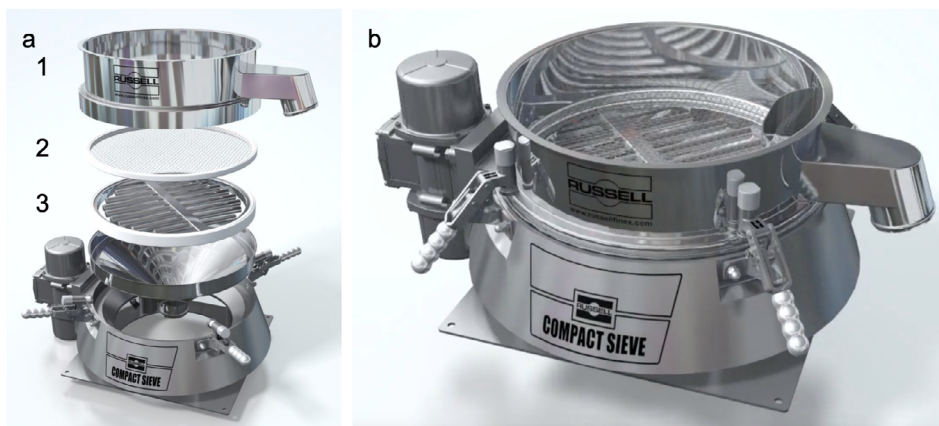
O produto seco é submetido ao processo de peneiramento e separação magnética. Esta etapa possui dois objetivos: tecnológico (quebrar possíveis grumos e padronizar o tamanho dos aglomerados) e de segurança dos alimentos, removendo contaminantes físicos provenientes do processo (Payne *et al.*, 2023), caracterizando-o como um Ponto Crítico de Controle (PCC).

De acordo com a International Featured Standards (IFS), a abertura de peneiras utilizadas para controle do processo e segurança dos alimentos, deve possuir abertura de malha entre 0,9 e 4mm; o que garante uma eficiente remoção de contaminantes físicos,

a diminuição e quebra de grumos e a classificação dos tamanhos dos aglomerados (IFS, 2025; Payne *et al.*, 2023).

Desta forma, foi escolhido um sistema de peneiramento vibratório com abertura de 2 mm, acoplado a um separador magnético de fácil limpeza (Figura 09). Este equipamento permitirá um fluxo contínuo de produto, ao passo que remove contaminantes por dimensão e por atração magnética, tornando o processo mais seguro.

Figura 09 - Peneira vibratória com separador magnético



Fonte: Russell Finex (2026).

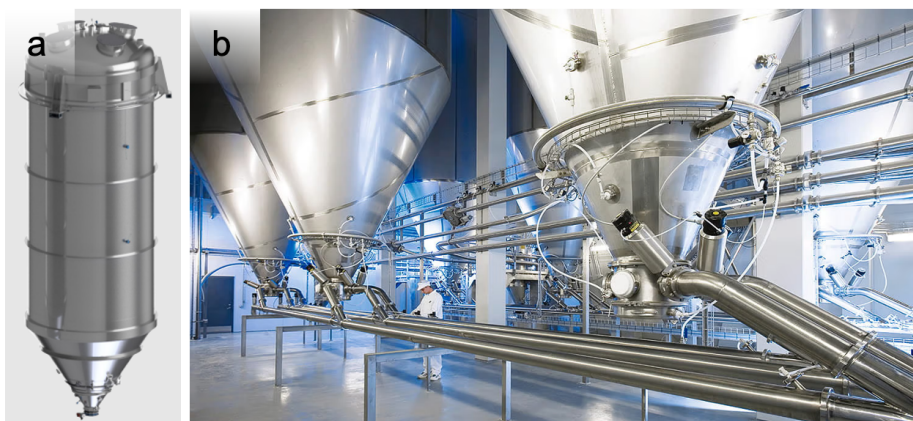
Legenda: (a) Vista das peças da peneira vibratória ; (a1) Plataforma da tela; (a2) Tela de malha; (a3) Separador magnético. (b) Vista da peneira vibratória montada.

4.2.6 Armazenamento intermediário pré-envase

O processo de produção contínua de pós torna-se crítico devido à necessidade de manter uma taxa de alimentação estável para os equipamentos desta linha, garantindo a continuidade operacional e a uniformidade do produto final (Hörmann-Kincses *et al.*, 2022).

Nesse contexto, torna-se necessária a utilização de sistemas de armazenamento intermediário com silos para pó (Figura 10). Essa etapa atua como um pulmão de processo, permitindo a interrupção temporária de determinadas operações sem comprometer a continuidade de outras.

Figura 10 - Sistema de armazenamento intermediário em silos



Fonte: GEA (2026).

Legenda: (a) Esquema de silo. (b) Sistema de silos de armazenamento de pós.

4.2.7 Envase e Encaixotamento

Após a secagem, o produto pronto armazenado no silo será porcionado em embalagens *stand-up pouch* (embalagem primária) e, posteriormente, disposto em caixas (embalagem secundária). Para isso, será necessária a realização de processos de dosagem, envase e encaixotamento.

A dosagem será realizada por um dosador de pó (Figura 11), com sistema de rosca sem fim, o que garante a precisão do fracionamento volumétrico do produto, facilitando o atendimento aos parâmetros estabelecidos pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, através da Portaria nº 248 de 17 de julho de 2008 (INMETRO, 2008).

Figura 11 - Dosador de pó com sistema de rosca sem fim



Fonte: Vid Indústria (2024).

O envase, por sua vez, acontece por um equipamento formador de embalagem e empacotador (Figura 12). Ele será alimentado pelas bobinas da embalagem flexível, do zipper plástico, e pelo dosador, com o produto em fracionamento. Esta máquina possui capacidade de envasar 2 unidades por vez, alcançando uma velocidade de até 60 pacotes por minuto (Acepack, 202-?).

Além disso, este equipamento é flexível ao tamanho das embalagens, podendo trabalhar com pacotes de dimensões 9 x 10 cm, até 24 x 35 cm, e volume interno limitado à 2000 cm³ (Acepack, 202-?).

Figura 12 - Formadora e envasadora automática de *stand up pouch*



Fonte: Acepac (202-?).

Por sua vez, o encaixotamento é realizado por uma encaixotadora automática (Figura 13). Este equipamento será alimentado pelas caixas no seu formato aberto, por bobinas de fita adesiva e pela envasadora; além de possuir flexibilidade para diversos tamanhos de caixas e embalagens a serem encaixotadas.

Figura 13 - Encaixotadora automática de caixas



Fonte: Ishida (2026).

4.2.8 Armazenamento final e Distribuição

Após o encaixotamento, pallets são formados e direcionados para o armazenamento final, em galpão construído e destinado apenas para este fim.

Este local deve possuir pé direito elevado, aberturas para ventilação protegidas com tela tipo sombra com abertura suficiente para evitar a entrada de animais em geral; bem como docas elevadas para abastecimento de caminhões e acesso restrito apenas para colaboradores do setor de armazenamento e distribuição, conforme resolução RDC 275 (Brasil, 2002).

A organização dos pallets é realizada em estruturas apropriadas (Figura 14), e dispostos em ordem de data de validade (organização correlata ao FEFO), de forma a facilitar a

distribuição do produto e evitar o armazenamento de produtos por longos períodos. Além disso, o local deve possuir estantes para bloqueio de produtos não conformes que serão retrabalhados ou descartados, identificadas e separadas das demais.

Figura 14 - Estruturas porta-pallets



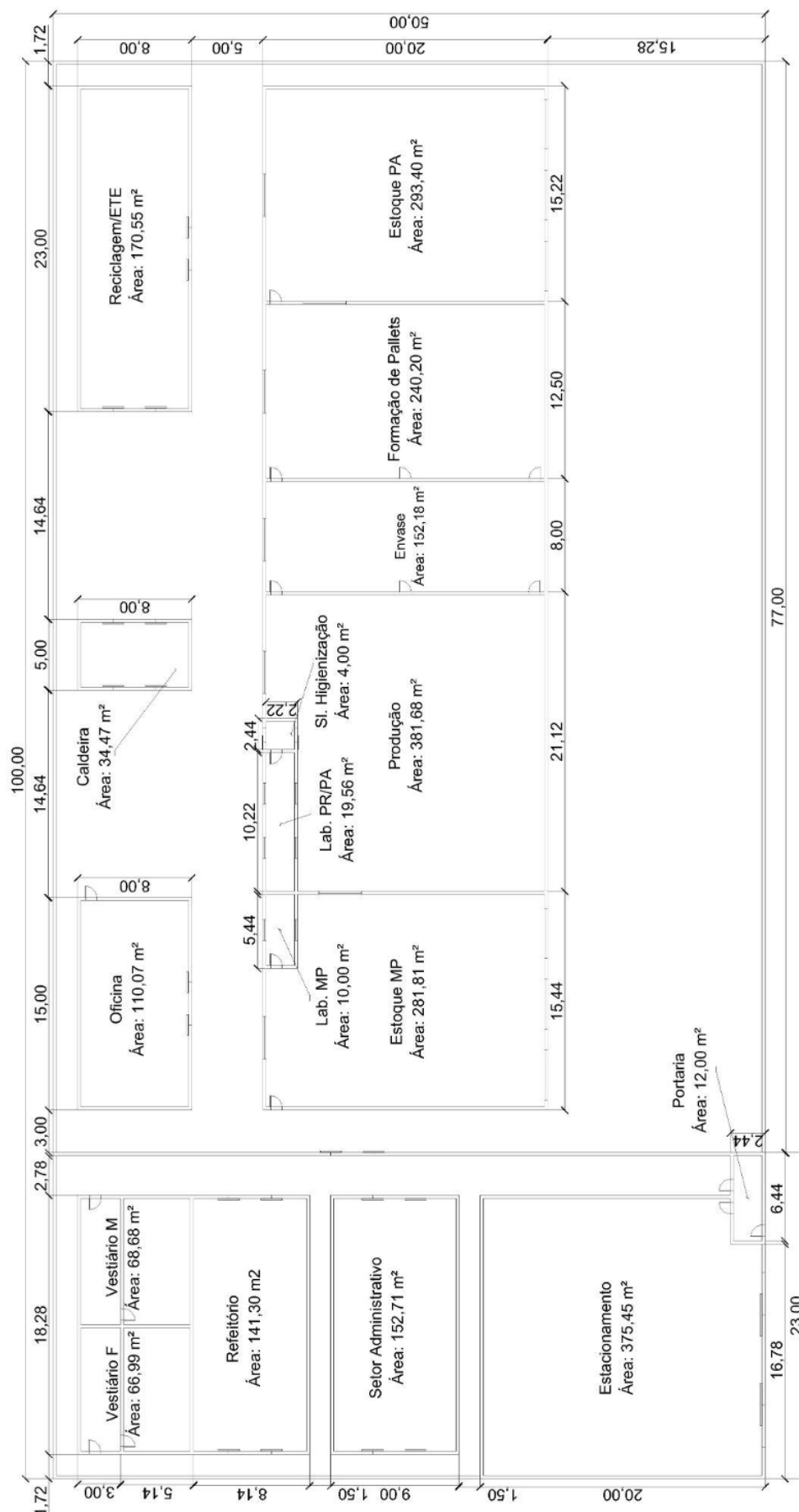
Fonte: Fabrimetal (2019).

A distribuição será realizada de acordo com a demanda de venda, sendo realizada por meio rodoviário. Os veículos utilizados devem ser específicos para o transporte do produto alimentício, devendo haver a manutenção frequente da higienização deste, bem como controle de pragas; além disso, não deve haver possibilidade de contaminação entre cargas no mesmo veículo, como para transporte de alergênicos variados (Brasil, 2002).

4.3 Layout Simplificado

O layout fabril (Figura 15) foi desenvolvido conforme a legislação brasileira vigente para indústrias de alimentos, considerando a Portaria nº 326/1997 e a RDC nº 275/2002 (Brasil, 1997; Brasil, 2002).

Figura 15 - Planta baixa da indústria de fabricação do chocolate em pó.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A indústria em questão dispõe de 5000 m² de área total, construída em um terreno de 50 × 100 m, sendo organizada e setorizada conforme apresentado na Figura 15, planta baixa da empresa.

O setor de produção, com área de 361,68 m², foi dimensionado com objetivo de organizar os equipamentos necessários para a fabricação do CP70, sendo este maquinário disposto em estruturas e plataformas metálicas, que permitam a utilização da gravidade como facilitador do transporte do produto, juntamente com a pressão negativa.

O setor de envase e formação de pallets, com área de 152,18 m² e 240,20 m², respectivamente, foram planejados com espaço suficiente para implementação de 2 ou mais equipamentos de envase e encaixotamento, permitindo a utilização de 100% da capacidade da planta fabril, e/ou possíveis expansões.

Os estoques MP (Matéria-Prima) e PA (Produto Acabado), com áreas de 281,81 m² e 293,40 m², foram dimensionados para o armazenamento de até 2 semanas de produção, seja para os insumos, seja para o produto envasado e encaixotado.

O planejamento da construção de toda a empresa, conforme a Figura 15, permite a separação das áreas administrativa e industrial, garantindo a segurança dos colaboradores das diferentes áreas e diminuindo o risco de contaminação ao produto, sejam elas deliberadas ou acidentais; além de manter um fluxo de produção linear (matéria-prima → produção → envase → encaixotamento → expedição), diminuindo as chances de contaminação cruzada.

Capítulo 5

BALANÇOS DOS PROCESSOS

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

O processo produtivo na indústria de alimentos pode ser compreendido como um conjunto de operações unitárias responsáveis pela transformação de matéria e energia em produtos; tais transformações podem ser descritas e analisadas por meio de equacionamentos, os balanços de massa, fundamentados no princípio da conservação da massa, e os balanços de energia, baseados na Primeira Lei da Termodinâmica. (Tadini, 2018).

O balanço de massa corresponde à análise matemática aplicada ao entendimento das transformações da matéria-prima ao longo do processo produtivo, considerando as diferentes correntes de entrada e saída e suas respectivas composições. Esse tipo de análise fundamenta-se no princípio da conservação da massa (Lavoisier), segundo o qual a massa não pode ser criada nem destruída, apenas transformada ao longo do sistema (Bullard; Felder; Rousseau, 2022).

O balanço de energia, por sua vez, refere-se ao estudo das variações e transferências de energia que ocorrem em um sistema produtivo. Essas análises consideram as diferentes formas de energia envolvidas no processo, como energia cinética, potencial e interna, além das interações de calor e trabalho (Bullard; Felder; Rousseau, 2022).

Assim como no balanço de massa, os equacionamentos utilizados no balanço de energia baseiam-se no princípio da conservação da energia, permitindo quantificar e compreender as transformações energéticas associadas às operações do processo (Toledo; Singh; Kong, 2018).

Nesse contexto, este capítulo tem como objetivo descrever a dinâmica do sistema produtivo do CP70, considerando as variações nas composições e nas correntes mássicas ao longo do processo, bem como as interações energéticas envolvidas.

5.1 Balanço de Massa

Para a realização do balanço de massa é importante estabelecer as condições de produção como o tipo de sistema, estado e regime produtivo (Bullard; Felder; Rousseau, 2022).

Dessa forma, a fabricação do CP70 é realizada em sistema aberto, regime contínuo e estacionário. Essas condições implicam que: se tratando de um sistema contínuo, há fluxo de matéria pelo volume de controle; que as correntes dos materiais serão contínuas ao longo do tempo e que as variações na composição dos componentes serão consideradas desprezíveis (Singh; Heldman; Erdogdu, 2025).

Além disso, a formulação desenvolvida por meio de testes preliminares segue as proporções e vazões mássicas para a produção de 1000 kg/h, conforme Tabela 01, considerando os diferentes tipos de cacaos (elaborado a partir de quantidades específicas de cacau não alcalinizado e cacaos de baixa, média e alta alcalinização), inulina e estévia.

Vale salientar que as características dos diferentes tipos de cacau, descritas no Capítulo 3 deste trabalho, foram consideradas na formulação do mix de cacaos. O C55NM contribuiu com coloração mais clara e sabor mais pronunciado; o C71AM com coloração mais escura e sabor equilibrado; o C77AV com tonalidade avermelhada e sabor equilibrado; e o C84AP com coloração preta e sabor intenso.



Tabela 01 - Formulação do CP70

Produto	Insumos	Vazão Mássica (kg/h)	Proporção (%)
Mix de Cacaos	C55NM	210,30	30,00
	C71AM	315,45	45,00
	C77AV	140,20	20,00
	C84AP	35,05	5,00
	TOTAL	701,00	100,00
Chocolate	Mix de Cacau	701,00	70,10
	Inulina	289,00	28,90
	Estévia	10,00	1,00
	TOTAL	1000,00	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: C55NM: Cacau pH médio 5,5 natural marrom; C71AM: Cacau pH médio 7,1 alcalino marrom; C77AV: Cacau pH médio 7,7 alcalino vermelho; C84AP: Cacau pH médio 8,4 alcalino preto.

Além dos ingredientes listados na Tabela 01, o processo produtivo do CP70 inclui uma etapa de aglomeração, composta pelas fases de granulação e secagem. Nessa etapa, aplica-se vapor saturado de água sobre o produto, com vazão entre 100 e 220 kg/h, conforme descrito por Robin; Commeureuc (2020). Neste contexto, será considerado o valor médio de 160 kg/h.

Posteriormente, o produto é submetido à etapa de secagem, com o objetivo de remover a umidade adicionada durante a granulação e estabilizar a estrutura dos aglomerados.

5.1.1 Balanço de massa global

De acordo com Bullard; Felder; Rousseau (2022), o balanço de massa pode ser equacionado conforme a equação 01.

$$\text{Entrada} + \text{Geração} - \text{Saída} - \text{Consumo} = \text{Acúmulo} \quad (01)$$

No entanto, a partir das considerações do sistema de produção do CP70 explicitadas no item 6.1, as variáveis de geração, consumo e acúmulo serão tidas como nulas. Dessa forma, a equação geral do balanço global pode ser simplificada, resultando na equação 02, onde o somatório das correntes de entrada correspondem ao somatório das correntes de saída:

$$\sum \dot{m}_e = \sum \dot{m}_s \quad (02)$$

Assim, o balanço global do CP70 pode ser sintetizado na equação 03, onde a soma das vazões mássicas de cada componente que entra (cacaos, C55NM, C71AM, C77AV, C84AP; inulina; estévia e vapor de granulação) é igual a soma das vazões mássicas dos componentes que saem (produto acabado e vapor de secagem):

$$\dot{m}_{C55NM} + \dot{m}_{C71AM} + \dot{m}_{C77AV} + \dot{m}_{C84AP} + \dot{m}_{Inulina} + \dot{m}_{Estévia} + \dot{m}_{vapor.g} = \dot{m}_{produto} + \dot{m}_{vapor.s} \quad (03)$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{produto} + 160,00 \frac{kg}{h} &= 210,30 \frac{kg}{h} + 315,45 \frac{kg}{h} + 140,20 \frac{kg}{h} + 35,05 \frac{kg}{h} \\ &+ 289,00 \frac{kg}{h} + 10,00 \frac{kg}{h} + 160,00 \frac{kg}{h} \\ \dot{m}_{produto} &= 1000,00 \frac{kg}{h} \end{aligned}$$

5.1 2 Balanço de massa por componente

O balanço de massa por componente segue os mesmos princípios do balanço de massa global; contudo, seu foco está na análise individual de cada constituinte do sistema; desse modo, essa abordagem permite compreender como a composição do produto se modifica ao longo do processo produtivo (Toledo; Singh; Kong, 2018).

Destarte, serão considerados os dados de composição centesimal das matérias-primas (carboidratos, proteínas, lipídios, fibras, cinzas e umidade). Esses dados, apresentados na Tabela 02, serão utilizados como base para a realização deste balanço de massa.

Tabela 02 - Composição centesimal, em g/100 g, das matérias-primas do CP70

	C55NM ²	C71AM ²	C77AV ³	C84AP ⁴	Inulina ⁵	Estévia ⁶
Umidade	2,33	2,74	3,27	4,15	3,50	1,18
Carboidratos	21,00	20,00	19,00	19,00	7,50	0
Proteínas	26,00	25,00	24,00	24,00	0	0
Lipídios	10,42	10,63	10,19	11,20	0	0
Fibras	33,00	32,00	34,00	28,00	92,50	0
Cinzas	7,56	10,97	11,92	17,35	0,20	0,30

Fonte: ¹Cargill (2025e, 2025a), ²Cargill (2025f, 2025b), ³Cargill (2025g, 2025c),

⁴Cargill (2025h, 2025d), ⁵Neovita Foods Eirelli (202-?), ⁶Color Andina Foods (2024), ⁶CETAL (2024).

Diante disso, para que seja possível caracterizar o CP70 quanto à sua composição centesimal, se faz necessária a quantificação destes parâmetros em cada matéria-prima, proporcionalmente ao seu uso.

Para que isto seja possível será utilizada a equação 04, que se baseia na equação 01, detalhando o somatório do produto entre a quantidade de cada material e a concentração do parâmetro de interesse em cada um deles nas correntes de entrada e saída do processo.

$$\sum_{i=1}^{n_e} \dot{m}_i \cdot x_{i,j} = \sum_{k=1}^{n_s} \dot{m}_k \cdot x_{k,j} \quad (04)$$

Nesta equação (04) $\dot{m}_i$ representa a vazão mássica da corrente de entrada j , enquanto $\dot{m}_k$ representa a vazão mássica da corrente de saída k . As frações mássicas $x_{i,j}$ e $x_{k,j}$ indicam, respectivamente, a proporção do componente j presente nas correntes de entrada i e de saída k .

Dessa forma, os tópicos subsequentes (5.1.2.1 a 5.1.2.6) apresentarão o balanço de massa por componente para cada parâmetro da composição centesimal, permitindo uma análise



detalhada da distribuição e contribuição de cada constituinte no produto final.

5.1.2.1 Balanço de massa por componente para umidade

$$\begin{aligned}
 &(\dot{m}_{C55NM} \cdot x_{u\ C55NM}) + (\dot{m}_{C71AM} \cdot x_{u\ C71AM}) + (\dot{m}_{C77AV} \cdot x_{u\ C77AV}) + (\dot{m}_{C84AP} \cdot x_{u\ C84AP}) \\
 &+ (\dot{m}_{Inulina} \cdot x_{u\ Inulina}) + (\dot{m}_{Estévia} \cdot x_{u\ Estévia}) + (\dot{m}_{Vapor,g} \cdot x_{u\ Vapor,g}) \\
 &= (\dot{m}_{Produto} \cdot x_{u\ Produto}) + (\dot{m}_{Vapor,s} \cdot x_{u\ Vapor,s})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &(210,30 \cdot 0,0233) + (315,45 \cdot 0,0274) + (140,20 \cdot 0,0327) + (35,05 \cdot 0,0415) \\
 &+ (289,00 \cdot 0,0350) + (10 \cdot 0,0118) + (160,00 \cdot 1,00) \\
 &= (1000,00 \cdot x_{u\ Produto}) + (160,00 \cdot 1,00)
 \end{aligned}$$

$$x_{u\ Produto} = 0,0298$$

5.1.2.2 Balanço de massa por componente para carboidratos

$$\begin{aligned}
 &(\dot{m}_{C55NM} \cdot x_{c\ C55NM}) + (\dot{m}_{C71AM} \cdot x_{c\ C71AM}) + (\dot{m}_{C77AV} \cdot x_{c\ C77AV}) + (\dot{m}_{C84AP} \cdot x_{c\ C84AP}) \\
 &+ (\dot{m}_{Inulina} \cdot x_{c\ Inulina}) + (\dot{m}_{Estévia} \cdot x_{c\ Estévia}) + (\dot{m}_{Vapor,g} \cdot x_{c\ Vapor,g}) \\
 &= (\dot{m}_{Produto} \cdot x_{c\ Produto}) + (\dot{m}_{Vapor,s} \cdot x_{c\ Vapor,s})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &(210,30 \cdot 0,210) + (315,45 \cdot 0,200) + (140,20 \cdot 0,190) + (35,05 \cdot 0,190) \\
 &+ (289,00 \cdot 0,0750) + (10 \cdot 0,00) + (160,00 \cdot 0,00) \\
 &= (1000,00 \cdot x_{c\ Produto}) + (160,00 \cdot 0,00)
 \end{aligned}$$

$$x_{c\ Produto} = 0,1622$$

5.1.2.3 Balanço de massa por componente para proteínas

$$\begin{aligned}
 &(\dot{m}_{C55NM} \cdot x_{p\ C55NM}) + (\dot{m}_{C71AM} \cdot x_{p\ C71AM}) + (\dot{m}_{C77AV} \cdot x_{p\ C77AV}) + (\dot{m}_{C84AP} \cdot x_{p\ C84AP}) \\
 &+ (\dot{m}_{Inulina} \cdot x_{p\ Inulina}) + (\dot{m}_{Estévia} \cdot x_{p\ Estévia}) + (\dot{m}_{Vapor,g} \cdot x_{p\ Vapor,g}) \\
 &= (\dot{m}_{Produto} \cdot x_{p\ Produto}) + (\dot{m}_{Vapor,s} \cdot x_{p\ Vapor,s})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &(210,30 \cdot 0,260) + (315,45 \cdot 0,250) + (140,20 \cdot 0,240) + (35,05 \cdot 0,240) \\
 &+ (289,00 \cdot 0,00) + (10 \cdot 0,00) + (160,00 \cdot 0,00) \\
 &= (1000,00 \cdot x_{p\ Produto}) + (160,00 \cdot 0,00)
 \end{aligned}$$

$$x_{p\ Produto} = 0,1756$$

5.1.2.4 Balanço de massa por componente para lipídios

$$\begin{aligned}
 &(\dot{m}_{C55NM} \cdot x_{lC55NM}) + (\dot{m}_{C71AM} \cdot x_{lC71AM}) + (\dot{m}_{C77AV} \cdot x_{lC77AV}) + (\dot{m}_{C84AP} \cdot x_{lC84AP}) \\
 &+ (\dot{m}_{Inulina} \cdot x_{lInulina}) + (\dot{m}_{Estévia} \cdot x_{lEstévia}) + (\dot{m}_{Vapor,g} \cdot x_{lVapor,g}) \\
 &= (\dot{m}_{Produto} \cdot x_{lProduto}) + (\dot{m}_{Vapor,s} \cdot x_{lVapor,s})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &(210,30 \cdot 0,1042) + (315,45 \cdot 0,1063) + (140,20 \cdot 0,1019) + (35,05 \cdot 0,1120) \\
 &+ (289,00 \cdot 0,00) + (10 \cdot 0,00) + (160,00 \cdot 0,00) \\
 &= (1000,00 \cdot x_{lProduto}) + (160,00 \cdot 0,00)
 \end{aligned}$$

$$x_{lProduto} = 0,0737$$

5.1.2.5 Balanço de massa por componente para fibras

$$\begin{aligned}
 &(\dot{m}_{C55NM} \cdot x_{fC55NM}) + (\dot{m}_{C71AM} \cdot x_{fC71AM}) + (\dot{m}_{C77AV} \cdot x_{fC77AV}) + (\dot{m}_{C84AP} \cdot x_{fC84AP}) \\
 &+ (\dot{m}_{Inulina} \cdot x_{fInulina}) + (\dot{m}_{Estévia} \cdot x_{fEstévia}) + (\dot{m}_{Vapor,g} \cdot x_{fVapor,g}) \\
 &= (\dot{m}_{Produto} \cdot x_{fProduto}) + (\dot{m}_{Vapor,s} \cdot x_{fVapor,s})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &(210,30 \cdot 0,330) + (315,45 \cdot 0,320) + (140,20 \cdot 0,340) + (35,05 \cdot 0,280) \\
 &+ (289,00 \cdot 0,925) + (10 \cdot 0,00) + (160,00 \cdot 0,00) \\
 &= (1000,00 \cdot x_{fProduto}) + (160,00 \cdot 0,00)
 \end{aligned}$$

$$x_{fProduto} = 0,4952$$

5.1.2.6 Balanço de massa por componente para cinzas

$$\begin{aligned}
 &(\dot{m}_{C55NM} \cdot x_{ciC55NM}) + (\dot{m}_{C71AM} \cdot x_{ciC71AM}) + (\dot{m}_{C77AV} \cdot x_{ciC77AV}) + (\dot{m}_{C84AP} \cdot x_{ciC84AP}) \\
 &+ (\dot{m}_{Inulina} \cdot x_{ciInulina}) + (\dot{m}_{Estévia} \cdot x_{ciEstévia}) + (\dot{m}_{Vapor,g} \cdot x_{ciVapor,g}) \\
 &= (\dot{m}_{Produto} \cdot x_{ciProduto}) + (\dot{m}_{Vapor,s} \cdot x_{ciVapor,s})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &(210,30 \cdot 0,0756) + (315,45 \cdot 0,1097) + (140,20 \cdot 0,1192) + (35,05 \cdot 0,1735) \\
 &+ (289,00 \cdot 0,002) + (10 \cdot 0,003) + (160,00 \cdot 0,00) \\
 &= (1000,00 \cdot x_{cifProduto}) + (160,00 \cdot 0,00)
 \end{aligned}$$

$$x_{ciProduto} = 0,0739$$

A partir destes cálculos, foi possível determinar a composição centesimal do CP70, Tabela 03. Estes resultados foram confirmados a partir de análises laboratoriais (Apêndice 01), realizadas no Complexo de Laboratório de Engenharia de Alimentos, do Departamento de Engenharia de Alimentos, UFRN.

Na Tabela 03, observa-se que os valores obtidos por meio do balanço de massa foram semelhantes aos resultados das análises laboratoriais, indicando baixa variação entre os mé-



todos. Dessa forma, considerando a concordância entre os resultados, os valores provenientes do balanço de massa foram adotados para os cálculos apresentados nos demais tópicos.

Tabela 03 - Composição centesimal do CP70 determinada por balanço de massa por componente e análise laboratorial

Componentes	Balanço de Massa (g/100 g)	Análise Laboratorial (g/100 g)
Umidade	2,98	4,53 ± 0,08
Carboidratos	16,22	16,16 ± 0,28 ¹
Proteínas	17,56	16,43 ± 0,05
Lipídios	7,37	6,85 ± 0,17
Fibra Alimentar	49,52	49,51 ± 0,20
Cinzas	7,39	6,52 ± 0,06

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: ¹O teor de carboidratos foi determinado por diferença, sendo seu desvio padrão estimado por propagação das incertezas das demais frações da composição centesimal.

5.2 Balanço de Energia

Nas indústrias de alimentos, diferentes formas de energia são fundamentais para a execução das principais operações unitárias, incluindo processos térmicos de aquecimento ou refrigeração, bem como operações mecânicas e de transporte, evidenciando o caráter intensivo do uso energético nesse setor (Tadini; Gut, 2022; Anderson, 2024; Faraldo; Byrne, 2024).

Nesse contexto, o balanço de energia torna-se uma ferramenta essencial para quantificar, analisar e otimizar o uso energético ao longo dos processos produtivos. Para isso, utiliza-se a equação (05) do balanço de energia, conforme Moran *et al.* (2018):

$$\Delta E_{\text{sistema}} = E_{\text{entra}} - E_{\text{sai}} \quad (05)$$

Na equação 05, a variação da quantidade de energia do sistema ($\Delta E_{\text{sistema}}$) é determinada pela diferença entre a quantidade líquida de energia transferida para dentro do sistema (E_{entra}), e a quantidade líquida de energia transferida para fora do sistema (E_{sai}).

No entanto, a energia é entendida de diversas formas, tais como potencial, cinética, química, elétrica (Singh; Heldman; Erdogdu, 2022), cada uma contribuindo de maneira específica para o processo. Assim, a equação 05 pode ser expandida para explicitar essas contribuições, resultando na sua forma detalhada apresentada na equação 06.

$$Q - W = \Delta E_C + \Delta E_P + \Delta U \quad (06)$$

A Equação 06 estabelece que a diferença entre a quantidade de calor transferida ao sistema (Q) e o trabalho realizado (W) corresponde à soma das variações de energia cinética (ΔE_C), energia potencial (ΔE_P) e energia interna (ΔU), representando, assim, as diferentes formas de armazenamento de energia no sistema.

Nesse contexto, para sistemas de produção contínua, caracterizados como abertos, deve-se fazer duas considerações: o trabalho total é definido como a soma entre os trabalhos realizados pelo eixo e pelo fluxo de massa; as variações energéticas estão intrinsecamente relacionadas ao fluxo de massa (Moran *et al.*, 2018; Bullard; Felder; Rousseau, 2022). Dessa forma, a equação 06 pode ser expandida na equação 07:

$$\frac{dE_{vc}}{dt} = \dot{Q}_{vc} - \dot{W}_{vc} + \sum_e \dot{m}_e \left(u_e + p_e v_e + \frac{V_e^2}{2} + g z_e \right) - \sum_s \dot{m}_s \left(u_s + p_s v_s + \frac{V_s^2}{2} + g z_s \right) \quad (07)$$

Nesta equação (07), a taxa de energia do volume de controle $\left(\frac{dE_{vc}}{dt}\right)$ é determinada a partir da taxa de transferência de calor e do trabalho no volume de controle, $\dot{Q}_{vc}$ e $\dot{W}_{vc}$, respectivamente; vazão mássica de entrada e saída ($\dot{m}_e$ e $\dot{m}_s$); e da soma das energias interna (u), de escoamento ($p v$), cinética $\left(\frac{V^2}{2}\right)$ e potencial ($g z$) que entram e saem do sistema.

No entanto, assume-se que o sistema opera em regime permanente, logo, as propriedades não se alteram ao longo do tempo, resultando, assim, na equação 08.

$$\dot{Q}_{vc} - \dot{W}_{vc} + \sum_e \dot{m}_e \left(u_e + p_e v_e + \frac{V_e^2}{2} + g z_e \right) = \sum_s \dot{m}_s \left(u_s + p_s v_s + \frac{V_s^2}{2} + g z_s \right) \quad (08)$$

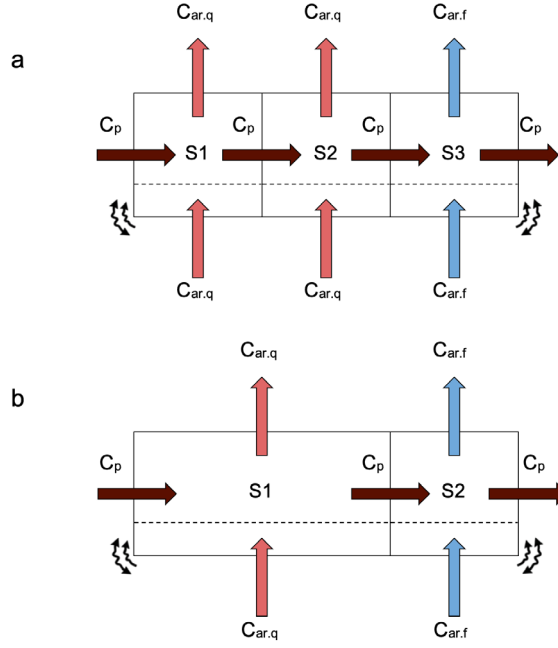
Esta equação (08) será utilizada para a realização do balanço de energia no processo de secagem da aglomeração, tendo em vista sua criticidade no desenvolvimento de características relevantes para o produto acabado, como a segurança microbiológica por baixa umidade e atividade de água.

5.2.1 Balanço de energia no secador de leite vibrofluidizado

O equipamento escolhido para realização da secagem após a granulação (secador de leite vibrofluidizado), possui três seções, sendo duas com aquecimento e uma com resfriamento. Dessa forma, para fins do cálculo de balanço de energia, será considerado como dois equipamentos diferentes: o primeiro, onde há secagem e mudança de temperatura; e o segundo, onde há apenas a mudança de temperatura, conforme Figura 16.

Na Figura 16a, apresenta-se o esquema do equipamento em sua configuração original, no qual cada seção, S1, S2 e S3, possui correntes próprias de ar e de produto, organizadas de forma sequencial. Já a Figura 16b ilustra a simplificação adotada neste estudo, em que o sistema é representado por duas seções, S1 e S2, cada uma contendo uma corrente de ar e uma de produto.

Figura 16 - Representação esquemática da simplificação realizada no secador de leito fluidizado para atender aos parâmetros deste estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: $C_{ar,q}$ são as correntes de ar quente; $C_{ar,f}$ são as correntes de ar frio e C_p são as correntes de produto.

Diante desse contexto, e considerando que, neste equipamento, às energias cinética e potencial são insignificantes quando comparadas às demais parcelas do balanço de energia, especialmente à energia requerida para a secagem do produto; e que serão substituídos os termos de energia interna e de fluxo ($u + pv$) pela entalpia (h) conforme Moran *et al.* (2018) e Bullard; Felder; Rousseau (2022), temos a equação 09, adaptada ao secador de leito vibrofluidizado.

$$\dot{Q}_{vc} - \dot{W}_{vc} + \sum \dot{m}_e h_e = \sum \dot{m}_s h_s \quad (09)$$

Substituindo as variáveis da equação 09, pelas variáveis das correntes de entrada e saída da primeira etapa (secagem e alteração de temperatura) do secador, e que o aquecimento deste equipamento decorre de uma dessas correntes de entrada, temos:

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ar,e} h_{ar,e} + \dot{m}_{prod,e} h_{prod,e} = \\ \dot{W}_{vc} + \dot{m}_{ar,s} h_{ar,s} + \dot{m}_{prod,s} h_{prod,s} + \dot{m}_{água,s} \lambda \end{aligned} \quad (10)$$

Considerando que a massa de ar seco e do produto seco não se alteram e que a entalpia pode ser definida, à pressão constante, como o produto entre o calor específico e a variação da temperatura (Tadini, 2018), podemos desenvolver a equação anterior em:

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ar} (h_{ar,e} - h_{ar,s}) = \\ \dot{m}_{água,s} \lambda + \dot{m}_{prod} c_p (T_s - T_e) + \dot{W}_{vc} \end{aligned} \quad (11)$$

De acordo com as informações explicitadas no item 5.1 deste trabalho, podemos substituir as variáveis da equação 11 pelos valores explicitados na Tabela 04, além do calor específico do produto, calculado conforme Tabela 05 e 06:

Tabela 04 - Parâmetros adotados para o balanço de energia no volume de controle do secador de leito vibrofluidizado

Parâmetros	Valores	Unidades	Fontes
$\dot{m}_{\text{água}}$	0,04	kg/s	Estimado pelo autor.
$\dot{m}_{\text{prod}}$	0,28	kg/s	
λ	2308,80	kJ/kg	Moran <i>et al.</i> (2018)
T_e	100,00	°C	Estimado pelo autor.
T_s	80,00	°C	
W_{vc}	3,52	kJ/s	Doing Machine (202-?)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dessas variáveis consideradas na Tabela 04, o valor do calor específico do produto é necessário para a realização do balanço de energia. Tendo em vista que o alimento é uma mistura complexa, o cálculo desta variável será realizado por meio das equações de propriedades termofísicas para diversos alimentos, conforme Choi; Okos (1986), como mostrado na Tabela 05.

Tabela 05 - Equações e valores de calor específico (C_p) para os componentes do CP70 considerando a variação de temperatura de 20 e 30 °C

Componentes	Equações utilizadas	C_{p20} (kJ/kg.°C)	C_{p30} (kJ/kg.°C)
Proteínas	$C_p = 2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3}T - 1,3129 \times 10^{-6}T^2$	2,0271	2,0327
Gordura	$C_p = 1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3}T - 4,8008 \times 10^{-6}T^2$	1,9945	1,9852
Carboidratos	$C_p = 1,5488 + 1,9625 \times 10^{-3}T - 5,9399 \times 10^{-6}T^2$	1,5643	1,5542
Fibras	$C_p = 1,8459 + 1,8306 \times 10^{-3}T - 4,6509 \times 10^{-6}T^2$	1,8639	1,8590
Cinzas	$C_p = 1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T - 3,6817 \times 10^{-6}T^2$	1,1157	1,1162
Água	$C_p = 4,1762 - 9,0864 \times 10^{-5}T + 5,4731 \times 10^{-7}T^2$	4,1799	4,1982

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após calcular o calor específico de cada componente para as seções com aquecimento (variação de 20 °C) e sem aquecimento (variação de 30 °C), obtém-se o calor específico do CP70 pela soma dos produtos entre o C_p de cada componente e sua respectiva fração mássica (Tadini, 2018), conforme Tabela 06.

Tabela 06 - Cálculo do calor específico global (C_p) do CP70 por meio das frações mássicas dos componentes

Componentes	C_{p20} (kJ/kg.°C)	C_{p30} (kJ/kg.°C)	Fração Más- sica	C_{p20} Proporcional (kJ/kg.°C)	C_{p30} Proporcional (kJ/kg.°C)
Proteínas	2,0271	2,0327	0,1643	0,3331	0,3340
Gordura	1,9945	1,9852	0,0685	0,1366	0,1360
Carboidratos	1,5643	1,5542	0,1616	0,2528	0,2512
Fibras	1,8639	1,8590	0,4951	0,9228	0,9204
Cinzas	1,1157	1,1162	0,0652	0,0727	0,0728
Água	4,1799	4,1982	0,0453	0,1894	0,1902
C_p do CP70				1,9074	1,9044

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir destes dados (Tabela 04 e 06), é possível desenvolver a equação 11, com o objetivo de estimar a energia necessária para evaporar 160 kg/h de água do CP70:

$$\begin{aligned}\dot{m}_{ar}(h_{ar,e} - h_{ar,s}) &= \dot{m}_{gua,s}\lambda + \dot{m}_{prod}c_p(T_s - T_e) + \dot{W}_{vc} \\ \dot{Q}_{ar} &= \left(0,04\frac{kg}{s} \cdot 2308,80\frac{kJ}{kg}\right) + \left[0,28\frac{kg}{s} \cdot 1,9074\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (80^\circ C - 100^\circ C)\right] + 3,52\frac{kJ}{s} \\ \dot{Q}_{ar} &= 92,35\frac{kJ}{s} - 10,68\frac{kJ}{s} + 3,52\frac{kJ}{s} \\ \dot{Q}_{ar} &= 85,19\frac{kJ}{s}\end{aligned}$$

Dessa forma, para a seção quente do secador de leite vibrofluidizado, determina-se que o ar quente deve apresentar vazão suficiente para fornecer ao volume de controle uma taxa de transferência de calor de 85,19 kJ/s.

Para a seção fria do equipamento, assume-se ausência de transferência de massa, desprezando-se os termos referentes à vazão mássica de água evaporada e ao calor latente. Assim, a equação 11 pode ser simplificada na equação 12:

$$\dot{m}_{ar}(h_{ar,e} - h_{ar,s}) = \dot{m}_{prod}c_p(T_s - T_e) + \dot{W}_{vc} \quad (12)$$

Considerando que a temperatura de entrada do produto na seção fria é de 80 °C, e a sua temperatura de saída deve ser de 50 °C:

$$\dot{Q}_{ar} = \left[0,28 \frac{kg}{s} \cdot 1,9044 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (50^\circ C - 80^\circ C) \right] + 3,52 \frac{kJ}{s}$$

$$\dot{Q}_{ar} = -16,00 \frac{kJ}{s} + 3,52 \frac{kJ}{s}$$

$$\dot{Q}_{ar} = -12,48 \frac{kJ}{s}$$

Dessa forma, na seção fria do equipamento, observa-se que o produto transfere calor para o ar, correspondendo a uma taxa de 12,48 kJ/s.

Assim, considerando que a seção quente fornece ao produto uma taxa de transferência de calor de 85,19 kJ/s, enquanto, na seção fria, o produto transfere calor para o ar a uma taxa de 12,48 kJ/s, a energia total do equipamento pode ser determinada pela soma das contribuições energéticas de ambas as seções, resultando em uma taxa global de 72,71 kJ/s.

Em síntese, o balanço de energia do secador de leite vibrofluidizado é apresentado na Tabela 07.

Tabela 07 - Síntese dos dados do balanço de energia do produto no secador de leite vibrofluidizado

Parâmetros		Seção 01	Seção 02
Vazão Mássica de Entrada	kg/s	1160,00	1000,00
Vazão Mássica de Saída	kg/s	1000,00	1000,00
Temperatura Entrada	°C	100,00	80,00
Temperatura Saída	°C	80,00	50,00
Calor Transferido	kJ/s	85,19	-12,48
Consumo Total	kW	72,71	

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor calculado de 72,71 kW para o consumo total de energia mostrou-se compatível com equipamentos industriais equivalentes, destinados ao processamento de aproximadamente 1000 kg/h. Esses sistemas apresentam consumo energético em torno de 75 kW, operando com capacidades entre 500 e 1000 kg por batelada, a depender do tempo de ciclo do processo (Yibu, 202-?).



Capítulo 6

Rotulagem e rastreabilidade

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

A cadeia de produção de alimentos tem se tornado progressivamente mais complexa, impulsionada pela globalização e pela incorporação de novos ingredientes, frequentemente oriundos de mercados internacionais, bem como pela crescente demanda por produtos voltados à funcionalidade e à saudabilidade; esse cenário tem ampliado os desafios relacionados à segurança dos alimentos e à transparência das informações disponibilizadas ao consumidor (Ellahi; Wood; Bekhit, 2023).

Nesse contexto, a rotulagem e a rastreabilidade deixam de desempenhar um papel meramente informativo e passam a constituir elementos centrais na garantia da segurança dos alimentos, especialmente nas etapas pós-produtivas.

No Brasil, diversas legislações versam sobre a obrigatoriedade da rotulagem de alimentos, desde o Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, onde rótulo é definido como sendo qualquer informação descrita e exibida na embalagem, sendo de responsabilidade do Ministério da Saúde a determinação das normas sobre a obrigatoriedade das suas informações (Brasil, 1969).

Desde então, diversas leis e normas têm sido estabelecidas com o objetivo de garantir que o consumidor não seja prejudicado quanto às informações sobre alimentos, considerando suas diferentes especificidades, como a presença de ingredientes geneticamente modificados (Brasil, 2003a), glúten (Brasil, 2003b) e lactose (Brasil, 2016), bem como a utilização de processos como a irradiação (Brasil, 2001), entre outros aspectos relevantes.

Atualmente, a regulamentação dos dispositivos estabelecidos nos decretos e leis supracitados é conduzida por resoluções específicas, como a RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020 (Brasil, 2020b), que trata da rotulagem nutricional de alimentos; a RDC nº 727, de 1º de julho de 2022 (Brasil, 2022a), que estabelece os requisitos para a rotulagem de alimentos embalados; e a RDC nº 902, de 6 de setembro de 2024 (Brasil, 2024), que aborda a declaração de novas fórmulas.

Destacam-se, ainda, atos complementares, como a Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020, que detalha os requisitos técnicos para a declaração da rotulagem nutricional (Brasil, 2020a).

Diante do exposto, define-se a utilização de embalagem primária do tipo *stand-up pouch*, constituída por uma estrutura multicamada de PET/PET+AL/PE, na qual serão dispostas as informações de rotulagem nutricional, em conformidade com as normativas previamente apresentadas.

A tabela nutricional está apresentada na Figura 17, e seus parâmetros foram determinados com base no balanço de massa apresentado no Capítulo 5 deste trabalho, sendo as informações organizadas conforme o modelo vertical estabelecido pela Instrução Normativa nº 75/2020 (Brasil, 2020b).

Além disso, os valores referentes ao produto pronto para consumo foram calculados considerando o modo de preparo indicado na embalagem, realizando-se a diluição do produto na proporção estabelecida em leite desnatado. Para isso, utilizou-se a composição centesimal do leite desnatado disponibilizada na TBCA (2025).



Figura 17 - Tabela nutricional do CP70

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Porções por embalagem: cerca de 13			
Porção: 20 g (2 colher de sopa)			
	100 mL**	20 g	% VD*
Valor Energético (kcal)	82	90	5
Carboidratos (g)	7,5	3,3	1
Açúcares totais (g)	4,8	0,1	
Açúcares adicionados (g)	0	0	0
Proteínas (g)	4,3	3,5	7
Gorduras totais (g)	2,3	1,5	2
Gorduras saturadas (g)	1,4	1	5
Gorduras trans (g)	0,1	0	0
Fibra (g)	2,9	9,7	39
Sódio (mg)	70	29	1

*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

** No alimento pronto para o consumo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A parte gráfica do rótulo (Figura 18) foi desenvolvida com o objetivo de comunicar atributos de saudabilidade, utilizando elementos visuais e uma paleta de cores alinhada ao produto, de modo a estabelecer uma associação direta com a bebida pronta.

As alegações nutricionais “rico em fibras” e “zero açúcar adicionado” estão em conformidade com a legislação vigente, conforme estabelecido pela Instrução Normativa nº 75/2020 (Brasil, 2020b), destarte, vale salientar que, mesmo sendo um produto que não possui açúcares adicionados, ele possui açúcares dos próprios ingredientes, sendo contabilizado em açúcares totais e, tampouco, é um alimento baixo em valor calórico.

Figura 18 - Design gráfico do rótulo do CP70

⇒ CHOCOLATE EM PÓ SOLÚVEL ⇒

KKO

=70=

Onde o sabor e o saudável se encontram

70% CACAU

INSTANTÂNEO | FÁCIL DE PREPARAR | DELICIOSO

* Este não é um produto baixo em valor energético

RICO EM FIBRAS

ZERO AÇÚCAR ADICIONADO*

SEM GLÚTEN

VEGANO

PESO LÍQ. 250g

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL

Porções por embalagem: cerca de 13

Porção: 20 g (2 colheres de sopa)

	100 mL**	20 g	% VD*
Valor Energético (kcal)	82	90	5
Carboidratos (g)	7,5	3,3	1
Açúcares totais (g)	4,8	0,1	
Açúcares adicionados (g)	0	0	0
Proteínas (g)	4,3	3,5	7
Gorduras totais (g)	2,3	1,5	2
Gorduras saturadas (g)	1,4	1	5
Gorduras trans (g)	0,1	0	0
Fibra (g)	2,9	9,7	39
Sódio (mg)	70	29	1

*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

** No alimento pronto para o consumo.

INGREDIENTES: Cacau em pó (70%), inulina (fibra de chicória), estévia.

ALERGICOS: CONTEM AVEIA, PODE CONTER SOJA. NÃO CONTEM GLÚTEN.

Fabricado por KKO CHOCOLATES S/A
BR 304, Distrito Industrial de Macaíba, RN.
CEP: 59280-000
CNPJ: 30.900.000/0000-00
Indústria Brasileira.

Fale conosco!
SAC: 0800 123 4567
sac@kkochocolates.com.br

7 908765 432109

MODO DE PREPARO

1 colher de sopa (12 g) de KKO 70

+ 200 ml de leite desnatado

= experimente também com bebida vegetal!

Misture bem e aproveite!

Perfeito para o dia a dia: em bebidas, receitas, smoothies e muito mais!

LOTE: 0104052026
FAB: 04/05/2026
VAL: 04/05/2027

@kko70
www.kko70.com.br

Fonte: Elaborado pelo autor auxílio de Inteligência Artificial (ChatGPT 5.5).

Além disso, foi incorporado ao rótulo um QR Code com o objetivo de viabilizar o acesso às informações de rastreabilidade do produto. Quando integrado à tecnologia *blockchain*, esse recurso permite a digitalização dos dados ao longo de toda a cadeia produtiva, tornando-os facilmente acessíveis, rastreáveis e verificáveis pelos consumidores por meio de dispositivos móveis (Dey *et al.*, 2021).

Blockchain é uma metodologia de segurança na qual é possível compartilhar informações, sem que elas sejam alteradas retroativamente (Friske *et al.*, 2025), dessa forma, estabelece-se um sistema de rastreabilidade mais transparente, descentralizado e imutável, contribuindo para maior confiabilidade e segurança das informações do produto (Dey *et al.*, 2021).



Capítulo 7

Análise de viabilidade econômica

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

A análise de viabilidade econômico-financeira é uma etapa essencial na avaliação de projetos, pois fornece base consistente para a tomada de decisão quanto à realização de investimentos (Lira; Silva, 2025). Por meio de indicadores que expressam a rentabilidade e a sustentabilidade do empreendimento, essa análise permite estimar o desempenho econômico ao longo do tempo, contribuindo para uma avaliação mais segura e fundamentada da viabilidade do projeto (Soldera; Kühn, 2018).

O uso dessa ferramenta pressupõe o planejamento prévio do projeto a ser implantado, incluindo uma estimativa dos custos iniciais (investimento) e operacionais (despesas), e de receita; a partir desta conjectura, é possível calcular os indicadores de viabilidade (Bagio, 2025).

Nesse contexto, este capítulo tem como objetivo levantar os custos de capital (CAPEX) e os custos operacionais (OPEX), bem como estimar a receita do empreendimento. A partir dessas informações, serão elaborados os indicadores econômicos e conduzida a análise de sensibilidade da implantação da indústria produtora de CP70, com o propósito de avaliar sua viabilidade econômica de forma estruturada e consistente.

7.1 Custos de Capital (CAPEX)

Os custos de capital, também conhecidos como investimento inicial, ou ainda *capital expenditure* (CAPEX), podem ser definidos como o valor líquido aplicado para o desenvolvimento da estrutura básica de funcionamento da empresa (Lima, 2019). Estes custos podem ser classificados em diretos, indiretos e capital de giro (Palo; Laquaniello; Mosca, 2020).

Os custos diretos estão relacionados com o que for intrinsecamente necessário para construir e instalar a empresa (terreno, materiais, equipamentos, entre outros); já os custos indiretos são pertinentes ao que é extrínseco para o desenvolvimento da obra (licenciamento, gestão de obras, honorários advocatícios, entre outros) (Palo; Laquaniello; Mosca, 2020).

Por sua vez, o capital de giro é o somatório das despesas necessárias para manter o empreendimento funcionando (matérias-primas e embalagens; mão de obra, entre outros), até que as receitas geradas sejam suficientes para tornar a empresa autossustentável (Lima, 2019).

Nesse contexto, a Tabela 08 apresenta os investimentos necessários para a implantação e início das operações da empresa produtora de CP70, considerando os recursos exigidos até que o empreendimento consiga se sustentar sem novos aportes de capital.



Tabela 08 - Descrição de custos de capital

Tipo ¹	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit (R\$) ²	Valor Total (R\$)
CD	Terreno	5000	m ²	250,00	1.250.000,00
CD	Edificação	2515	m ²	2000,00	5.030.000,00
CD	Moega de recebimento de saco	2	und	120.000,00	240.000,00
CD	Moega de recebimento de bag	1	und	220.000,00	220.000,00
CD	Balança de fluxo contínuo	6	und	180.000,00	1.080.000,00
CD	Misturador contínuo	3	und	300.000,00	900.000,00
CD	Granulador	1	und	2.000.000,00	2.000.000,00
CD	Secador de leite vibrofluidizado	1	und	1.500.000,00	1.500.000,00
CD	Peneira vibratória	1	und	100.000,00	100.000,00
CD	Silo	2	und	100.000,00	200.000,00
CD	Máquina de Envase	1	und	500.000,00	500.000,00
CD	Máquina de Encaixotamento	1	und	1.000.000,00	1.000.000,00
Subtotal				14.020.000,00	
CI	Engenharia e projeto	1	und	701.000,00	701.000,00
CI	Regularização	1	und	70.100,00	70.100,00
CI	Custos administrativos	1	und	28.040,00	28.040,00
CI	Treinamento	1	und	35.050,00	35.050,00
CI	Equipamentos administrativos	1	und	150.000,00	150.000,00
CI	Móveis	1	und	75.000,00	75.000,00
Subtotal				1.059.190,00	
CG	Capital de Giro	6	und	26.282.073,88	157.692.443,28
Total				172.771.633,28	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: ¹Os investimentos apresentados são classificados em: CD (Custos Diretos); CI (Custos Indiretos); e CG (Capital de Giro).

²Os valores descritos foram estimados, e podem não corresponder ao valor real dos itens.

7.2 Custos Operacionais (OPEX)

Os custos operacionais, ou *Operational Expenditure* (OPEX), correspondem às despesas necessárias para o funcionamento contínuo da empresa; esses custos abrangem desde gastos com pessoal (como salários, encargos e benefícios) até despesas com matérias-primas, manutenção de equipamentos, utilidades e demais itens associados à operação e à sustentação das atividades produtivas (Brasil, 2022c).

Ademais, estes custos podem ser classificados em fixos, que são independentes à variação na quantidade de produção; e custos variáveis, que dependem da quantidade produzida, logo, se alteram com a variação de produção (Lira; Silva, 2025).

Neste contexto, a Tabela 09 apresenta os custos operacionais fixos, que foram estimados considerando o regime de trabalho adotado na unidade. Os salários foram determinados considerando o salário base (1.621,00 para o ano de 2026), conforme Decreto nº 12.797, de 23 de dezembro de 2025 (Brasil, 2025). Além disso, os encargos foram calculados considerando 8,33% para 13º salário, 11,11% para férias + 1/3 de férias, 8% para FGTS e 20% para INSS patronal.

Tabela 09 - Detalhamento dos custos operacionais fixos

Cargos	Quant.	Salário (R\$)	Encargos (R\$)	Total/mês (R\$)	Total/ano (R\$)
Operadores de produção	12	2.431,50	1.153,50	43.020,04	516.240,52
Auxiliares de produção	24	1.783,10	845,90	63.096,06	757.152,76
Supervisores produção	5	4.052,50	1.922,51	29.875,03	358.500,36
Controle de qualidade	6	3.079,90	1.461,10	27.246,03	326.952,33
Analistas de GQ ¹	1	3.647,25	1.730,26	5.377,51	64.530,06
Técnicos de manutenção	6	3.242,00	1.538,00	28.680,03	344.160,35
Engenheiro de manutenção	1	7.294,50	3.460,51	10.755,01	129.060,13
Operadores de logística	6	2.593,60	1.230,40	22.944,02	275.328,28
Auxiliares de logística	6	1.783,10	845,90	15.774,02	189.288,19
Almoxarife	1	3.728,30	1.768,71	5.497,01	65.964,07
Auxiliares de limpeza	9	1.783,10	845,90	23.661,02	283.932,29
Serviços gerais	3	1.945,20	922,80	8.604,01	103.248,10
Gerente industrial	1	12.968,00	6.152,02	19.120,02	229.440,23
Administrativo/Financeiro	2	2.431,50	1.153,50	7.170,01	86.040,09
Recursos humanos	1	2.431,50	1.153,50	3.585,00	43.020,04
Compras/Suprimentos	1	2.431,50	1.153,50	3.585,00	43.020,04
Vendedores	10	2.431,50	1.153,50	35.850,04	430.200,43
Supervisor comercial	1	4.052,50	1.922,51	5.975,01	71.700,07
Engenheiro de alimentos	1	9.726,00	4.614,01	14.340,01	172.080,17
Total	97	73.836,55	35.028,06	374.154,88	4.489.858,51

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: ¹Analista de GQ/QA refere-se ao Analista de Garantia da Qualidade.

Após o detalhamento dos custos operacionais fixos apresentados na Tabela 09, torna-se necessário quantificar o consumo de insumos associado à produção para que seja possível o detalhamento dos custos variáveis.

Destarte, a Tabela 10 apresenta os dados referentes ao uso de insumos por dia, mês e ano, considerando a produção estimada de 1000 kg/h; que a produção em questão opera 24 h por dia, 22 dias por mês; assim, há um total de 528 h mensais de funcionamento, 528.000,00 kg de produto acabado, 21.120.000 unidades de 250 g, 880.000,00 caixas com 24 unidades.

Tabela 10 - Quantidade de insumos por hora, mês e ano para fabricação do CP70

Insumos	Quant./dia (kg/dia)	Quant./mês (kg/mês)	Quant./ano (kg/ano)
C55NM	5.047,20	111.038,40	1.332.460,80
C71AM	7.570,80	166.557,60	1.998.691,20
C77AV	3.364,80	74.025,60	888.307,20
C84AP	841,20	18.506,40	222.076,80
Inulina	6.936,00	152.592,00	1.831.104,00
Estévia	240,00	5.280,00	63.360,00
Folha laminada ¹	415,58	9.142,85	109.714,18
Zíper	103,68	2.280,96	27.371,52
Caixa ²	825,79	18.167,42	218.009,09

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: ¹Refere-se a folha laminada composta por PET/PET+AL/PE. ²Refere-se à papelão ondulado tipo B.

Por conseguinte, a Tabela 11 apresenta a estimativa dos custos operacionais variáveis que foram determinados com base nos dados de consumo de insumos apresentados na Tabela 10, os quais estão discriminados em bases diária, mensal e anual.

Tabela 11 - Detalhamento dos custos operacionais variáveis

Insumos	Quant./mês (kg/mês)	Valor Unit. Est. (R\$/kg) ¹	Valor Unit. Desc. (R\$/kg) ²	Custo/mês (R\$/mês)	Custo/ano (R\$/ano)
C55NM	111.038,40	58,08	46,46	5.159.288,22	61.911.458,61
C71AM	166.557,60	58,80	47,04	7.738.932,33	92.867.187,92
C77AV	74.025,60	61,28	49,02	3.439.525,48	41.274.305,74
C84AP	18.506,40	64,96	51,97	859.881,37	10.318.576,44
Inulina	152.592,00	49,02	39,21	7.090.034,69	85.080.416,26
Estévia	5.280,00	138,00	110,40	245.329,92	2.943.959,04
Folha laminada	9.142,85	67,48	53,98	424.813,29	5.097.759,47
Zíper	2.280,96	52,00	41,60	105.982,53	1.271.790,31
Caixa	18.167,42	15,71	12,57	844.131,19	10.129.574,26
Total				25.907.919,00	310.895.028,04

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: ¹Os valores descritos foram estimados, e podem não corresponder ao valor real dos itens.

²Valor ajustado com aplicação de desconto de 20% sobre o preço original, decorrente de compra em grande volume.

Diante dos detalhamentos realizados neste tópico, é possível verificar que o custo operacional total por mês é de R\$ 30.397.777,51, sendo liderado pelos custos variáveis.

7.3 Projeção de Receita

A projeção da receita é uma análise realizada a partir da relação entre quantidade comercializada e preço de venda (Soldara; Kühn, 2018). Neste sentido, este tópico apresenta a definição do preço de venda do CP70 e, por conseguinte, a estimativa da receita associada.

7.3.1 Estimativa do preço de venda

Para realizar a estimativa do preço de venda, foram considerados os custos fixos e variáveis por unidade do produto, e acrescentada uma margem de lucro de 100% sobre este valor (SEBRAE, 2026).

O somatório dos custos operacionais necessários para produzir 2.112.000,00 unidades de chocolate em pó por mês, é de R\$ 26.282.073,88; logo, a contribuição destes custos por unidade de produto (250 g) é de R\$ 12,44. Aplicando-se a margem de lucro de 100%, o valor de venda do produto passa a ser R\$ 24,89.

7.3.1.1 Pesquisa mercadológica

A partir da estimativa de preço, verificou-se, em estabelecimentos comerciais da região de Natal que comercializam produtos similares, que o valor estimado para a formulação desenvolvida se encontra compatível com os preços praticados no mercado, conforme Tabela 12.

Tabela 12 - Comparativo de preços entre o produto desenvolvido e produtos similares comercializados em Natal/RN

Produto	Peso Líquido (g)	Marca	Preço Unitário (R\$)	Preço por 100g (R\$/100g)
CP70 - Chocolate em pó 70 %, zero açúcar, rico em fibra	250	KKO70	24,89	9,96
Achocolatado 60 % cacau	180	Nestlé	21,49	11,94
Chocolate em pó 50 % cacau	200	Nestlé	33,90	16,95
Cacau em pó 100 % cacau	200	Nestlé	51,90	25,95
Chocolate em pó solúvel 70 % cacau	200	Dr. Oetker	32,49	16,25
Cacau em pó solúvel 100 % cacau	150	Dr. Oetker	31,99	21,33

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além da comparação entre preços, foi possível observar que nos achocolatados, é comum a utilização de emulsificantes com a finalidade de melhorar a solubilidade do produto, além do enriquecimento com vitaminas e minerais com vista à saudabilidade.

Já os chocolates em pó com 50% e 70% de cacau apresentaram, em sua composição, a adição de açúcar e aromatizantes. E o cacau em pó 100% continha exclusivamente cacau como ingrediente.



7.3.2 Estimativa da Receita

A estimativa da receita líquida foi realizada conforme conceito apresentado por Lira; Silva (2025), onde este parâmetro é calculado a partir da diferença entre a receita realizada (produto entre a quantidade vendida e valor de venda, considerando baixa quantidade de perdas) e os custos de produção.

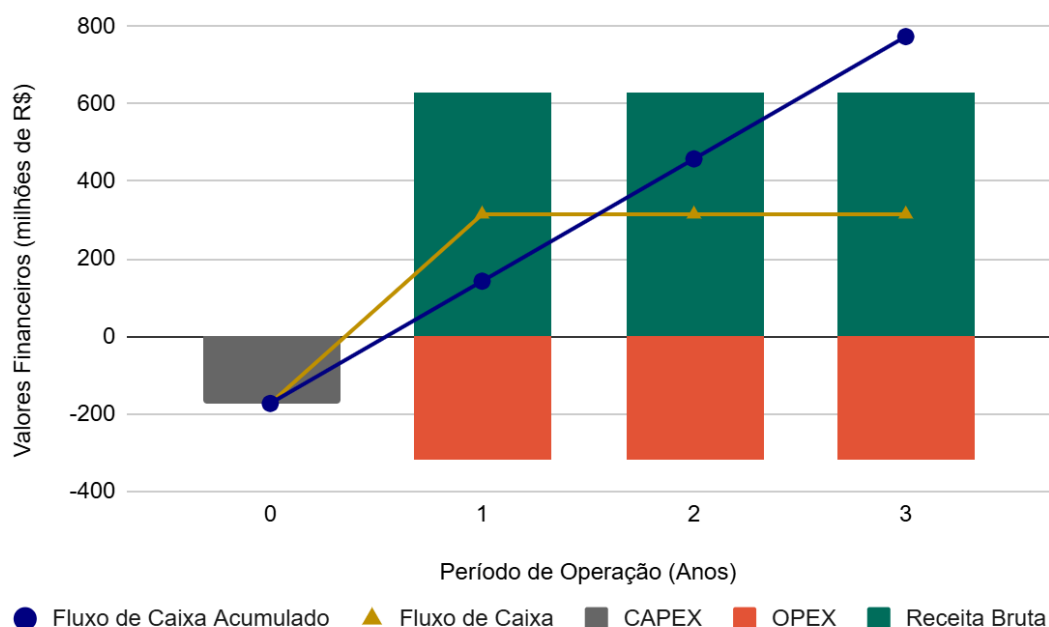
Assim, considerando o preço de venda estimado de R\$ 24,89 por unidade e uma perda de 5% na quantidade comercializada, obtém-se um volume de vendas de 2.006.400 unidades por mês. Nessas condições, a receita bruta mensal é de R\$ 49.939.296,00 e, ao se considerar os custos operacionais de R\$ 26.282.073,88, a receita líquida estimada é de R\$ 23.657.222,12 por mês.

7.4 Construção do Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa é uma ferramenta de gestão financeira que permite quantificar as necessidades de financiamento operacional, especialmente na fase inicial do negócio. Por meio dele, é possível acompanhar, em cada período, o resultado operacional, considerando a receita total e a dedução dos custos e das despesas operacionais, facilitando a análise da disponibilidade de recursos e a tomada de decisões (Lira; Silva, 2025).

Para a empresa produtora do CP70, foi realizada a construção do fluxo de caixa anual, Figura 19, sendo possível perceber que a empresa atingiu um saldo positivo já no primeiro ano de operação, o que indica que a receita bruta no primeiro ano foi suficiente para cobrir os investimentos iniciais e os custos operacionais.

Figura 19 - Fluxo de caixa anual

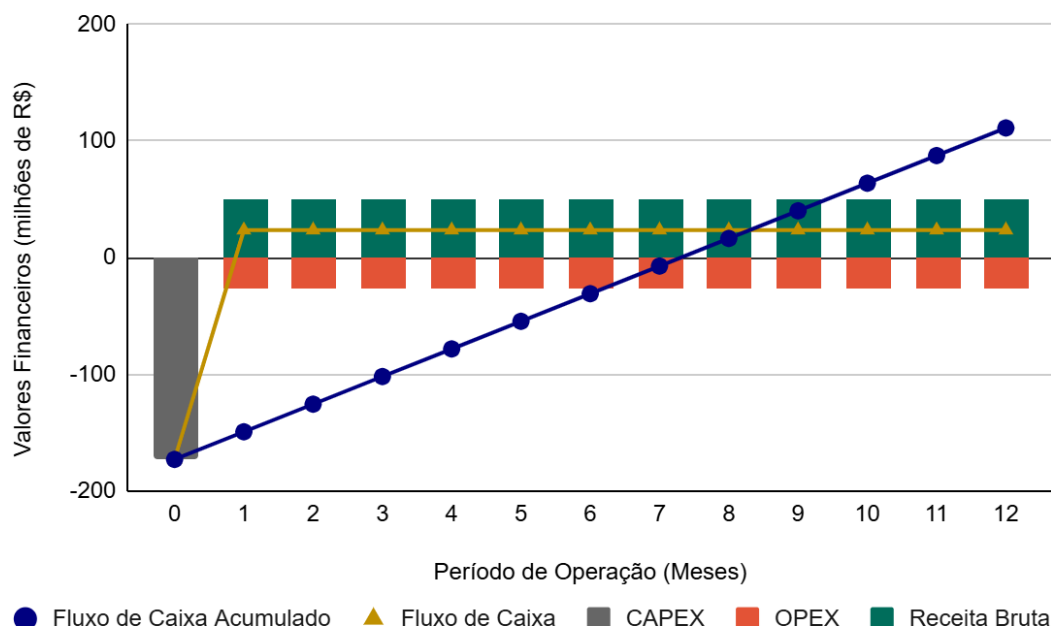


Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir disto, foi realizada a construção do fluxo de caixa mensal, Figura 20, onde é possível verificar que a partir do primeiro mês o fluxo de caixa é positivo, ou seja, a receita bruta é suficiente para superar os custos operacionais, e, apenas a partir do sétimo mês, a empresa começa a operar em saldo positivo, com fluxo de caixa acumulado superando o total de custos (investimentos iniciais e custos operacionais).

Considerando a variação de fluxo acumulado, na análise mensal, estes dados serão utilizados para o cálculo dos indicadores econômico-financeiros (Valor Presente Líquido, VPL; Taxa Interna de Retorno, TIR; e Tempo de Recuperação de Investimento, *Payback* simples; Além dos Pontos de Equilíbrio Financeiro e Produtivos).

Figura 20 - Fluxo de caixa mensal



Fonte: Elaborado pelo autor.

7.5 Indicadores Econômicos

Os indicadores econômico-financeiros constituem as principais ferramentas para a análise de viabilidade econômico-financeira de um projeto (Soldara; Kühn, 2018). Por meio deles, é possível avaliar a rentabilidade, estimar a expectativa de lucro e determinar o tempo de recuperação do investimento inicial. Além disso, esses indicadores permitem uma visão integrada do desempenho econômico ao longo do médio e longo prazo, subsidiando a tomada de decisão de forma mais segura e fundamentada (Lira; Silva, 2025).

Neste trabalho, serão utilizados os indicadores do Ponto de Equilíbrio Financeiro e Produtivo, buscando encontrar a quantidade mínima de produtos que devem ser comercializados para que a empresa opere com saldo positivo (Soldara; Kühn, 2018); TIR (estimar a taxa que faz o VPL ser igual a zero), VPL (para estimar o quanto o empreendimento gera valor com o tempo) e *Payback* simples (o tempo de operação necessário para recuperar o valor investido) (Lira; Silva, 2025).

Para o cálculo do Ponto de Equilíbrio Financeiro (PEF) e Produtivo (PEP), serão realizados a partir razão entre custo fixo e margem de contribuição (razão entre a diferença da receita e dos custos variáveis, pelo total de receita), e da razão entre PEF e preço de mercado (Soldara; Kühn, 2018).

Considerando que o custo fixo mensal é de R\$ 374.154,88, a margem de contribuição de 99,29 % e o preço de mercado de R\$ 24,89, o PEF é de R\$ 376.837,23 e o PEP de 15.142 unidades. Ou seja, para que a empresa não opere em prejuízo, ela precisa vender, ao menos, 15.142 unidades por mês.

Os cálculos da TIR e do VPL realizados a partir do fluxo de caixa mensal, conforme equação 13, na qual TIR e VPL são as variáveis a serem encontradas, FC_n , com $n > 0$, são os fluxos de caixa futuros em cada período, e FC_0 corresponde ao investimento inicial.

$$VPL = \left[\frac{FC_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{FC_3}{(1 + TIR)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} \right] + (FC_0) \quad (13)$$

Assim, a TIR calculada foi de 8,61% ao mês. Considerando a taxa de desconto utilizada no cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), equivalente à taxa Selic mensal de 1,15%, observa-se que a TIR é superior à taxa de desconto, indicando a viabilidade econômica do projeto. O VPL obtido foi de R\$ 90.985.976,82, valor positivo que demonstra que o investimento gera retorno acima do custo de capital, sendo, portanto, economicamente e financeiramente viável.

Já para o cálculo de *Payback* simples, realizado a partir da razão do investimento inicial pelo fluxo de caixa, considerando o investimento inicial de R\$ 172.771.633,28 e o fluxo de caixa bruto de R\$ 23.657.222,12, é possível chegar à 7,3 meses. Ou seja, são necessários aproximadamente 7 meses para que haja a quitação do investimento inicial realizado.

Dessa forma, considerando os dados estimados e calculados neste capítulo, é possível entender que há viabilidade econômica no desenvolvimento desta indústria para a produção do CP70.

Capítulo 8

Tratamento de resíduos

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

Nos últimos anos, as pressões climáticas e o fortalecimento das legislações ambientais em níveis nacional e internacional, tornaram o tratamento de resíduos industriais não apenas uma exigência legal, mas também um diferencial competitivo para as empresas (Lima et al., 2026). Nesse contexto, a adoção de práticas adequadas de gerenciamento de resíduos garante conformidade com normas, além de contribuir para a redução de impactos ambientais e melhor aproveitamento de recursos.

Destarte, o tratamento de resíduos para a indústria produtora de CP70 é dividido em dois processos: tratamento de resíduos sólidos, que segue as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (Brasil, 2010); e tratamento de efluentes guiado pelas resoluções CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 e nº 430, de 13 de maio de 2011 do (CONAMA, 2005; 2011).

Em relação ao gerenciamento dos resíduos sólidos, a princípio, segue-se a ordem de prioridade determinada pelo art. 9º da Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010, art. 9): “não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”.

Para que isto seja possível, adotam-se as orientações estabelecidas no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2022e), regulamentado pelo Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022 (Brasil, 2022b). Nesse contexto, reforça-se a importância do uso consciente de recursos, priorizando a não geração de resíduos e, quando isso não for possível, a adoção de práticas que minimizem sua produção e impactos ambientais.

Por conseguinte, são adotadas práticas de reutilização que não impactam na segurança dos alimentos e não estejam ligadas diretamente à sua produção, evitando a possibilidade de contaminações; sendo permitida, entretanto, à prática de reuso inteligente, como na confecção de recipientes de coleta de resíduos, por exemplo.

Neste sentido, não havendo possibilidade de reutilização de recursos, a empresa contará com recipientes específicos e apropriados de coleta seletiva, obedecendo o código de cores estabelecido pela Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001 (CONAMA, 2000), distribuídos de acordo com sua necessidade em quantidade e tamanho, tanto em áreas externas, quanto em áreas internas à indústria.

Vale ressaltar que todo material de embalagem identificado com a arte impressa do CP70 deve ser descaracterizado antes de sua destinação à reciclagem, conforme as diretrizes de Boas Práticas de Fabricação da RDC nº 275/2002 (Brasil, 2002). Essa medida tem como objetivo impedir o reaproveitamento indevido dessas embalagens, prevenindo sua reutilização intencional e reduzindo o risco de fraudes, além de contribuir para a segurança do produto e a rastreabilidade do processo.

Por fim, tanto os resíduos (já devidamente separados e classificados) quanto os rejeitos (materiais que não podem ser reutilizados ou reciclados) serão destinados para fim ambientalmente adequado por meio de empresas licenciadas, garantindo um processo rastreável e amplamente auditável.

No que se refere ao tratamento de efluentes, a legislação vigente não estabelece técnicas específicas a serem adotadas, mas define padrões e limites para o seu lançamento, como pH, sólidos sedimentáveis, temperatura e concentração de metais, conforme a Resolução CONAMA nº 430/2011 (CONAMA, 2011).

Assim, optou-se pela adoção de um sistema convencional de tratamento de efluentes, por meio de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) compacta, contemplando etapas físico-químicas e biológicas, como coagulação, floculação e decantação, seguidas de digestão anaeróbia e aeróbia, além de filtração final.

Esses processos são amplamente empregados no tratamento de efluentes industriais devido à sua eficiência na remoção de sólidos suspensos (Lucas *et al.*, 2025), matéria orgânica e outros contaminantes, sendo frequentemente utilizados de forma integrada para otimizar o desempenho do sistema (Gomes; Hansen, 2019; Silva; Callado; Souza, 2023).

Por fim, considerando a possibilidade de reutilização do efluente tratado, este é destinado à irrigação de áreas verdes externas. O volume excedente é encaminhado ao sistema de esgotamento sanitário, em conformidade com os padrões estabelecidos para lançamento.



Capítulo 9

Considerações finais

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

A busca por uma alimentação mais saudável, sem comprometer o sabor e a praticidade, tem se intensificado nos últimos anos. Nesse contexto, consumidores têm demonstrado maior interesse por alimentos com menor teor de açúcares, gorduras e sódio, maior conteúdo de proteínas e fibras, além de produtos com propriedades funcionais associadas à saúde e ao bem-estar.

Dessa forma, observa-se a importância do desenvolvimento de novos produtos que atendam às demandas atuais dos consumidores, assim como, também destaca-se a necessidade de reformulação de produtos já consolidados no mercado, visando à adequação de sua composição nutricional sem comprometer características sensoriais e atributos relacionados à praticidade de consumo.

Além disso, essas reformulações devem considerar aspectos tecnológicos e industriais, buscando manter processos produtivos compatíveis com os já empregados pela indústria. Essa abordagem pode contribuir para a manutenção da viabilidade econômica do produto e para a agregação de valor às formulações reformuladas.

Nesse contexto, este trabalho demonstrou a viabilidade da reformulação de um chocolate em pó, produto tradicionalmente caracterizado pelo elevado teor de açúcares e limitada presença de alegações relacionadas à saudabilidade.

A formulação desenvolvida apresentou maior concentração de cacau, elevado teor de fibras alimentares e ausência de adição de sacarose, bem como de agentes convencionais de corpo e volume, resultando em um produto com composição simplificada e alinhada aos conceitos de *clean label*.

Além dessas características, a adoção de um sistema de produção contínua em escala industrial, com capacidade produtiva de até 24 toneladas por dia, contribuiu para a competitividade mercadológica do produto. Esse dimensionamento possibilitou a obtenção de custos compatíveis com os praticados pelas principais marcas do setor.

A embalagem *stand up pouch* desenvolvida apresentou funcionalidade voltada à praticidade de uso e armazenamento, especialmente pelo seu sistema de fechamento tipo zip lock, que permite abertura e fechamento contínuos da embalagem; além disso, a rotulagem nutricional e os elementos de apresentação do produto contribuíram para sua diferenciação em relação aos demais produtos comercializados no mercado.

Dessa forma, o desenvolvimento e a produção industrial de um chocolate em pó com 70% de cacau, rico em fibras e sem adição de açúcar demonstraram viabilidade técnica e econômico-financeira, além de competitividade mercadológica e alinhamento com as tendências atuais de inovação e reformulação de produtos alimentícios.

Capítulo 10

Referências

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

- ABICAB. Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas. **Indústria brasileira de chocolate reforça dinamismo e inovação na páscoa 2026**. [s.l.], 2026. Disponível em: <https://abicab.org.br/industria-brasileira-de-chocolate-reforca-dinamismo-e-inovacao-na-pascoa-2026/>. Acesso em: 05 maio 2026.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5426**: Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.
- ACEPACK. **Doypack Packing Machine-Zipper doypack Packaging**. 202-?. Disponível em: https://www.acepackgroup.com/product_detail/47.html. Acesso em: 06 mar 2026.
- ANDERSON, A. Energy consumption and efficiency in the food processing industry. **Journal of Food Technology and Preservation**, v. 8, n. 5, p. 258, 2024. Disponível em: <https://www.alliedacademies.org/articles/energy-consumption-and-efficiency-in-the-food-processing-industry-30306.html>. Acesso em: 15 mar 2026.
- ASACHI, Maryam; NOURAFKAN, Ehsan; HASSANPOUR, Ali. A review of current techniques for the evaluation of powder mixing. **Advanced Powder Technology**, v. 29, n. 7, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2018.03.031>
- ASGHARI, Arezoo Et al. Effects of Sugar Substitution with Stevia on Physicochemical and Sensory Properties of Chocolate Milk. **International Journal of Drug Research in Clinics**, v. 1, n. 7, 2023. <https://doi.org/10.34172/ijdr.2023.e7>
- AWUCHI, Chinaza Godswill. HACCP, quality, and food safety management in food and agricultural systems. **Cogent Food & Agriculture**, v. 9, n. 2176280, 2023. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2176280>.
- BAGIO et al.; Financial feasibility analysis of small and medium enterprises: a case study of ud. manggeng food in manggeng district, southwest aceh regency. **IJEBS Journal**, v. 5 n. 6, 2025. <https://doi.org/10.20961/sepa.v20i1.65047>
- BAKER, Mathew T. Et al. Consumer Acceptance toward Functional Foods: A Scoping Review. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 19, n. 3, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031217>
- BARIŠIĆ, V. et al. Effect of Addition of Fibres and Polyphenols on Properties of Chocolate. **A Review. Food Reviews International**, v. 37, n. 3, p. 225-243, 2019. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1701008>
- BECERRA, Lili D; *Et al.* From controlled transformed cocoa beans to chocolate: Bioactive properties, metabolomic profile, and in vitro bioaccessibility. **Food Chemistry**, v. 433, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137321>
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020**. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 out. 2020a.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001**. Aprova o regulamento técnico para irradiação de alimentos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 29 jan 2001.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020**. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 out. 2020a.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 727, de 1º de julho de 2022**. Dispõe sobre a rotulagem de alimentos embalados. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 4 jul. 2022a.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 902, de 6 de setembro de 2024**. Dispõe sobre a declaração de novas fórmulas de alimentos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 set. 2024.
- BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos [...]. 2002. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/anexos/anexo_res0275_21_10_2002_rep.pdf. Acesso em 07 mar 2026.
- BRASIL. Casa Civil. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 15.404, de 8 de maio de 2026**. Dispõe sobre as definições e características dos produtos derivados de cacau[...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2026.
- BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2022b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em: 28 abr 2026.
- BRASIL. **Decreto nº 12.797, de 23 de dezembro de 2025**. Dispõe sobre o valor do salário mínimo a vigorar a partir de 1º de janeiro de 2026. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 dez 2025.

BRASIL. **Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003**. Regulamenta o direito à informação quanto aos alimentos e ingredientes alimentares que contenham ou sejam produzidos a partir de organismos geneticamente modificados. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 25 abr 2003a.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969**. Institui normas básicas sobre alimentos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 out 1969.

BRASIL. **Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003**. Obriga que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 19 maio 2003b.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 28 abr 2026.

BRASIL. **Lei nº 13.305, de 4 de julho de 2016**. Dispõe sobre a rotulagem de alimentos que contenham lactose. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 jul 2016.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade. Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura. **Guia geral de análise socioeconômica de custo-benefício de projetos de investimento em infraestrutura**. Brasília : SDI/ME, 2022c.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 723, de 1º de julho de 2022**. Dispõe sobre os requisitos sanitários [...] cacau em pó, cacau solúvel, chocolate, chocolate branco, goma de mascar, manteiga de cacau, massa de cacau, melaço, melado e rapadura. Brasília, DF: ANVISA, 2022d.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 326, de 30 de julho de 1997**. Aprova o Regulamento Técnico: “Condições Higiênicas-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos”. Brasília, 1997. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/%281%29PRT_SVS_326_1997.pdf/45a45ff7-9f34-44f5-a8f2-6a391fb22d16. Acesso em: 17 out 2026.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES)**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2022e. Disponível em: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>. Acesso em: 28 abr 2026.

BULLARD, Lisa G., FELDER, Richard M., ROUSSEAU, Ronald W. **Elementary principles of chemical processes**. 4. ed. Nova Jersey: Wiley Custom Learning Solutions. 2022.

CANTON, Fernando. **As novas tecnologias na fabricação de um achocolatado em pó de alta qualidade**. 2018. Disponível em: <https://www.solucoesdynamica.com.br/blog/as-novas-tecnologias-na-fabricacao-de-um-achocolatado-em-po-de-alta-qualidade>. Acesso em: 13 fev. 2026.

CARGILL. **Certificado de análise**: cacau em pó bamboo - NA 54. [s.l.]: Cargill, 2025a.

CARGILL. **Certificado de análise**: cacau em pó impact - AL 70. [s.l.]: Cargill, 2025b.

CARGILL. **Certificado de análise**: cacau em pó marquise - RE 78. [s.l.]: Cargill, 2025c.

CARGILL. **Certificado de análise**: cacau em pó midnight - BL 80. [s.l.]: Cargill, 2025d.

CARGILL. **Ficha Técnica**: cacau em pó bamboo - NA 54. [s.l.]: Cargill, 2025e.

CARGILL. **Ficha Técnica**: cacau em pó impact - AL 70. [s.l.]: Cargill, 2025f.

CARGILL. **Ficha Técnica**: cacau em pó marquise - RE 78. [s.l.]: Cargill, 2025g.

CARGILL. **Ficha Técnica**: cacau em pó midnight - BL 80. [s.l.]: Cargill, 2025h.

CARVALHO, B. N. F. **Qualidade microbiológica e aceitabilidade de achocolatado em pó tradicional, diet e light**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Ceres, GO, 2022.

CASTRO-MUÑOZ, Roberto. *Et al.* Natural sweeteners: Sources, extraction and current uses in foods and food industries. **Food Chemistry**, v. 370, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130991>

CETAL, Centro Tecnológico de Análise de Alimentos. **Certificado de análise**: adoçante dietético stevia Color Andina. São Paulo: CETAL, 2024.

CHAUHAN, Kanika; RAO, Alka. Clean-label alternatives for food preservation: An emerging trend. **Heliyon**, v. 10, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35815>

CHOI, Y.; OKOS, M. R. Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods. In: LEMAUGUER, M.; JELEN, M. **Food engineering and process applications: transport phenomena**. Londres: Elsevier Applied Science, 1986.

COLOR ANDINA FOODS. **Ficha técnica:** Stevia em pó (glicosídeo de esteviol). [s.l.]: Color Andina Foods. 2024.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementando e alterando a Resolução nº 357/2005. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2011. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627. Acesso em: 28 abr 2026.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 28 abr 2026.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 273, de 29 de novembro de 2000**. Dispõe sobre a prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2000. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=273. Acesso em: 28 abr 2026.

COPPI, Industrial. **Balança de fluxo graneleira** - Coppi Industrial. 202-?a. Disponível em: <<https://www.coppi.ind.br/pt-br/produto/114/balanca-de-fluxo-graneleira>>. Acesso em: 18 fev. 2026.

COPPI, Industrial. **Balança de fluxo industrial** - Coppi Industrial. 202-?b. Disponível em: <<https://www.coppi.ind.br/pt-br/produto/68/balanca-de-fluxo-industrial>>. Acesso em: 18 fev. 2026.

COPPI, Industrial. **Descarregador de big-bags e sacos** - Coppi Industrial. 202-?c. Disponível em: <<https://www.coppi.ind.br/pt-br/produto/82/descarregador-de-bigbag-e-sacos>>. Acesso em: 18 fev. 2026.

COPPI, Industrial. **Moega de recepção rasca sacos** - Coppi Industrial. 202-?d. Disponível em: <<https://www.coppi.ind.br/pt-br/produto/87/moega-de-recepcao-rasca-sacos>>. Acesso em: 18 fev. 2026.

CORREA, Aline de Carvalho. *Et al.* Fructan-type prebiotic dietary fibers: Clinical studies reporting health impacts and recent advances in their technological application in bakery, dairy, meat products and beverages. **Carbohydrate Polymers**, v. 323, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121396>

DELGADO-PANDO, Gonzalo; *Et al.* Clean Label Alternatives in Meat Products. **Foods**, v. 10, n. 7, 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10071615>

DEY, Somdip. *Et al.* FoodSQRBlock: Digitizing Food Production and the Supply Chain with Blockchain and QR Code in the Cloud. **Sustainability**, v. 13, n. 6, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13063486>

DOING MACHINE. **Secador de Leito Fluidizado Vibratório**. 202-?. Disponível em: <https://www.doing-machine.com/pt/vibrating-fluid-bed-dryer>. Acesso em: 03 mar 2026.

ELLAHI, Rizwan Matloob; WOOD, Lincoln C., BEKHIT, Alaa El-Din Ahmed. Blockchain-Based Frameworks for Food Traceability: A Systematic Review. **Foods**, v. 12, N. 16, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12163026>

FABRIMETAL. **Ousodeporta-paletesemarmazenagem**. 2019. Disponível em: <https://fabrimetalarmazenagem.com.br/blog/porta-paletes-em-armazenagem/>. Acesso em: 07 mar 2026. FARALDO, F.; BYRNE, P. A review of energy-efficient technologies and decarbonating solutions for process heat in the food industry. **Energies**, v. 17, 2024. <https://doi.org/10.3390/en17123051>

FRISKE, Hadassa Landherr. *Et al.* Blockchain como facilitador da rastreabilidade dos alimentos: revisão bibliográfica (2020 –2025). **Revista Eletrônica Da Faculdade De Alta Floresta**, v. 14, n. 1, p. 25-38, 2025. <https://refaf.com.br/index.php/refaf/article/view/464>

GARCÍA, Damián Valverde; PÉREZ ESTEVE, Édgar; BARAT BAVIERA, José Manuel. Changes in cocoa properties induced by the alkalization process: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12581>.

GEA. **Powder Silos**. 2026. Disponível em: <https://www.gea.com/pt/products/product-handling-systems/powder-storage/powder-silos/>. Acesso em: 05 mar 2026.

GERICKE, Powder Trends. **Misturador industrial de pó:** para que servem e como não errar na escolha. 2023. Disponível em: <https://br.gerickegroup.com/blog/misturador-industrial-de-po-para-que-servem-e-como-nao-errar-na-escolha/#:~:text=O%20papel%20de%20um%20misturador,ser%20acoplado%20com%20um%20dosador..> Acesso em 22 fev. 2026.



GOMES, Cássio Rodrigo Dias; HANSEN, Éverton. Análise comparativa entre estações compactas e convencionais para o tratamento de efluentes no município de dois irmãos, RS. **RT&T**, v. 10, n. 2, p. 121-136, 2019. <https://doi.org/10.25112/rtt.v10i2.1980>

GÓMEZ-FERNÁNDEZ, Andrea R. Et al. Sugar-Free Milk Chocolate as a Carrier of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Probiotics: A Potential Functional Food for the Diabetic Population. **Foods**, v. 10, n. 8, 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10081866>

GOYA, Luis; KONGOR, Jonh Edem; PASCUAL-TERESA, Sonia de. From Cocoa to Chocolate: Effect of Processing on Flavanols and Methylxanthines and Their Mechanisms of Action. **Int. J. Mol. Sci.**, v. 23, n. 22, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijms232214365>

GRUSKIENE, Ruta; LAVELLI, Vera; SEREIKAITE, Jolanta. Application of inulin for the formulation and delivery of bioactive molecules and live cells. **Carbohydrate Polymers**, v. 327, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121670>

GTAIC. Global Trade Algorithmic Intelligence Center. **Cocoa Trade Realigns Toward Emerging High-Growth Markets**. [s.l.], 2025a. Disponível em: <https://gtaic.ai/trends/cocoa-trade-realigns-toward-emerging-high-growth-markets>. Acesso em: 01 maio 2026.

GTAIC. Global Trade Algorithmic Intelligence Center. **Global Chocolate Trade: Demand Strength Persists Despite Price Pressures**. [s.l.], 2025b. Disponível em: <https://gtaic.ai/market-reports/global-cocoa-trade-demand-strength-price-pressures>. Acesso em: 01 maio 2026.

HARDIYANTO, Y. F. et al. The effect of steaming time and types of cocoa powder on the characteristics of instantized cocoa powder made using batchtype steam jet agglomerator. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 653, n. 012089, 2021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012089>

HINOJOSA-GONZÁLEZ, Juan José. Et al. Development of dark chocolate with inulin and sweetened with stevia extract obtained by pressurized hot water. **Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales**, v. 11, n. 2, p. 32-47, 2024. <https://doi.org/10.23850/24220582.6447>

HÖRMANN-KINCSES, Theresa R. et al. Predicting powder feedability: A workflow for assessing the risk of flow stagnation and defining the operating space for different powder-feeder combinations. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 629, n. 122364, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2022.122364>

HOSOKAWA MICRON BV. **AGGLOMERATION: System for Powders & Bulk Solids**. 2026. Disponível em: <https://hosokawa-micron-bv.com/technologies/agglomeration/continuous-agglomeration-system>. Acesso em: 02 mar 2026.

HOSSAIN, Md Nur; Et al. Impact of encapsulating probiotics with cocoa powder on the viability of probiotics during chocolate processing, storage, and in vitro gastrointestinal digestion. **J. Food Sci.**, v. 86, p. 1629-164, 2021. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15695>

HOSSAIN, Md Nur; Et al. Production of short chain fatty acids and vitamin B12 during the in-vitro digestion and fermentation of probiotic chocolate. **Food Bioscience**, v. 47, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101682>

HUANG, Chengxia. Et al. Properties, extraction and purification technologies of Stevia rebaudiana steviol glycosides: A review. **Food Chemistry**, v. 453, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139622>

ICCO. International Cocoa Organization. **Annual Report 2024 | 2025**. [s.l.], 2025a. Disponível em: <https://www.icco.org/wp-content/uploads/ICCO-Annual-Report-2024-2025-EN.pdf>. Acesso em 30 abr 2026.

ICCO. International Cocoa Organization. **Statistics**. [s.l.], 2025b. Disponível em: <https://www.icco.org/statistics/#review>. Acesso em: 01 mai 2026.

IFS. International Featured Standards. **IFS Guideline for an effective Foreign Body Management**. 3ª Ed. IFS: Berlim, 2025.

IFSA. International Flight Services Association. **World Food Safety Guidelines for Airline Catering 2022**. Version 5. [S.l.]: IFSA, 2022.

IMETAL, Grupo. **Linha Misturadores Contínuos**. 202-?. Disponível em: <https://grupoimetal.com.br/produto/misturador-continuo-linha-leve/>. Acesso em: 22 fev. 2026.

INGUGLIA, Elena S. et al. Addressing Clean Label Trends in Commercial Meat Processing: Strategies, Challenges and Insights from Consumer Perspectives. **Foods**, v. 12, n. 10, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12102062>

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 248 de 17 de julho de 2008**. Aprova o Regulamento Técnico Metrológico que estabelece os critérios para verificação do

conteúdo líquido de produtos pré-medidos com conteúdo nominal igual, comercializados nas grandezas de massa e volume. 2008. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=207765>. Acesso em 06 mar 2026.

ISHIDA. **ACP-700**. 2026. Disponível em: <https://www.ishida.com/ww/br/products/packing/autocasepacker/acp-700.cfm>. Acesso em: 07 mar 2026.

ITAL. Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Chocolates industrializados**: alimentos para socialização e nutrição. 1. ed. São Paulo, SP : BB Editora : ABICAB, 2023.

JACKSON, Peter Philip James; WIJEYESEKERA, Anisha; RASTALL, Robert Adrian. Inulin-type fructans and short-chain fructooligosaccharides—their role within the food industry as fat and sugar replacers and texture modifiers—what needs to be considered!. **Food Science & Nutrition**, v. 11, p. 17-38, 2023. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3040>

JASPERS, Maarten; *Et al.* Batch versus continuous blending of binary and ternary pharmaceutical powder mixtures. **Int J Pharm X**, v. 4, n. 100111, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijpx.2021.100111>

JIANG, Hedong. *Et al.* A Comprehensive Review of the Rehydration of Instant Powders: Mechanisms, Influencing Factors, and Improvement Strategies. **Foods**, v. 14, n. 2883. 2025. <https://doi.org/10.3390/foods14162883>

JUVINAL, Joel G. *Et al.* Physico-Chemical Property, Sensory Profile and Consumer Acceptability of Water Buffalo (*Bubalus bubalis* L.) Chocolate Milk Using Alkalized and Natural Cocoa Powder. **Foods**, v. 12, n. 9, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12091797>

KAJZER, Monika; DLOWKSZ, Anna. The Clean Label Concept: Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking. **Appl. Sci.**, v. 11, n. 13, 2021. <https://doi.org/10.3390/app11136129>

KARIMI, Isaac. *Et al.* Inulin as a Biopolymer; Chemical Structure, Anticancer Effects, Nutraceutical Potential and Industrial Applications: A Comprehensive Review. **Polymers**, v. 17, n. 3, 2025. <https://doi.org/10.3390/polym17030412>

KHETO, Ankan. *Et al.* Utilization of inulin as a functional ingredient in food: Processing, physicochemical characteristics, food applications, and future research directions. **Food Chemistry Advances**, v. 3, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100443>

LIM, Pei Yiin. *Et al.* Effect of inulin, fructo-oligosaccharide, trehalose or maltodextrin (M10 and M30) on the physicochemical and sensory properties of dark compound chocolate. **LWT**, v. 149, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111964>

LIMA, Danilo Lins Sant'Ana de. *Et al.* The complexities of plastic waste legislation implementation: a comparative study across the European Union, United States, and Brazil. **J Mater Cycles Waste Manag**, 2026. <https://doi.org/10.1007/s10163-026-02570-y>.

LIMA, Fabiano Roberto S. de. **Viabilidade econômica e financeira de projetos**. Volta Redonda, RJ: FERP, 2019.

LIRA, Ana Claudia de Q.; SILVA, Ariella Eleotério de Santana. Estudo de viabilidade econômico-financeira aplicado a um projeto de investimento. **Revista Científica Multidisciplinar**, v.6, n.1, 2025. <https://doi.org/10.47820/recima21.v6i1.6276>.

LUCAS, Marco S. et al. Industrial wastewater treatment by coagulation–flocculation and advanced oxidation processes: a review. **Water**, v. 17, n. 13, p. 1934, 2025. <https://doi.org/10.3390/w17131934>

LUTHFIYAH. R. A. *Et al.* Investigating the performance of Steam Jet Agglomerator as a mean to produce Instantised Cocoa Drink. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 355, 2019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/355/1/012044>

MAHATO, Dipendra Kumar. *Et al.* Optimisation of natural sweeteners for sugar reduction in chocolate flavoured milk and their impact on sensory attributes. **International Dairy Journal**, v. 115, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104922>

MELO, Liceth J; ORJUELA, Alvaro; GUERRERO, Elmer. Improvement of industrial processes in Colombia. Case study: Cocoa pressing process in a chocolate factory. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 183, p. 307-317, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.05.013>.

MONTEIRO, Sara; *Et al.* Development of a Functional Dark Chocolate with Baobab Pulp. **Foods**, v. 12, n. 8, p. 1711, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12081711>.



- MORAN, J. M. *Et al.* **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 8. ed. Rio de Janeiro : LTC, 2018. NEOVITA FOODS EIRELLI. **Ficha técnica:** inulina. [s.l.]: Neovita Foods Eirelli, 202-?.
- OBA, Ş.; YILMAZ, O. Effects of different prebiotic agents on the color and sensory properties of chocolate powder drinks. **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, v. 26, n. 4, p. 501-518, 2022. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1100382>
- PAL, Anindita; CHAKRABORTY, Poulami; GANDHI, Radhika. Nutritional and Functional Properties of Prebiotic Enriched Chocolates. **Indian Journal Of Science And Technology**, v. 17, p. 426–435, 31 jan. 2024. <https://doi.org/10.17485/IJST/V17I5.522>
- PALABIYIK, Ibrahim. *Et al.* Investigation of cold plasma technique as an alternative to conventional alkalization of cocoa powders. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 88, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103440>.
- PALMA-MORALES, Marta; *Et al.* Factors affecting consumer perception and acceptability of chocolate beverages. **LWT**, v. 201, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116257>
- PALO, Emma; IAQUANIELLO, Gaetano; MOSCA, Lorena. Calculate the production costs of your own process. *In*: BASILE, Angelo; *Et al.* **Studies in Surface Science and Catalysis**. United States: Elsevier, 2020.
- PIMENTEL, Tatiana Colombo. *Et al.* Prebiotics in non-dairy products: Technological and physiological functionality, challenges, and perspectives. **Food Bioscience**, v. 46, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101585>
- RIANO, Avita Dwi Haryani; FAUZIAH, Luluk. Improving Raw Material Quality Control System to Minimize Defects in Food Logistics Operations. **Academic Journal of Digital Economics and Stability**, v. 38, n. 3, 410-419, 2025. <https://doi.org/10.51699/economics.v38i3.656>
- ROBIN, Frédéric; COMMEUREUC, Stéphanie. **Powdered beverage composition**. Depositante: Societe des Produits Nestle SA. EP3253223A1. Depósito: 08 fev 2016. Concessão: 03 jun 2020. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/EP3253223A1/en>. Acesso em: 14 mar 2026.
- RUSSELL FINEX. **Peneiras vibratórias**. 2026. Disponível em: https://www.russellfinex.com/br/equipamento-de-separacao/peneiras-vibratorias/peneira-vibratoria/?_gl=1*e6ncnw*_up*MQ.*_gs*MQ.&gclid=Cj0KCQiA8KTNBhD_ARIsAOvp6D1vfCZS8fqvEJY19geYP8dYWIAfEO9RtfVaEGboeiPVIGHzOoNcXdYaAhfoEALw_wcB&gbrad=0AAAAAD3eHX231f2Qx_F-DS-MS5Cg2Fgq3. Acesso em: 03 mar 2026.
- SARITAŞ, Sümeyye; *Et al.* Functional chocolate: exploring advances in production and health benefits. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 59, n. 8, p. 5303–5325, 2024, <https://doi.org/10.1111/ijfs.17312>.
- SEBRAE. **Como definir o preço de venda e garantir lucro no seu negócio**. [s.l.], 2026. Disponível em: <https://sebrae.com.br/empreendedores/conteudos/gerenciar/como-definir-o-preco-de-venda-e-garantir-lucro-no-seu-negocio>. Acesso em: 24 abr 2026.
- SELVASEKARAN, Pavidharshini; CHIDAMBARAM, Ramalingam. Advances in formulation for the production of low-fat, fat-free, low-sugar, and sugar-free chocolates: an overview of the past decade. **Trends in Food Science & Technology**, v. 113, p. 315–334, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.008>
- SHARMA, Shilpa. *Et al.* Exploring Plant Tissue Culture and Steviol Glycosides Production in Stevia rebaudiana (Bert.) Bertoni: A Review. **Agriculture**, v. 13, n. 2, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020475>
- SILVA, Cleuber R. *Et al.* Effect of maltodextrin and inulin addition on the dairy-based powders properties. **Drying Technology**, v. 42, n. 4, p. 612-621, 2023. <https://doi.org/10.1080/07373937.2023.2294352>
- SILVA; Ana Karoline de Almeida; CALLADO, Nélia Henriques; SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. ETES compactas: controle operacional e de processos em associações tecnológicas de reator anaeróbio com diferentes configurações de pós-tratamento. **Rev. Gest. Água Am. Lat.**, Porto Alegre, v. 20, 2023. <https://dx.doi.org/10.21168/reg.v20e24>
- SINGH, R. Paul, HELDMAN, Dennis R., ERDOGDU, Ferruh. **Introduction to Food Engineering**. 6. ed. [s.l.]: Elsevier. 2025.
- SIORIKI, Eleni. *Et al.* Impact of alkalization conditions on the phytochemical content of cocoa powder and the aroma of cocoa drinks. **LWT**, v. 145, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111181>
- SIQUEIRA, Kennya B. Novas tendências guiam o mercado de alimentos. **Agroanalysis**, v. 42, n. 7, p. 26-27, 2022. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1145438>

SOLDERA, Denis; KÜHN, Daniela Dias. Indicadores de viabilidade financeira: considerações sobre instrumentos de análise. In: WIVES, Daniela Garcez; KÜHN, Daniela Dias. **Gestão e planejamento de agroindústrias familiares**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2018.

SUCKLING, J. Et al. Environmental life cycle assessment of production of the high intensity sweetener steviol glycosides from *Stevia rebaudiana* leaf grown in Europe: The SWEET project. **Int J Life Cycle Assess**, v. 28, p. 221–233, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02127-9>

SULTANA, Afroza. et al. Exploring conventional and emerging dehydration technologies for slurry/liquid food matrices and their impact on porosity of powders: A comprehensive review. **Compr Rev Food Sci Food Saf**, v. 23, n. e13347, 2024. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13347>

SUN, Yanyu. Et al. Extraction, physicochemical properties, bioactivities and application of natural sweeteners: A review. **Food Chemistry**, v. 457, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140103>

SZULC, Agnieszka; Et al.. Powder agglomeration processes of bulk materials – A state of the art review on different granulation methods and applications. **Powder Technology**, v. 431, n. 119092, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2023.119092>

TADINI, Carmen C. **Operações unitárias na indústria de alimentos**. 1. ed. [Reimpr.]. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

TADINI, Carmen Cecília; GUT, Jakob Alberto W. The importance of heating unit operations in the food industry to obtain safe and high-quality products. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, 2022. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.853638>

TAVARES, Wanessa Moura. **Produção de achocolatado em pó instantâneo**. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Natal/RN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química, 2024.

TBCA. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Universidade Federal de São Paulo (USP). Centro de Pesquisa em Alimentos (FoRC). Versão 7.3, São Paulo, 2025. Disponível em: https://www.tbca.net.br/base-dados/int_composicao_alimentos_2_edit.php?n0REd3kv7e86D%2BViXWYUnQ%3D%3D=yD9bSyr1NM78STGhyDTpRg%3D%3D. Acesso em: 09 maio 2025. TOLEDO, Romeo T.; SINGH, Rakesh K.; KONG, Fanbin. **Fundamentals of Food Process Engineering**. 6. ed. Cham: Springer International Publishing, 2018.

TUIGUNOV, Dilyar. Et al. Functionalization of Chocolate: Current Trends and Approaches to Health-Oriented Nutrition. **Processes**, v. 13, n. 5, 2025. <https://doi.org/10.3390/pr13051431>

TUŠEK, Kristina. Et al. Bioactives in Cocoa: Novel Findings, Health Benefits, and Extraction Techniques. **Separations**, v. 11, n. 4, 2024. <https://doi.org/10.3390/separations11040128>

UMALI, A. B. et al. Comparative evaluation of the physicochemical properties and prebiotic potential of cocoa (*Theobroma cacao* L.) bean shell and commercial cocoa powders with varying degrees of alkalization. **Discover Food**, v. 5, n. 85, 2025. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00353-2>

VID INDUSTRIA. **Dosadores de Pó**. 2024. Disponível em: <https://vidindustria.com.br/equipamentos/dosador-de-po-50-litros/>. Acesso em: 06 mar 2026.

VISSOTTO, Fernanda Z. **Estudo do processo de aglomeração com vapor e perda de qualidade por caking de achocolatados em pó**. 258 f. 2014. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP, 2014.

VISSOTTO, Fernanda Zaratini et al. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 666–671, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000300028>

WAHYUDIN, M.; WAGIMAN; KHULSUM, V. F. Analytical Hierarchy Process of Instant Chocolate Drink Development based-on Consumer Preferences. **Agroindustrial Journal**, v. 7, n. 2, p. 492–495, 2020. <https://doi.org/10.22146/aij.v7i2.64649>

WONG, Keat Yi. Et al. Effect of alternative sweetener and carbohydrate polymer mixtures on the physical properties, melting and crystallization behaviour of dark compound chocolate. **Food Chemistry**, v. 431, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137118>

YIBU. **FG Series Fluid Bed Dryer**. [s.l.], 202-?. Disponível em: <http://materialdryer.com/1-2-2-vertical-fluid-bed-dryer/index.html>. Acesso em: 13 maio 2026.



Anexo A

Métodos de análise de composição centesimal

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**

As análises de composição centesimal do CP70 foram realizadas no Complexo de Laboratórios de Engenharia de Alimentos (CLEA) do Departamento de Engenharia de Alimentos (DEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), em Natal/RN. Todas as determinações foram conduzidas em triplicata, independentemente do tipo de análise. O teor de carboidratos foi estimado por diferença, considerando o total de 100%. Todos os resultados convertidos para base úmida e expressos em g/100 g.

Umidade

O teor de umidade foi determinado por gravimetria, conforme o método 925.10 da AOAC (2005), com adaptações. Aproximadamente 5 g de amostra foram pesados em cadinhos previamente secos (3 h a 105 °C) e submetidos à secagem em estufa a 105 °C por 24 h.

Após a secagem, os cadinhos foram resfriados em dessecador até temperatura ambiente e novamente pesados. O teor de umidade foi calculado pela diferença de massa antes e após a secagem.

Conteúdo de Cinzas

O teor de cinzas foi determinado conforme o método 923.03 da AOAC (2005), com adaptações. Aproximadamente 5 g de amostra foram pesados em cadinhos previamente secos (3 h a 105 °C) e submetidos à secagem em estufa a 105 °C por 24 h. As amostras secas foram então carbonizadas e, posteriormente, calcinadas em mufla a 550 °C por 6 h.

Após a calcinação, os cadinhos foram resfriados em dessecador até temperatura ambiente e novamente pesados. O teor de cinzas foi determinado pela massa do resíduo mineral remanescente após a incineração.

Gordura

A determinação do teor de lipídeos foi realizada conforme o método 2003.06 da AOAC (2005), com adaptações. Aproximadamente 2 g de amostra foram pesados em cartuchos de celulose e submetidos à extração em sistema de extrator de lipídios, utilizando éter de petróleo como solvente por 6 h.

Após a extração, o solvente foi removido recuperado, e o resíduo lipídico foi seco até a massa constante. O teor de lipídeos foi determinado gravimetricamente pela massa do extrato obtido.

Fibra Alimentar

A quantificação das fibras alimentares foi realizada pelo método não enzimático-gravimétrico, baseado na metodologia 993.21 da AOAC (2025), com adaptações. Inicialmente, 0,5 g de amostra seca (m_1) foram pesados em béqueres de 250 mL, aos quais foram adicionados 25 mL de água destilada. As amostras permaneceram em repouso em banho termostatzado a 37 °C por 90 minutos, para adequada hidratação da matriz.

Após esse período, foram adicionados 100 mL de etanol a 95% (v/v), promovendo a precipitação das fibras solúveis. As amostras foram mantidas em repouso por 1 hora à tem-

peratura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$). Em seguida, procedeu-se à filtração a vácuo, utilizando papel de filtro previamente seco e tarado. O resíduo retido foi lavado sequencialmente 2 vezes com 20 mL de etanol a 78% (v/v), 2 vezes com 20 mL de etanol a 95% (v/v) e, por fim, com 10 mL de acetona, visando à remoção de açúcares, compostos de baixo peso molecular e lipídios residuais.

Posteriormente, os filtros contendo o resíduo foram secos em estufa com circulação de ar a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 22 h. Após secagem, os materiais foram resfriados em dessecador e pesados. O filtrado seco foi transferido para cadinhos previamente secos e tarados foram pesados (m_2), e colocados para calcinação à $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 6 h. Após a calcinação, o material foi colocado para resfriar em dessecador e pesado (m_3).

O teor de fibra alimentar foi determinado pela massa do resíduo seco (m_4), obtida pela diferença entre a massa do conjunto (filtro + resíduo) e a massa do filtro previamente seco, subtraída da massa das cinzas, obtida pela diferença entre a massa do conjunto (cadinho + cinzas) e a massa do cadinho previamente seco, dividido pela massa da amostra integral, conforme a equação 01.

$$\text{Fibra Alimentar (\%)} = \left(\frac{m_4 - (m_3 - m_2)}{m_1} \right) \cdot 100 \quad 01$$

Proteína

A quantificação de proteínas foi realizada conforme o método 978.04 da AOAC (2005), com adaptações. Aproximadamente 0,1 g de amostra foram pesados em tubos de digestão, aos quais foram adicionados 2,5 g de mistura catalítica (sulfato de potássio e sulfato de cobre, na proporção 10:1 m/m) e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado (98%). A digestão foi conduzida em bloco digestor a $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ até a obtenção de solução translúcida com coloração esverdeada.

Após resfriamento à temperatura ambiente, foram adicionados 5 mL de água destilada e três gotas de fenolftaleína, sendo as amostras submetidas à destilação em sistema de destilação de nitrogênio. Adicionou-se solução de hidróxido de sódio a 40% até alcalinização do meio, seguida de destilação, com coleta de aproximadamente 45 mL do destilado em 5 mL de ácido bórico a 4%, contendo quatro gotas de solução indicadora (vermelho de metila 0,2% e azul de metileno 0,2%, na proporção 2:10 v/v).

O destilado foi titulado com solução de ácido clorídrico 0,1 M, previamente padronizada. O teor de nitrogênio foi calculado a partir do volume de titulante consumido, com a aplicação do fator de conversão 6,25, conforme a equação 02.

$$\begin{aligned} \text{Proteínas Totais (\%)} \\ = \left[\frac{(V_A - V_B) \cdot f_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{HCl}} \cdot F \cdot M_N}{P} \right] \cdot 100 \quad 02 \end{aligned}$$

Onde:

V_A é o volume gasto na titulação das amostras com HCl em L;
 V_B é o volume gasto na titulação do branco com HCl em L;
 f_{HCl} é o fator de correção da solução de HCl;
 M_{HCl} é a concentração ideal da solução de HCl (0,1 M);
 F é o fator de conversão de nitrogênio total em proteína;
 M_N é a massa do nitrogênio;
 P é a massa real da amostra em g.

REFERÊNCIA

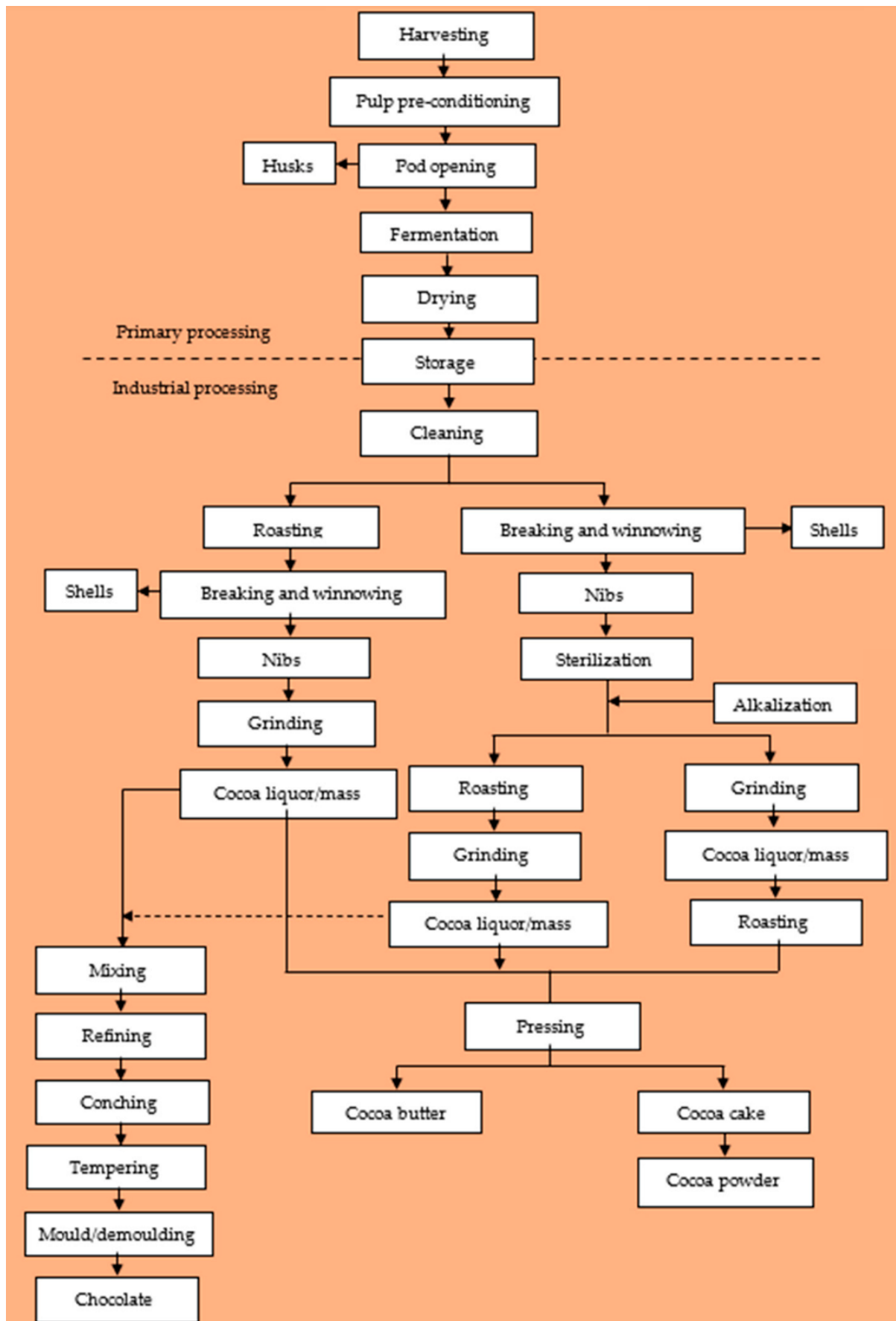
AOAC. ***Official methods of analysis of AOAC International***. 18. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.



Anexo B

Fluxograma de produção de produtos derivados do cacau

**DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE EM PÓ *CLEAN LABEL* 70% CACAU:
um produto zero açúcares adicionados e rico em fibras**



Fonte: Goya; Kongor; Pascual-Teresa (2022)

REFERÊNCIA

GOYA, Luis; KONGOR, Jonh Edem; PASCUAL-TERESA, Sonia de. From Cocoa to Chocolate: Effect of Processing on Flavanols and Methylxanthines and Their Mechanisms of Action. **Int. J. Mol. Sci.**, v. 23, n. 22, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijms232214365>.

