

Caio Henrique Silva Souza 99131
Eduardo Favoretto Vale Bom 108139
Gabriel Rodrigues Munhoz 106802
João Vítor Batistão 108074

Processo Agroindustrial de Processamento de Cacau

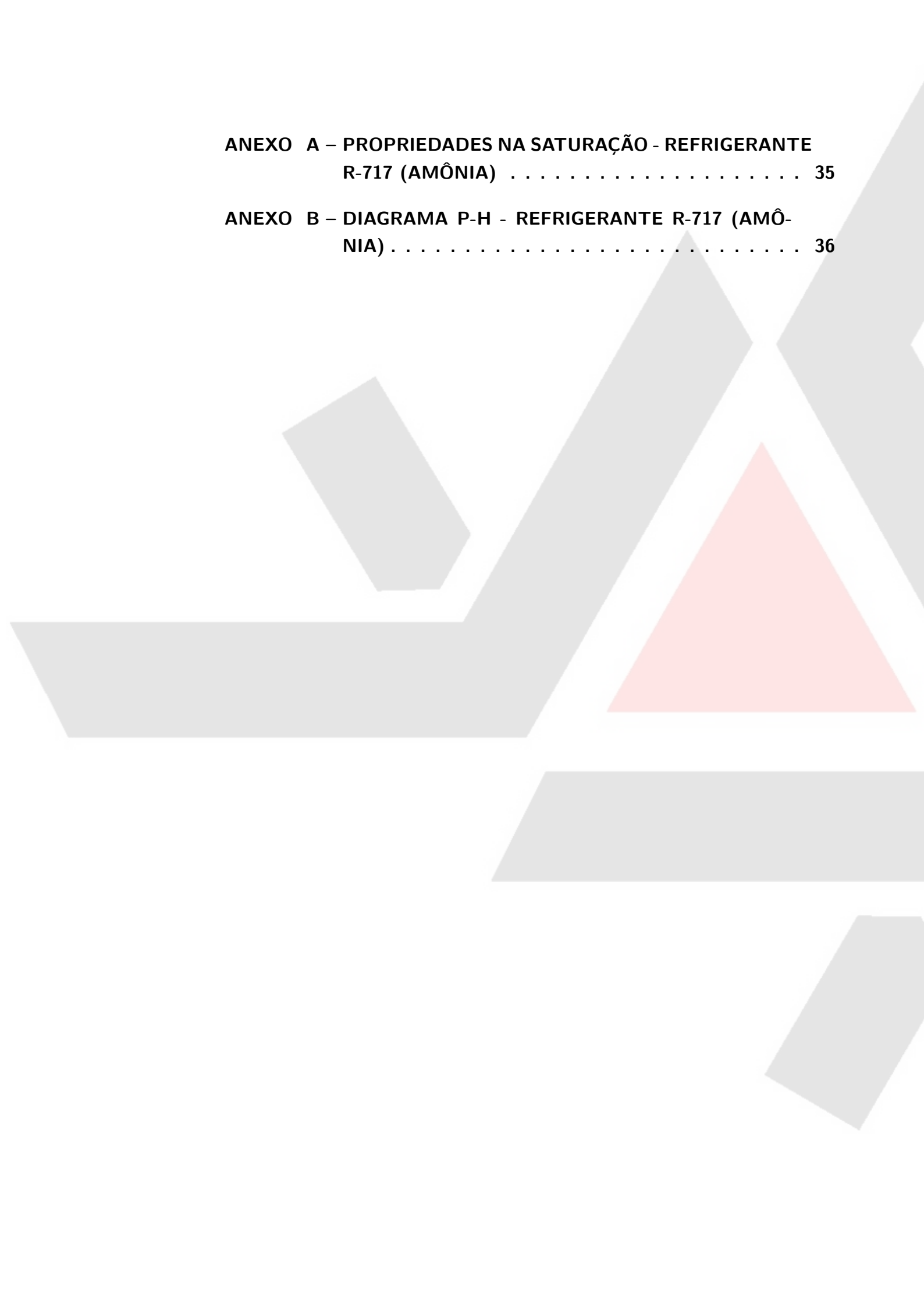
Maringá, PR

01.02.2022

Sumário

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização do Tema	3
1.2	Objetivos	3
1.2.1	Objetivo Geral	3
1.2.2	Objetivos Específicos	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	Histórico	4
2.1.1	História Mundial	4
2.1.2	Chegada do cacau na Europa	4
2.1.3	Cacau no Brasil	5
2.1.4	Dados Atuais	6
2.1.5	Avanços do processamento	6
2.2	Matéria-prima	6
2.3	Produto	8
2.3.1	Importância Nutricional	8
2.3.2	Importância Ambiental	10
2.3.3	Importância Cultural	11
3	MERCADO	12
4	NORMAS E LEIS REGULAMENTADORAS	14
5	PROCESSO DE PRODUÇÃO	17
5.1	Fluxo de produção projetado	18
5.2	Resíduos da produção	22
5.2.1	Tratamento dos efluentes	23
5.2.2	Tratamento dos resíduos sólidos	23
5.2.3	Tratamento dos resíduos pós-consumo	24
6	BALANÇO DE MASSA	25
7	BALANÇO DE ENERGIA	28
8	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32

ANEXO A – PROPRIEDADES NA SATURAÇÃO - REFRIGERANTE R-717 (AMÔNIA)	35
ANEXO B – DIAGRAMA P-H - REFRIGERANTE R-717 (AMÔNIA)	36



1 Introdução

1.1 Contextualização do Tema

O cacau é um fruto da espécie *Theobroma cacao* L. que possui origem na região amazônica e seu uso, segundo arqueólogos equatorianos e franceses, já era realizado há cerca de 5.500 anos pelos povos amazônicos (UNESCO, 2016). No entanto, foi no século XVII que acabou se tornando um produto agrícola e cultivado em diferentes locais da América do Sul e Central devido a disseminação do cultivo pelos espanhóis, e posteriormente se expandindo aos poucos pelo mundo. (SENAR, 2018)

Existem 6 principais produtos a partir do fruto de cacau: mel, polpa, nibs, chocolate, manteiga e cacau em pó, além da própria amêndoa do cacau e casca que também pode ser comercializada de uma forma menos processada. A maior parte desses produtos são voltados para o setor alimentício, no entanto é possível verificar aplicações também no setor cosmético e no setor de geração de energia. (HANSEN, 2016)

Com mais da metade da produção nacional, 62%, o sul da Bahia é a principal região produtora de cacau, seguida pela região norte do Brasil com 34% e o restante da produção, 4%, espalhada pelo país (SENAR, 2018). O Brasil é o 7º maior produtor do mundo e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) o Brasil produziu em torno de 310 mil toneladas. (ICCO, 2021)

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Estudar o processamento de cacau na agroindústria, mais especificamente a produção de chocolate, abrangendo desde a parte normativa do setor, até o entendimento do mercado do produto em questão e as análises técnicas dos processos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar o mercado, normas regulatórias, oportunidades e desafios do setor.
- Realizar o mapeamento dos processos de uma produção de chocolate desde o recebimento da amêndoa até a embalagem, estoque e distribuição do produto final.
- Calcular os balanços de massa e energia que são inerentes ao processo de produção.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Histórico

2.1.1 História Mundial

A árvore do cacau que se chama cacaueiro encontrou excelentes condições para o cultivo no território que hoje é conhecido como México há mais de 3.000 anos. Quem habitava o local naquela época era a civilização dos Olmecas, mas após o desaparecimento de tal civilização, os Maias foram para essa área e utilizavam o cacau para produção de bebidas amplamente utilizadas em rituais. (BATISTA, 2008)

Farrow (2005) comenta que 600 a.c. os próprios Maias implementaram as primeiras plantações de cacau em Yucatan e na Guatemala. (BATISTA, 2008)

O chocolate era amplamente consumido por vários povos pré-colombianos, Maias, Incas e Astecas produziam amplamente, porém os incas chegaram ao nível de produzir em escala a ponto de ser suficiente para toda população, já com os Maias e Astecas só a nobreza tinha tal privilégio.

2.1.2 Chegada do cacau na Europa

No ano de 1502, com a chegada de Cristóvão Colombo nas américas, houve o primeiro contato europeu com o cacau, quando um chefe asteca presenteou os marinheiros de Cristóvão com a bebida. No entanto era uma bebida amarga e picante e o europeu não deu a mínima importância. (BATISTA, 2008)

O produto foi realmente trazido para a Europa quando o Espanhol Hernando Cortez chegou no México com o intuito de conquistar as terras, porém o povo Asteca os recebeu com cordialidade por acreditarem ser uma reencarnação. Com isso, foi possível a troca e o conhecimento das tradições dos astecas pelos Espanhóis e o cacau/chocolate. Tal especiaria foi levada para a Europa e amplamente explorado para fins comerciais e entre os dois povos. (BATISTA, 2008)

Neste momento, o chocolate era altamente utilizado pela nobreza juntamente com mel para amenizar o amargor. Tal bebida era extremamente utilizada pela realeza e nobreza, sendo uma das principais bebidas e mais utilizadas na região, porém somente na Espanha.

Em meados de 1615 o casamento entre o francês Luís XIII com a infanta Espanhola confirmou a adoção do produto também na França que passou a fazer parte da corte.

2.1.3 Cacau no Brasil

No Brasil a chegada do cacau se deu no século XVIII na Bahia e com o clima propício para a produção do cacau a região rapidamente se tornou produtora do cacau, produzindo mais de 300 mil toneladas ao ano. (SENAR, 2018) (BATISTA, 2008)

Segundo Lima, 2008 outros estados como o Pará e Rondônia são produtores de cacau até os dias atuais.

Segundo os dados do último Censo Agropecuário (2017), Há mais de 93 mil estabelecimentos produtores de cacau no País, sendo 69 mil na Bahia (74% do total) e 18 mil no Pará (19%). Em 2019 o Brasil já alcançava a marca de mais de 250 mil toneladas produzidas como consta na figura 1. (BATISTA, 2008)

Figura 1 – Desempenho do Brasil em 2019 na atividade agrícola do cacau

Ano de 2019	Toneladas	Ranking global
Mundo	5.596.397	
Côte d'Ivoire	2.180.000	1
Ghana	811.700	2
Indonesia	783.978	3
Nigeria	350.146	4
Ecuador	283.680	5
Cameroon	280.000	6
Brazil	259.425	7
Peru	135.928	8
Colombia	102.154	9
Dominican Republic	88.961	10
Demais (47 países)	320.425	-

Fonte: (FIESP, 2021)

No Brasil o cultivo gera mais de 269 mil empregos diretos.

Segundo os dados do Ministério da Agricultura, a lavoura da amêndoa gerou R\$ 3,8 bilhões de valor bruto da produção agrícola (VBPA) em 2020, segundo os dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Os estados do Pará e da Bahia representaram 94% desse total. (FIESP, 2021)

2.1.4 Dados Atuais

A produção global de cacau atual é de aproximadamente 4.84M de toneladas, sendo a o continente africano o líder da produção com um market share de 76,1%. (FIESP, 2021)

O Brasil é o sétimo maior produtor de cacau do mundo, sendo uma produção anual de 259.425 toneladas.

Segundo os dados do último Censo Agropecuário (2017), Há mais de 93 mil estabelecimentos produtores de cacau no País, sendo 69 mil na Bahia (74% do total) e 18 mil no Pará (19%). (FIESP, 2021)

No Brasil o cultivo gera mais de 269 mil empregos diretos.

Segundo os dados do Ministério da Agricultura, a lavoura da amêndoa gerou R\$ 3,8 bilhões de valor bruto da produção agrícola (VBPA) em 2020, segundo os dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Os estados do Pará e da Bahia representaram 94% desse total. (FIESP, 2021)

2.1.5 Avanços do processamento

Antigamente o cacau era um privilégio da nobreza, porém atualmente com o avanço da tecnologia no processamento, o cacau se tornou amplamente utilizado pelo mundo todo. (WAGNER, 2020)

Técnicas como a Conchagem (os ingredientes refinados recebem mais adição de gordura e emulsificante, formando uma massa fluida) e os maquinários possibilitaram a expansão da produção do chocolate. (WAGNER, 2020)

2.2 Matéria-prima

O presente estudo tem como foco entender o processo de fabricação de chocolate através do cacau como matéria-prima. Analisando alguns dados sobre o cacau no mundo e no Brasil é possível afirmar que esse setor é muito promissor.

Atualmente a lavoura ocupa uma área de 617,5 mil hectares no País, e produz cerca de 310,5 mil toneladas, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A maior área de plantio está na Bahia, com 440 mil hectares, 71,2% da área de cacau no País, o Pará é o maior produtor, com 146,4 mil toneladas numa área de 149,8 mil hectares. A produção baiana, por sua vez, é de 106 mil toneladas. Juntos somam 93% da produção nacional. (IBGE, 2021)

Uma das causas da grande produção dessa matéria-prima no país é o ambiente favorável, o cacaueiro (*Theobroma cacao*) é uma frutífera tropical, originada da região amazônica.

Em relação aos métodos de produção do cacau foram identificados seis técnicas diferentes, e variações em dois desses métodos (Tabela 1). Esses métodos apresentam uma gradação entre o plantio completamente exposto ao sol (corte e queima) até aquele contendo um sombreamento denso (cabruca). A categoria ‘outros métodos’ reúne os de menor relevância em termos de área cultivada e, por isso, não foi incluída na Tabela 1. Esses seis métodos são descritos a seguir em seus respectivos contextos históricos, o que permite compreender sua origem e tentativa de diferenciação em relação às práticas correntes no momento da nova propositura. Assim, apresentam-se subdivididos em dois grandes períodos, caracterizados como o início de implantação da cacauicultura e o período de sua expansão e intensificação. (PIASENTIN; SAITO, 2014)

Tabela 1 – Principais métodos de implantação e manejo dos cacauais, seus procedimentos, vantagens e desvantagens.

Método e suas variações	Período provável de implantação do método	Procedimentos efetuados	Vantagens	Desvantagens
Corte e queima	1746	Corte de toda a vegetação nativa, seguido da queima. As sementes de cacau eram plantadas diretamente no campo sob a sombra de cultivos temporários, como mandioca e milho. Após a colheita, as plantas de cacau eram mantidas sem o sombreamento até que surgissem árvores espontâneas na área. Após sete a dez anos, o sombreamento era removido e a plantação, mantida a pleno sol	Elevada produtividade nos primeiros anos	Destruição das substâncias húmicas do solo; estresse das jovens plantas de cacau sem o sombreamento; vigorosa emergência de plantas espontâneas; elevada demanda de mão de obra; rápido envelhecimento da plantação
Corte sem queimada (Variação do método corte e queima)	Primeiras décadas de 1900	Os mesmos procedimentos do método de corte e queima eram efetuados, com exceção da queimada da vegetação derrubada	Conservação de substâncias húmicas do solo	A vegetação cortada deixada no solo atrapalhava a movimentação dos trabalhadores
Cabruca tradicional	Primeiras décadas de 1900	Corte da vegetação herbácea e do estrato intermediário. Raleamento da vegetação do dossel dominante, poupando-se do corte as árvores de maior porte, com copa alta e folhagem pouco densa. Na fase adulta dos cacauzeiros, raleava-se o sombreamento por meio de anelamento das árvores	Conservação de substâncias húmicas do solo; controle de plantas espontâneas; rápido desenvolvimento dos cacauzeiros; conservação da sociobiodiversidade; economia em mão de obra	Queda de folhas, galhos e árvores mortas sobre os cacauzeiros, podendo danificá-los; baixa produtividade
Cabruca mantida apenas no sombreamento provisório (Variação do método cabruca tradicional)	Primeiras décadas de 1900	Os mesmos procedimentos do método cabruca tradicional eram efetuados para a formação do sombreamento. O sombreamento era removido após alguns anos do plantio dos cacauzeiros, ainda durante a fase juvenil	Conservação de substâncias húmicas do solo durante a fase juvenil dos cacauzeiros; maior produtividade dos cacauzeiros	Estresse das jovens plantas de cacau sem o sombreamento; rápido envelhecimento da plantação
Intermediário entre corte e queima e cabruca	Primeiras décadas de 1900	Derrubava-se a mata, poupando do corte um número menor de árvores em relação ao método cabruca	Fornecia imediatamente o sombreamento definitivo, sem a necessidade de raleamentos futuros	Queda de galhos mais frequente em relação ao que ocorre com a cabruca, pois as árvores isoladas eram menos resistentes ao vento

Tabela 1 – Principais métodos de implantação e manejo dos cacauais, seus procedimentos, vantagens e desvantagens.

Método e suas variações	Período provável de implantação do método	Procedimentos efetuados	Vantagens	Desvantagens
Derruba total	1964	Rocagem da vegetação rasteira e de toda a vegetação arbórea nativa. Após 30-60 dias, efetuava-se a queima da vegetação abatida. Plantio de mudas de bananeira para formação do sombreamento provisório e de mudas de espécies do gênero <i>Erythrina</i> para formação do sombreamento definitivo, com espaçamento de 24 x 24 m (densidade de 25-30 árvores de sombra por hectare)	Elevada produtividade nos primeiros anos de cultivo	Envelhecimento precoce das plantações; entrada em produção tardia; maior custo de implantação (quatro vezes mais caro em comparação ao método cabruca tradicional)
Cabruca tecnicamente formada	1978	Execução das operações culturais de acordo com os mesmos critérios recomendados para o método derruba total, com exceção do preparo da área e do raleamento do sombreamento. A densidade do sombreamento definitivo é de 25-30 árvores de sombra por hectare	Reduzida demanda em capital, mão de obra para a implantação do cacau (economia de 30%) e tempo na formação do cacau	Queda de árvores mortas e galhos sobre os cacaueiros devido ao raleamento
Consórcio cacau-seringueira	Década de 1980	Plantio de cacaueiros nas entrelinhas das seringueiras, originalmente estabelecidas no espaçamento de 7 x 3 m, com densidade de aproximadamente 450 cacaueiros por hectare	As receitas econômicas provenientes da heveicultura complementam as receitas provenientes da venda das amêndoas de cacau	Manejo das copas das seringueiras de difícil execução e custo elevado. Pode haver sombreamento excessivo para os cacaueiros

Fonte: (PIASENTIN; SAITO, 2014)

2.3 Produto

2.3.1 Importância Nutricional

Segundo a Unimed (UNIMED, 2022), alguns benefícios podem ser elencados quando se fala do chocolate e esses são:

- O chocolate proporciona uma grande sensação de bem-estar
- O consumo moderado de chocolate melhora o fluxo arterial
- Seu alto poder hidratante torna-o queridinho também no setor estético
- Contribui para a saúde cerebral, reduzindo danos de acidente vascular cerebral
- Reduz o estresse e alivia dores
- Melhora a saúde do coração
- Estimula o sistema nervoso central

- Diminui a sensação arterial
- Protege a pele do sol
- Diminui a fome

Mas pode-se elencar os benefícios por tipo de chocolate, o chocolate ao leite, chocolate meio amargo e amargo e chocolate branco.

O chocolate meio amargo e amargo são ótimos na circulação sanguínea, aumentam o colesterol bom, além de ser muito rico em alguns nutrientes, tais como o magnésio, ferro e selênio. O consumo moderado diário deste tipo de chocolate aumenta o metabolismo e reduz o apetite. (ZANIN, 2022)

Já o chocolate ao leite é o produto que tem menos gordura hidrogenada e por isso é o menos calórico.

Por fim, o chocolate branco tem uma característica principal de ter menos cafeína na sua composição e por oferecer mais energia ao corpo. (ZANIN, 2022)

Tabela 2 – Informações nutricionais do chocolate ao leite - 25g

	Quantidade por porção	% Valor diário
Valor energético	134 kcal	26,8 %
Carboidrato	15 g	20,0 %
Proteína	1,2 g	6,4 %
Gorduras totais	7,7 g	56,0 %
Gorduras saturadas	4,4 g	80,0 %
Sódio	11 mg	1,8 %
Colesterol	5,36 mg	0,9 %
Fibra alimentar	0,7 g	11,2 %
Cálcio	44,64 mg	17,8 %
Ferro	0,36 mg	7,9 %

Fonte: (FATSECRET, 2022)

Tabela 3 – Informações nutricionais do chocolate meio amargo - 25g

	Quantidade por porção	% Valor diário
Valor energético	131 kcal	7%
Carboidrato	14 g	5,0 %
Proteína	2 g	4,0 %
Gorduras totais	8,3 g	15,0 %

Tabela 3 – Informações nutricionais do chocolate meio amargo - 25g

	Quantidade por porção	% Valor diário
Gorduras saturadas	5,4 g	24,0 %
Sódio	12 mg	1,0 %
Gorduras trans	0 mg	-
Fibra Alimentar	2 g	6,0 %
Cálcio	35 mg	4,0 %

Fonte: (FATSECRET, 2022)

Tabela 4 – Informações nutricionais do chocolate amargo - 25g

	Quantidade por porção	% Valor diário
Valor energético	131 kcal	7%
Carboidrato	13 g	4,0 %
Proteína	2 g	3,0 %
Gorduras totais	9,2 g	17,0 %
Gorduras saturadas	5,8 g	26,0 %
Sódio	5 mg	0,4 %
Gorduras trans	0 mg	-
Fibra Alimentar	3 g	9,0 %
Cálcio	12,5 mg	8,0 %

Fonte: (FATSECRET, 2022)

2.3.2 Importância Ambiental

A produção do cacau vem se tornando cada vez mais ESG com o tempo, dados da ONU dizem que houve um aumento de 8% na produção sustentável dos grãos de cacau entre 2017 e 2018, ou seja, a produção sustentável saiu de 36% em 2017 para 44% em 2018. (XPEEDSCHOOL, 2022)

Ao mesmo tempo, a indústria do chocolate também vem aumentando o direcionamento ESG com o tempo. Com as certificações de qualidade atualizadas, é possível saber qual produtor e fabricante tem um pensamento e uma produção sustentável ou não, com a ISO 9001:2015 é fácil realizar essa diferenciação. (DENGO, 2022)

2.3.3 Importância Cultural

A importância cultural do cacau se resume em 3 tópicos, são eles: o econômico, o histórico e o local.

Sobre a história do cacau, já foi abordado acima na introdução.

Sobre a importância de localização: O cacaueiro é uma planta nativa das bacias do rio Amazonas e rio Orinoco e tem a sua origem nas américas central e do sul. Para muitos povos havia até uma importância religiosa, como os Astecas. ([SENAR, 2018](#))

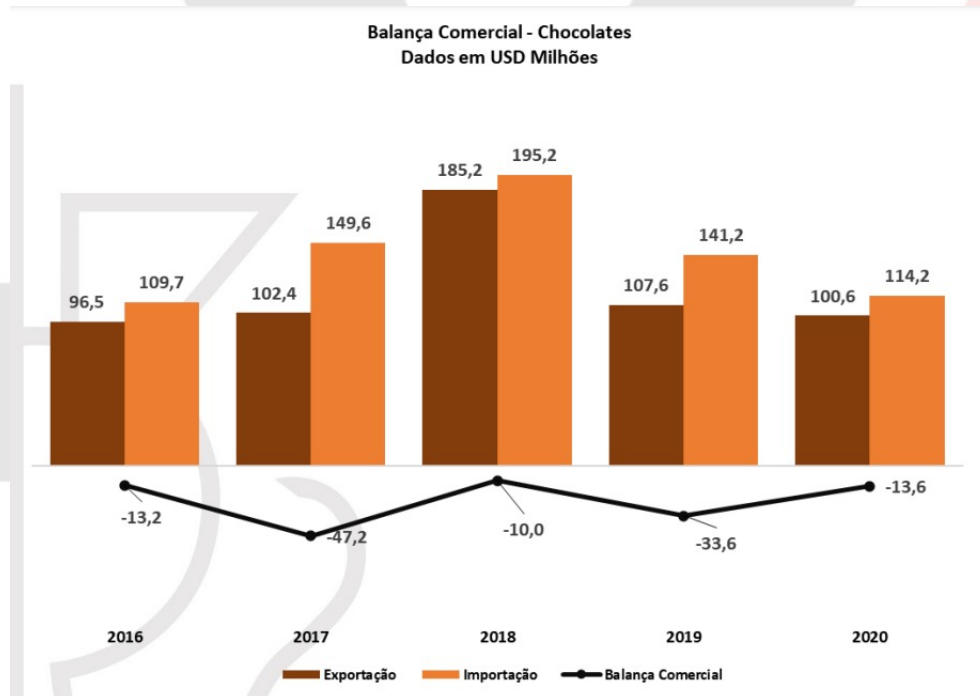
Os próprios índios torravam e trituravam o fruto entre pedras para produzir um tipo de bebida típica, além disso, no Brasil, os maiores produtores do cacau estão localizados principalmente na Bahia e Pará, foi na Bahia que o cacau foi levado em meados do século XVIII. ([BATISTA, 2008](#))

Sobre a economia do cacau: No Brasil, o cacau é produzido em sua maioria em larga escala, sendo médios e grandes produtores. A concentração da produção se encontra principalmente na Bahia, Pará, Rondônia e Espírito Santo pelas características climáticas principalmente. No entanto, historicamente já passou por várias crises causando a redução da produção interna. ([FIESP, 2021](#))

3 Mercado

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas (ABICAB), o brasileiro consumiu em 2020 11 bilhões de reais em chocolate, um crescimento de 1,5% comparado ao ano anterior. O presidente da associação, Ubiracy Fonseca, defende que a indústria de chocolates apresentou resultados muito consistentes para um ano tão atípico como foi 2020, e que os indicadores desse mercado apresentam potencial significativo para o crescimento do consumo interno e externo do setor. (ABICAB, 2022)

Figura 2 – Balança comercial de vendas de chocolates do Brasil em milhões de dólares



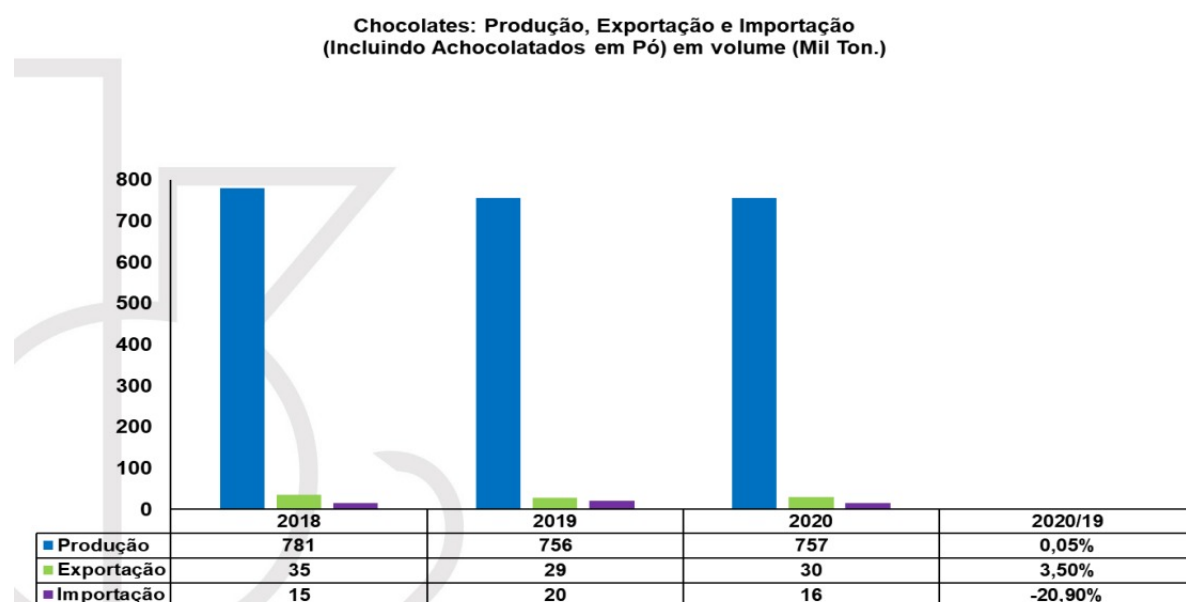
Fonte: (ABICAB, 2022)

Analisando os números da KPMG, é possível concluir que a balança comercial do mercado de chocolate no Brasil opera no negativo, ou seja, para que seja suprida a necessidade de chocolate no nosso país, foi importado 13 milhões de dólares a mais do que os valores de nossa exportação. Isso se dá pela falta de transformação da matéria prima em produto acabado levando em consideração que o país é o sétimo maior produtor de cacau do mundo. Esse número ainda é o menor dos últimos 5 anos, o que mostra que nossa indústria está em ascensão. (FORBES, 2021)

O chocolate ainda está presente em 82,6% dos lares brasileiros, um aumento de 9% percentuais comparado ao ano anterior. O avanço no consumo dos lares, juntamente com

a grande necessidade de importação, resultou no aumento da produção de chocolate no último ano. (ABICAB, 2022)

Figura 3 – Gráfico comparativo entre produção, exportação e importação em volume



Fonte: (ABICAB, 2022)

4 Normas e Leis Regulamentadoras

O setor alimentício possui leis e normas bem definidas e detalhadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Essa organização, segundo artigo 8º da Lei n. 9782/99 (BRASIL, 1999), deve: “regulamentar, controlar e fiscalizar os produtos e serviços que envolvam risco à saúde pública”. Então será principalmente por meio dela que a empresa deve se informar para que esteja condizente com a legislação e normas vigentes.

A principal preocupação desse setor é com relação às condições higiênicos-sanitárias, pois engloba todo o processo de fabricação, desde o recebimento das matérias-primas até o transporte final do produto acabado. Logo, a empresa deve se atentar principalmente à PORTARIA Nº 326 postada em 1997 (BRASIL, 1997) que menciona o seguinte objetivo: “O presente Regulamento estabelece os requisitos gerais (essenciais) de higiene e de boas práticas de fabricação para alimentos produzidos/fabricados para o consumo humano.”

Além disso, é importante estar de acordo com a legislação e os projetos de lei que existem para criação do produto, para planejar sua composição e marca e que consiga atender a todos os requisitos e possa ser comercializado sem problemas. Nesse sentido, os produtos que serão comercializados pela empresa são: chocolate amargo, chocolate meio-amargo e chocolate ao leite que devem obedecer a RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 264, de 2005 (BRASIL, 2005). Contudo, já existe o Projeto de Lei nº 1769, de 2019 (BRASIL, 2019) que pode influenciar nos requisitos relacionados à composição do chocolate.

Por fim, ainda existem os requisitos relacionados ao modo como o produto será embalado e detalhes que necessitam estar nos rótulos de cada produto. Segundo a RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 91, de 2001 (BRASIL, 2001), as embalagens, da mesma forma que os equipamentos que entram em contato com alguma parte do produto, devem manter o alimento protegido de fatores externos e não podem interferir ou mudar suas características. Existe uma classificação de embalagens de acordo com o tipo de material que é utilizado, e cada um deles possui um regulamento específico. Os rótulos, no entanto precisam estar de acordo com a RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 259, de 2002 (BRASIL, 2002) e RDC Nº 360, de 2003 (BRASIL, 2003), no quesito de informações obrigatórias que devem constar nos rótulos. Também é importante acompanhar a nova RDC Nº 429, de 2020 (BRASIL, 2020), que já está entrando em vigência e também a RDC Nº 26, de 2015 (BRASIL, 2015), que torna obrigatória a lista em destaque dos ingredientes alergênicos.

Essa parte é de demasiada importância para que a empresa não tenha problemas na comercialização dos produtos fabricados e também consiga manter a qualidade das

operações durante todo o processo produtivo para que o produto chegue ao cliente com alta qualidade. Por isso é interessante que a empresa, além de seguir os requisitos técnicos e regulamentações, consiga também atender às boas práticas, garantindo por meio disso uma qualidade ainda mais elevada.

Tabela 5 – Principais regulamentações para chocolate amargo, meio-amargo e ao leite

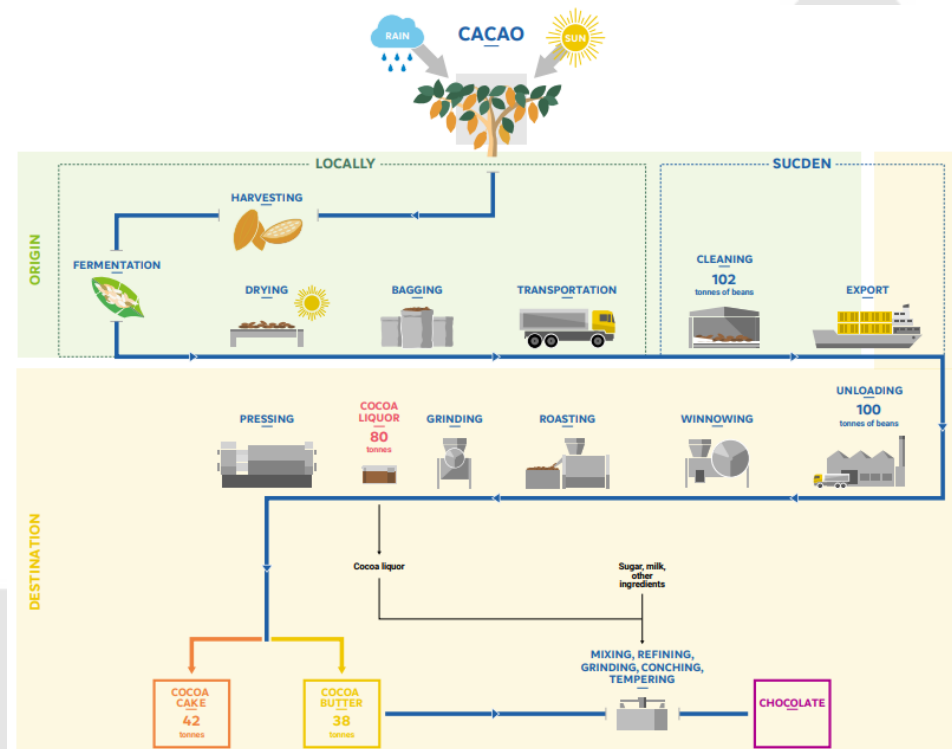
	Chocolate amargo	Chocolate meio-amargo	Chocolate ao leite
Características do produto	De acordo com o projeto de lei Projeto de Lei 1769/2019 é definido que “chocolate amargo: chocolate contendo o mínimo de 35% de sólidos totais de cacau, dos quais ao menos 18% devem ser de matéria gorda de cacau, proveniente da manteiga de cacau e outros ingredientes, e 14% devem ser de sólidos totais de cacau isenta de gordura”.	De acordo com o projeto de lei Projeto de Lei 1769/2019 é definido que “chocolate meio amargo: chocolate contendo o mínimo de 35% de sólidos totais de cacau, dos quais ao menos 18% devem ser de matéria gorda de cacau, proveniente da manteiga de cacau e da massa de cacau e outros ingredientes, e 14% devem ser de sólidos totais de cacau isenta de gordura”.	De acordo com o projeto de lei Projeto de Lei 1769/2019 é definido que “chocolate ao leite: chocolate contendo o mínimo de 27% de sólidos totais de cacau e outros ingredientes, e o mínimo de 14% de sólidos totais de leite oriundo da evaporação parcial ou total de leite inteiro, de leite parcial ou totalmente desnatado, de nata parcial ou totalmente desidratada, de manteiga ou de matéria gorda láctea e outros derivados de leite”.
Especificações de equipamentos	De acordo com as definições do PORTARIA Nº 326, DE 30 DE JULHO DE 1997 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA - “4.5.2 Equipamentos e recipientes: Os equipamentos e os recipientes que são utilizados nos diversos processos produtivos não devem constituir um risco à saúde. Os recipientes que são reutilizáveis devem ser fabricados de material que permita a limpeza e desinfecção completa. Uma vez usados com matérias tóxicas não devem ser utilizados posteriormente para alimentos ou ingredientes alimentares sem que sofram desinfecção”		
Especificações de armazenagem	De acordo com as definições do PORTARIA Nº 326, DE 30 DE JULHO DE 1997 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA - “3.3. Armazenamento: é o conjunto de atividades e requisitos para se obter uma correta conservação de matéria-prima, insumos e produtos acabados. ”		
Especificações de rótulo	RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 429, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA que Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 259, DE 20 DE SETEMBRO DE 2002 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA que visa compatibilizar as normas com base nos instrumentos harmonizados no Mercosul.		

Tabela 5 – Principais regulamentações para chocolate amargo, meio-amargo e ao leite

	Chocolate amargo	Chocolate meio-amargo	Chocolate ao leite
Especificações de embalagem	<p>De acordo com as definições do PORTARIA Nº 326, DE 30 DE JULHO DE 1997 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA -</p> <p>“3.11 Material de Embalagem: todos os recipientes como latas, garrafas, caixas de papelão, outras caixas, sacos ou materiais para envolver ou cobrir, tais como papel laminado, películas, plástico, papel encerado e tela”</p> <p>De acordo com as definições do RDC Nº 91, DE 11 DE MAIO DE 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA - “3.1.As embalagens e equipamentos que estejam em contato direto com alimentos devem ser fabricados em conformidade com as boas práticas de fabricação para que, nas condições normais ou previsíveis de emprego, não produzam migração para os alimentos de componentes indesejáveis, tóxicos ou contaminantes em quantidades tais que superem os limites máximos estabelecidos de migração total ou específica(...)”</p>		
Especificações de transporte	<p>De acordo com as definições do PORTARIA Nº 326, DE 30 DE JULHO DE 1997 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA - “4.7.1</p> <p>Meios de transporte: Os meios de transporte de alimentos colhidos, transformados ou semi-processados dos locais de produção ou armazenamento devem ser adequados para o fim a que se destinam e construídos de materiais que permitam o controle da conservação, da limpeza, desinfecção e desinfestação fácil e completa”</p>		

5 Processo de Produção

Figura 4 – Fluxograma do processamento do cacau



Fonte: (SUCDEN, 2022)

O processamento do cacau é dividido em 11 fases majoritárias (ICCO, 2021), são essas:

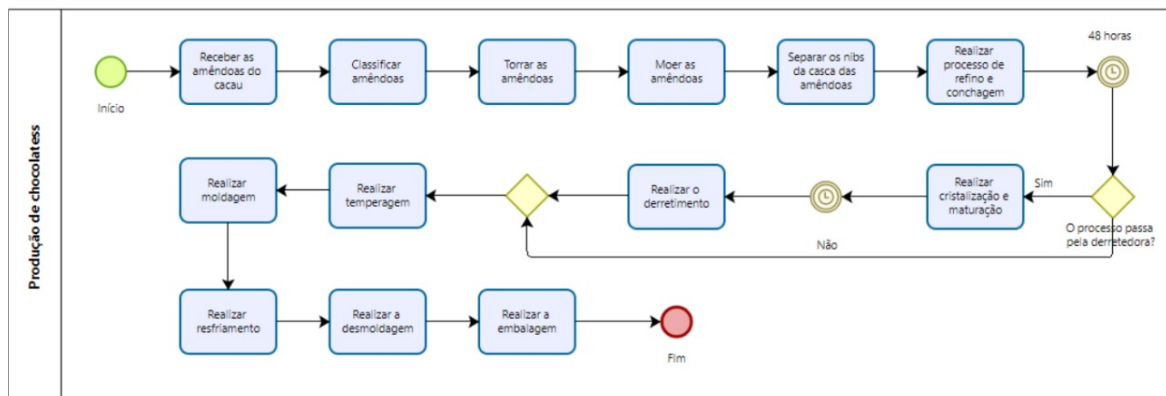
1. Colheita/Limpeza: O cacau é retirado cuidadosamente com uma faca para evitar qualquer injúria, após essa colheita cuidadosa acontece a limpeza do interior do cacau.
2. Fermentação: O processo de fermentação demora entre 36 a 72 horas e é um processo complexo e pouco entendido, mas está sendo desvendado com a tecnologia.
3. Secagem: Após a fermentação é necessário reduzir a humidade do cacau de aproximadamente 55% para 7,5%, e para isso o cacau é deixado em plataformas de concreto para a secagem.
4. Torrefação: A torrefação varia de empresa para empresa e de região para região, pois está muito ligado ao tipo de sabor desejado para aquele chocolate produzido, portanto não há um certo ou errado quando se fala do processo de torrefação.

5. Trituramento: Acontece a tritura desses grãos já separados
6. Descasque: Separação da casca do grão propriamente dito.
7. Refino e conchagem: Com o objetivo também de modificar o cheiro e o gosto do chocolate, o processo consiste em colocar pressão sobre o chocoalte com aumento de temperatura para emulsificar e arejar o chocolate.
8. Prensagem de licor: Adiciona-se pressão em um sistema com licor de cacau quente e o output é um bolo de cacau.
9. Moagem: Obtenção do licor propriamente dito a partir da prensagem
10. Manteiga de cacau: Outro material obtido a partir da prensagem.
11. Fabricação do chocolate: Processo de fabricação do chocolate que consiste na temperagem, moldagem, resfriamento e desmoldagem.

5.1 Fluxo de produção projetado

Na maioria das empresa o cacau é recebido em amêndoas após o processo de fermentação e secagem, devido a eficiência e facilidade no transporte desse tipo de carga. Por isso, o processo estudado nesse trabalho irá utilizar esse tipo de matéria-prima, e também diferentemente dos processos majoritários citados acima, a linha de produção usada nesse trabalho não realiza a prensagem, moagem do líquido e nem a obtenção de manteiga de cacau, focando apenas na produção de barras de chocolate de 3 tipos: chocolate amargo 70%, chocolate meio amargo 50% e chocolate ao leite. Dessa forma o processo segue o seguinte fluxo:

Figura 5 – Fluxograma do processamento de cacau da linha de produção projetada



Fonte: Autoria própria

Desse modo, a primeira etapa do processo como já citado é o recebimento das amêndoas, nessa fase ocorre a conferência do produto e sua respectiva nota fiscal e o descarregamento dos sacos de amêndoa do caminhão no estoque primário destinado à matéria-prima. Em seguida é realizada a classificação, essa etapa é de grande importância para que a qualidade dos produtos sempre estejam de acordo com o padrão da empresa, com isso são realizados testes sensoriais e medições de indicadores para destinação correta de cada qualidade de amêndoa.

Após classificadas, as amêndoas seguem para a torrefação que acontece em torradeiros industriais à 110°C durante 25 a 30 minutos, por meio dessa atividade as sementes perdem aproximadamente 5% de água e seus aromas são intensificados. Já torradas, as amêndoas são trituradas em moedores industriais para tornar possível a separação do nibs da casca e facilitar o refino do cacau. Assim, a próxima etapa é realizada é a separação das cascas, nessa parte é utilizado um descascador que retira em torno de 12% da massa das amêndoas que é referente as cascas. Essas cascas retiradas são descartadas e o processo segue apenas com o nibs do cacau.

Figura 6 – Separação da casca do cacau do nibs



Fonte: (FRANGIONI, 2016)

O próximo processo na linha de produção é o refino e conchagem desse nibs do cacau, essas duas atividades são realizadas na máquina melanger (Figura 7) e durante a primeira etapa de refino são adicionados os outros ingredientes da receita que a linha está fazendo. No caso da receita de chocolate amargo 70% é adicionado 30% de açúcar refinado, na receita de chocolate meio-amargo 50% são adicionados 15% de manteiga de cacau e 35% de açúcar refinado, já o chocolate ao leite possui a adição de 25% de manteiga de cacau, 25% de leite em pó integral e 30% de açúcar refinado. Nas composições dos produtos não há a adição de conservantes e emulsificantes. Essa etapa dura em torno de 48 horas e nela o chocolate é aquecido a uma temperatura de 50°C e pressionado contra os rolos de pedra da máquina a uma pressão de 4 bar. E a etapa de conchagem, que ocorre em sequência, consiste na manutenção dessas configurações por mais 24 até 48 horas, sem

adição de mais nenhum ingrediente. Em conjunto, essas atividades realizam a mistura, agitação, emulsificação e arejamento do chocolate, além de refinar partículas maiores de açúcar e retirar a acidez e o amargor indesejado do produto. (LINDT, 2022)

Figura 7 – Máquina melanger em funcionamento



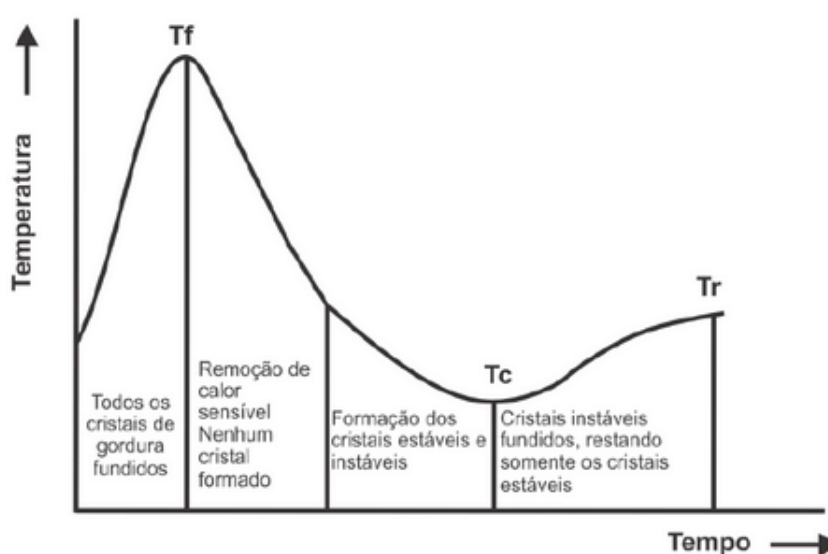
Fonte: (ALCHEMY, 2022)

Após a etapa de refino e conchagem existem 3 atividades que são opcionais e serão realizadas na linha de produção apenas para chocolates amargos de edições limitadas. Esses 3 processos são: a cristalização, maturação e derretimento. O chocolate ao sair da máquina melanger já refinado pode seguir diretamente para a temperadeira onde será realizada a temperagem do produto, no entanto em casos especiais é interessante antes de realizar essa atividade reservar o chocolate, a cristalização é um processo natural do produto que ao entrar em contato com a temperatura ambiente se solidifica devido a cristalização da manteiga de cacau presente na mistura. Após essa fase é possível reservar o chocolate em salas com temperatura de até 29°C para que ele possa maturar durante o período de 2 meses até 1 ano, esse processo intensifica os sabores e traz ao produto um maior equilíbrio no paladar. Por ser tão demorado o processo, apenas parte do que será produzido por mês da linha de produção de chocolate amargo passará por ele. Depois dessa maturação esse chocolate é derretido em temperaturas controladas e passa pela temperadeira assim como os outros.

Na temperadeira ocorre a temperagem do chocolate, que consiste no aumento da temperatura da mistura até 40°C - 46°C e o resfriamento lento até 27°C a 29°C, a imagem 8 mostra essa variação lenta de temperatura e as fases da temperagem. Por causa disso, o chocolate de entrada deve estar por volta de 32°C até 35°C para que possa ocorrer esse

aquecimento e também o resfriamento de forma controlada, assim antes de adicionar o chocolate à temperadeira, é necessário reservá-lo durante um curto período após ele sair da melanger ou da derretedeira para que ele possa resfriar, porém sem cristalizar. Esse processo é de extrema importância para a aparência e textura do produto final e também para que o processo de desmolde ocorra sem problemas, nessa etapa os cristais da manteiga de cacau se organizam de maneira mais estável devido o resfriamento lento, e fazem com que o produto final fique crocante à temperatura ambiente (*snap*), tenha brilho e contraia quando esfriado para que consiga se soltar do molde, além de muitas outras características.

Figura 8 – Gráfico da temperatura durante o processo de temperagem



Fonte: (EJEQ, 2020)

Com o chocolate já temperado ocorre o processo de moldagem por meio de uma dosadora e uma mesa vibratória que retira as bolhas de ar de dentro da mistura e esparrama o chocolate por todo o molde. Esse produto então é encaminhado para um túnel de resfriamento para que o chocolate se solidifique de maneira mais rápida e possa ser desmoldado com facilidade que é a etapa seguinte. Após a desmoldagem, que consiste na separação do molde que será limpo e reutilizado posteriormente da barra de chocolate, ocorre por último a embalagem desse chocolate em embalagens primárias, secundárias e terciárias para o transporte final desse produto diretamente para revendedores ou centros de distribuição.

Os detalhes de maquinário, temperaturas, tempos de processamento e perdas de cada processo podem ser encontrados na tabela 6. As temperaturas com a notação (a) se referem à temperatura ambiente e os tempos de processamento são apenas aproximações feitas de acordo com as capacidades produtivas de algumas máquinas pesquisadas. Além

disso, como dito anteriormente os processos de cristalização e maturação ocorrem de maneira natural e não são necessárias máquinas, apenas recipientes e locais adequados para armazenamento.

Tabela 6 – Informações de maquinários, temperaturas, tempos e perdas de cada etapa do processo

Etapas	Máquina	Tempo (h)	Temperaturas (°C)		Perdas
			Entrada	Saída	
1. Classificação	-	0,20	25 - 29 (a)	25 - 29 (a)	2%
2. Torrefação	Torrador industrial	0,50	25 - 29 (a)	110	5%
3. Moagem	Moedor industrial	0,20	110	25 - 29 (a)	2%
4. Descasque	Descascador de amêndoas	0,20	25 - 29 (a)	25 - 29 (a)	12%
5. Refino + Conchagem	Melanger	96,00	25 - 29 (a)	50	4%
6. Cristalização	-	0,50	50	25 - 29 (a)	1%
7. Maturação	-	1440,00 - 8760,00	25 - 29 (a)	25 - 29 (a)	2%
8. Derretimento	Derretedeira de chocolate	0,50	25 - 29 (a)	42	2%
9. Temperagem	Temperadeira	0,35	35	28	2%
10. Moldagem	Dosadora + Mesa vibratória	0,35	28	25 - 29 (a)	1%
11. Resfriamento	Túnel de resfriamento	0,50	25 - 29 (a)	12	0%
12. Desmolde	-	0,35	12	20	1%
13. Embalagem	Embaladora	0,50	20	20	1%

Fonte: Autoria própria

Tabela 7 – Maquinário detalhado

Máquina	Dimensões (AxLxP) (m)	Potência (kW)	Capacidade	Material	Setup (min)	Especificações
Torrador industrial	1,8 x 1,4 x 1,4	8,0	5,0 (kg)	-	15	-
Moedor industrial	1,3 x 0,8 x 1,3	2,2	10 (kg)	Inox	90	400 kg/h
Descascador de amêndoas						
Melanger*	1,2 x 0,7 x 0,7	0,75	20,0 (kg)	Inox 304 e Granito Cinza	30	-
Compressor de ar	0,3 x 0,6 x 0,6	1,5	25,0 (l)	-	-	-
Derretedeira de chocolate	0,7 x 0,6 x 0,4	7,5	50,0 (kg)	Inox 304	60	-
Temperadeira	0,7 x 0,5 x 0,6	2,9	5,0 (kg)	Inox 304	60	5 kg a cada 8min
Dosadora (Ø30)	1,5 x 1,1 x 1,4	0,02	40,0 (l)	Inox	60	8 pistões - 50g/pistão 20 ciclos/min
Mesa vibratória*	0,7 x 1,1 x 0,6	0,2	-	Inox 304	10	-
Túnel de resfriamento	1,2 x 0,6 x 9,0	5,4	-	Inox 304	20	-
Embaladora	3,3 x 2,9 x 1,4	3,1	-	-	20	350 pacotes/min

*Máquinas que utilizam Compressor de ar

Fonte: Autoria própria

5.2 Resíduos da produção

Como a indústria de chocolates apresenta resíduos com grande quantidade de matéria orgânica faz-se necessário um tratamento prévio para seu descarte correto, uma

vez que elevado conteúdo de matéria orgânica pode causar uma diminuição do oxigênio dissolvido nos rios, com aumento da concentração de microrganismos heterotróficos e, conseqüentemente, a elevação da demanda bioquímica de oxigênio. Isso pode gerar uma modificação da classe do rio, o que é indesejável.

A indústria da alimentação no Brasil e no mundo vem demonstrando claros esforços para tornar-se mais sustentável. Desde a Conferência Rio-92, o setor tem se engajado nos debates internacionais sobre desenvolvimento sustentável e se esforçado para desenhar e adotar as melhores práticas (CNI, 2012).

A gestão de resíduos em todo o ciclo de vida de um produto está mudando de patamar no Brasil com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Antes mesmo da aprovação da Política Nacional de Resíduos, no entanto, as empresas do setor vinham aplicando tecnologias e políticas para reaproveitar os resíduos dos processos produtivos e as embalagens finais usadas de seus produtos (CNI, 2012).

De modo geral, podemos dividir os resíduos da indústria de chocolates em três classes:

- Efluentes líquidos,
- Resíduos sólidos,
- Resíduos pós-consumo.

5.2.1 Tratamento dos efluentes

Os efluentes líquidos consistem basicamente por resíduos de limpeza e esgoto sanitário da empresa em geral. Por ser de pequeno porte, o destino dos efluentes líquidos é a rede de esgoto pública sem um tratamento prévio específico. Para ser lançada novamente a bacia hídrica, no entanto, faz-se necessário um tratamento pela instituição responsável. Nesse caso, como o efluente apresenta origem industrial torna-se indispensável um tratamento biológico devido às altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes.

O tratamento biológico de resíduos emprega a ação conjunta de espécies diferentes de microrganismos em biorreatores, que operados sob determinadas condições resulta na estabilização dos mesmos. Em geral, os diferentes tipos de microrganismos nos processos biológicos de tratamento atuam conjuntamente, formando uma verdadeira cadeia alimentar com interações nutricionais facultativas e obrigatórias.

5.2.2 Tratamento dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos da indústria se dividem basicamente em produtos que serão reprocessados, dejetos destinados aos aterros sanitários e de resíduos sólidos industriais e

materiais para reciclagem.

Em situações onde variáveis de processo estão fora de controle ou há a quebra da barra antes da distribuição duas medidas podem ser tomadas: ou ocorre o reprocesso da massa de chocolate, adicionando-se no máximo à razão de 10% do chocolate reprocessado sobre o produto em linha; ou ainda o destino final da massa torna-se a venda para fabricação de chocolate granulado e coberturas.

Os resíduos sólidos dos setores distintos da área produtiva são enviados para aterros sanitários, por se tratarem de resíduos não perigosos segundo a classificação da norma 10004/2004 da ABNT (ABNT, 2004). Esses aterros são utilizados para a disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, minimizando os impactos ambientais. Nesse caso, os resíduos são confinados na menor área possível, reduzindo-os ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma cama de terra quando necessário. Esse método deve conter todos os elementos de proteção ambiental (FEAM, 2006).

De acordo com a Resolução CONAMA n° 313/2002, o resíduo sólido industrial é todo resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi sólido, gasoso – quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (PNRS, 2011). Assim, os resíduos sólidos da área produtiva são encaminhados para empresas terceirizadas que realizam o descarte adequado.

Os materiais e embalagens danificadas que podem ser reciclados são separados e recolhidos por empresas terceirizadas, sendo enviados para a reciclagem. Isso ocorre porque a reciclagem de resíduos sólidos é uma alternativa viável para propiciar à preservação de recursos naturais, a economia de energia, a redução da área que demanda o aterro sanitário, a geração de emprego e renda, assim como a conscientização da população para questões ambientais (O'LEARY, 1999).

5.2.3 Tratamento dos resíduos pós-consumo

Existe uma preocupação em garantir um destino para as embalagens dos chocolates em barra após o consumo. Para isso, ocorre a reciclagem do material polimérico, onde a estrutura do material residual é alterada, de modo que os subprodutos resultantes possam ser usados para outros fins que não a produção do material original, uma vez que em indústria de alimentos não se pode utilizar materiais reciclados (OLIVEIRA, 2012).

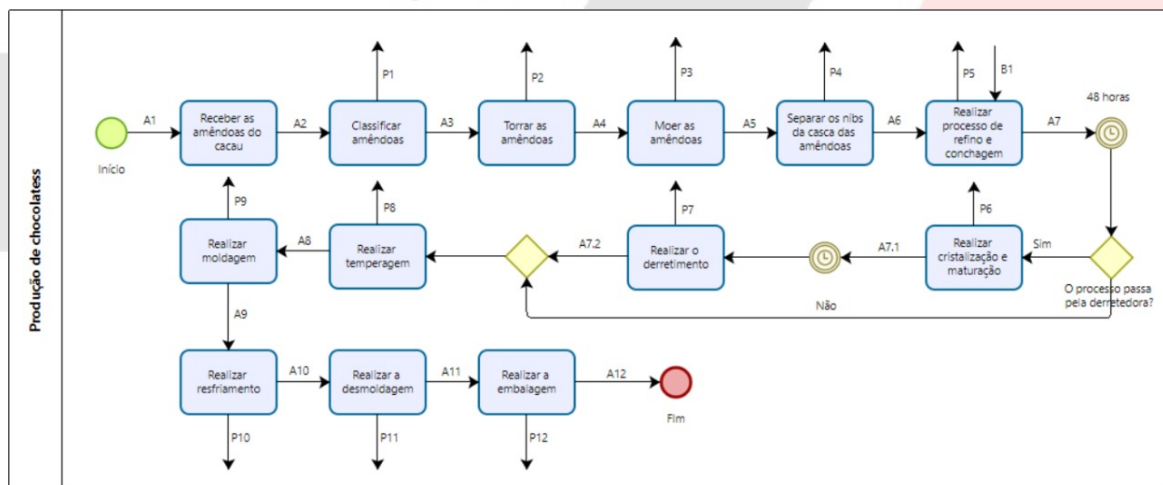
6 Balanço de Massa

O balanço de massa é crucial para a análise de um novo processo, bem como um já existente. Esse cálculo consiste em uma igualdade entre toda a massa que entra no sistema e a massa que sai, como mostrado na equação 6.1, onde e_i são as entradas de massa no sistema e s_j são as saídas.

$$\sum_{i=1}^n e_i = \sum_{j=1}^n s_j \quad (6.1)$$

O entendimento do processo de produção é fundamental para o dimensionamento desses materiais que entram no sistema, e também para quantificar as perdas que acontecem em cada etapa. Assim, foi criado um fluxograma mais completo que abrange também as saídas e entradas de materiais em cada fase.

Figura 9 – Fluxograma para Balanço de Massa



Fonte: Autoria Própria

Parte das perdas de massa que ocorrem são planejadas. Essas perdas consistem na retirada da água das amêndoas, na etapa de torrefação, e na separação da casca que ocorre após o processo de moagem. E o restante das perdas ocorrem devido a falhas no processo produtivo, muitas vezes falhas humanas ou limitações das próprias máquinas que impossibilitam o aproveitamento completo de todo o material que é passado por ela. Essas perdas foram estimadas entre 1% e 4%, dependendo da complexidade da máquina e da interferência humana no processo.

Além disso, no fluxograma da imagem 9, o valor de B1 varia conforme a receita que está sendo feita na linha de produção. Para a receita de chocolate amargo esse valor

corresponde apenas ao açúcar que é adicionado, enquanto na receita de chocolate meio amargo o B1 representa a solução de açúcar e manteiga de cacau que é adicionada. E por fim, na receita de chocolate ao leite esse valor corresponde a uma mistura de açúcar, leite e manteiga de cacau.

Nas figuras a seguir se encontram os balanços de massa das 3 receitas produzidas na linha, todas utilizaram como base uma entrada de 100kg de amêndoas de cacau (Entrada 1). A imagem 10 se baseia na receita de 70% líquido de cacau 30% açúcar, a imagem 11 utiliza como base a receita de 50% líquido de cacau, 35% açúcar e 15% manteiga de cacau, e a imagem 12 representa a receita de chocolate ao leite composta por 20% líquido de cacau, 25% manteiga de cacau, 25% leite integral e 30% açúcar. Nas tabelas, a Entrada 2 representa o açúcar, a Entrada 3 a manteiga de cacau e a Entrada 4 o leite integral, a perda e a saída foram calculados em quilogramas (kg).

Figura 10 – Balanço de Massa - Chocolate Amargo 70%

Balanço - Chocolate amargo (70%)						
Etapas	Perdas %	Entrada 1 (kg)	Entrada 2 (kg)	perda	Saída	
1. Classificação	2%	100			2	98
2. Torrefação	5%	98			4,9	93,1
3. Moagem	2%	93,1			1,862	91,238
4. Descasque	12%	91,238			10,94856	80,28944
5. Refino	4%	80,28944	34,40976		4,587968	110,111232
6. Cristalização	1%	110,111232			1,10111232	109,0101197
7. Maturação	2%	109,0101197			2,180202394	106,8299173
8. Derretimento	2%	106,8299173			2,136598346	104,6933189
9. Temperagem	2%	104,6933189			2,093866379	102,5994526
10. Moldagem	1%	102,5994526			1,025994526	101,573458
11. Resfriamento	0%	101,573458			0	101,573458
12. Desmolde	1%	101,573458			1,01573458	100,5577235
13. Embalagem	1%	100,5577235			1,005577235	99,55214622

Fonte: Autoria Própria

Figura 11 – Balanço de Massa - Chocolate Meio Amargo 50%

Balanço - Chocolate meio amargo (50%)						
Etapas	Perdas %	Entrada 1 (kg)	Entrada 2 (kg)	Entrada 3 (kg)	perda	Saída
1. Classificação	2%	100				98
2. Torrefação	5%	98			4,9	93,1
3. Moagem	2%	93,1			1,862	91,238
4. Descasque	12%	91,238			10,94856	80,28944
5. Refino	4%	80,28944	56,202608	24,086832	6,4231552	154,1557248
6. Cristalização	1%	154,1557248			1,541557248	152,6141676
7. Maturação	2%	152,6141676			3,052283351	149,5618842
8. Derretimento	2%	149,5618842			2,991237684	146,5706465
9. Temperagem	2%	146,5706465			2,93141293	143,6392336
10. Moldagem	1%	143,6392336			1,436392336	142,2028413
11. Resfriamento	0%	142,2028413			0	142,2028413
12. Desmolde	1%	142,2028413			1,422028413	140,7808128
13. Embalagem	1%	140,7808128			1,407808128	139,3730047

Fonte: Autoria Própria

Figura 12 – Balanço de Massa - Chocolate ao Leite

Balanço - Chocolate ao leite							
Etapas	Perdas %	Entrada 1 (kg)	Entrada 2 (kg)	Entrada 3 (kg)	Entrada 4(kg)	perda	Saída
1. Classificação	2%	100				2	98
2. Torrefação	5%	98				4,9	93,1
3. Moagem	2%	93,1				1,862	91,238
4. Descasque	12%	91,238				10,94856	80,28944
5. Refino	4%	80,28944	120,43416	100,3618	100,3618	16,057888	385,389312
6. Cristalização	1%	385,389312				3,85389312	381,5354189
7. Maturação	2%	381,5354189				7,630708378	373,9047105
8. Derretimento	2%	373,9047105				7,47809421	366,4266163
9. Temperagem	2%	366,4266163				7,328532326	359,098084
10. Moldagem	1%	359,098084				3,59098084	355,5071031
11. Resfriamento	0%	355,5071031				0	355,5071031
12. Desmolde	1%	355,5071031				3,555071031	351,9520321
13. Embalagem	1%	351,9520321				3,519520321	348,4325118

Fonte: Autoria Própria

7 Balanço de Energia

O Balanço de energia é essencial para a estruturação e mapeamento de rotas produtivas. Para a realização do balanço de energia do sistema consideramos a 1ª lei da Termodinâmica, ou seja, a energia total transferida para o sistema é a variação de suas energias internas. Dessa forma, seguindo o fluxograma do processo e considerando as perdas calculadas no balanço de massa, foi realizado o balanço de energia do sistema e produção de chocolate para os três tipos de produtos finais (chocolate amargo, meio amargo e ao leite).

Tanto o balanço de massa quanto o balanço de energia possuem fundamental relevância em um processo industrial, ambos garantem uma segurança em relação ao mapeamento e estrutura de todo o projeto, além de compilar dados essenciais para averiguação de alterações nos resultados da produção. Além de constar um embasamento teórico e técnico da rota de produção.

Energia é a capacidade de um sistema de realizar trabalho ou gerar calor, e ela pode ser transferida em um sistema aberto ou fechado. Todos os processos industriais estão associados a alterações energéticas sob as mais variadas formas:

- Processo com reação química: (endotérmico e exotérmico).
- Processo de combustão: energia interna do combustível é utilizada para geração de calor (fornos, caldeiras), ou para produção de trabalho (motores e turbinas).
- Bombas e Compressores: fornece trabalho para acelerar ou comprimir fluidos.
- Trocadores de Calor: transfere-se calor de um fluido quente para um fluido frio.

A produção de chocolate através do cacau consiste em 13 etapas de processos industriais. Dentre eles os processos de: torrefação, moagem, refino cristalização, derretimento, temperagem, resfriamento e desmolde; apresentam trocas de energia.

No sistema analisado foram identificadas alterações energéticas através de compressores (refrigerador usado no processo de resfriamento) e trocadores de calor nos processos de torrefação (troca de calor e perda de umidade da amêndoa e o torrador), moagem (resfriamento da amêndoa na transição de um processo para outro), refino (aumento da temperatura dos ingredientes em temperatura ambiente até 50°C), cristalização (resfriamento da amêndoa na transição de um processo para outro), derretimento (aumento da temperatura do chocolate e derretimento), temperagem (resfriamento do chocolate com a troca com o ambiente) e por fim nos processos de resfriamento (diminuição da

temperatura do chocolate e trabalho realizado pelo compressor do refrigerador) e desmolde (troca de calor com o ambiente na transição de um processo para outro). Processos de reação química com o derretimento da sacarose foram desconsiderados para esse estudo.

As tabelas abaixo mostram os valores encontrados para o balanço de energia dos três tipos de chocolates, considerando a entrada de 1kg de amêndoa no início do processos e todos os valores de energia em kcal/kg.

Figura 13 – Balanço de Energia - Chocolate Amargo

Amargo												
		Temperatura										
	Etapas	Massa (m	Entrada °C	Saída °C	▲ T	Variação >>0	Q - Cacau	Q - Açuca	Q - Mant	Q - Leite	H - reaçã	Total
1.	Classificação		27	27	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
2.	Torrefação		27	110	83		31,11	0,00	0,00	0,00	0,00	31,1
3.	Moagem		110	27	-83		-27,05	0,00	0,00	0,00	0,00	-27,0
4.	Descasque		27	27	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
5.	Refino		27	50	23		0,28	0,10	0,00	0,00	0,00	0,3
6.	Cristalização		50	27	-23		-8,86	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,8
7.	Maturação		27	27	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
8.	Derretimento		27	42	15		5,61	0,00	0,00	0,00	0,00	5,6
9.	Temperagem		35	28	-7		-2,56	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,5
10.	Moldagem		28	28	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
11.	Resfriamento		27	12	-15		-5,33	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,3
12.	Desmolde		12	20	8		2,84	0,00	0,00	0,00	0,00	2,8
13.	Embalagem		20	20	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0

Fonte: Autoria Própria

Figura 14 – Balanço de Energia - Chocolate Meio Amargo

Meio amargo											
		Temperatura									
	Etapas	Massa (m	Entrada °C	Saída °C	▲ T	Variação >>0	Q - Cacau	Q - Açuca	Q - Mante	Q - Leite	H - reaçãTotal
1.	Classificação		27	27	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	Torrefação		27	110	83		28,47	0,00	0,00	0,00	28,47
3.	Moagem		110	27	-83		-27,05	0,00	0,00	0,00	-27,05
4.	Descasque		27	27	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.	Refino		27	50	23		0,28	0,17	0,06	0,00	0,51
6.	Cristalização		50	27	-23		-12,41	0,00	0,00	0,00	-12,41
7.	Maturação		27	27	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8.	Derretimento		27	42	15		7,85	0,00	0,00	0,00	7,85
9.	Temperagem		35	28	-7		-3,59	0,00	0,00	0,00	-3,59
10.	Moldagem		28	28	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11.	Resfriamento		27	12	-15		-7,47	0,00	0,00	0,00	-7,47
12.	Desmolde		12	20	8		3,98	0,00	0,00	0,00	3,98
13.	Embalagem		20	20	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria Própria

Figura 15 – Balanço de Energia - Chocolate Ao Leite

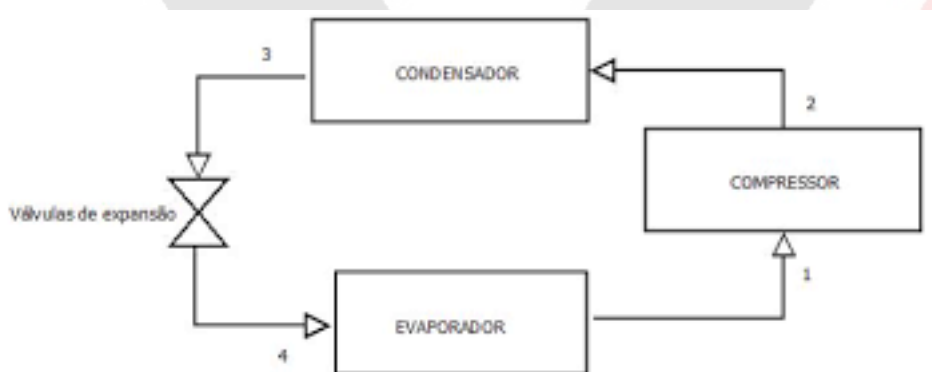
Ao leite											
		Temperatura									
	Etapas	Massa (m	Entrada °C	Saída °C	▲ T	Variação > 0	Q - Cacau	Q - Açuca	Q - Mante	Q - Leite	H - reaçã Total
1.	Classificação		27	27	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	Torrefação		27	110	83		28,47	0,00	0,00	0,00	28,47
3.	Moagem		110	27	-83		-27,05	0,00	0,00	0,00	-27,05
4.	Descasque		27	27	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.	Refino		27	50	23		0,28	0,36	0,26	0,40	1,30
6.	Cristalização		50	27	-23		-31,02	0,00	0,00	0,00	-31,02
7.	Maturação		27	27	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8.	Derretimento		27	42	15		19,63	0,00	0,00	0,00	19,63
9.	Temperagem		35	28	-7		-8,98	0,00	0,00	0,00	-8,98
10.	Moldagem		28	28	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11.	Resfriamento		27	12	-15		-18,66	0,00	0,00	0,00	-18,66
12.	Desmolde		12	20	8		9,95	0,00	0,00	0,00	9,95
13.	Embalagem		20	20	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria Própria

Além dos cálculos realizados com as diferenças de temperatura de cada estágio, foram realizados os cálculos de energia consumida no túnel de resfriamento, pois nele ocorre a retirada de energia do chocolate por meio da troca de calor com uma solução de amônia no equipamento de forma indireta. Dessa forma foi possível verificar se o equipamento possuía capacidade suficiente para realizar o resfriamento e dimensionar de forma muito mais precisa o gasto energético.

Para esses cálculos foram utilizadas: a tabela de propriedades na saturação e o diagrama de p-h da amônia, que se encontram nos Anexos A e B, respectivamente. Nos cálculos foram estipulados os valores de 0°C no evaporador e 40°C na saída do condensador para a solução de amônia e uma eficiência de 75%.

Figura 16 – Fluxograma de um refrigerador



Fonte: Autoria Própria

Dessa forma, foi possível verificar que o túnel de resfriamento consome 33,13 kcal para resfriar 1 kg de chocolate, independente do tipo. Como a empresa está dimensionada para produzir por volta de 115 kg/h de chocolate, a energia consumida no túnel de resfriamento gira em torno de 3827,17 kcal/h, ou seja, 4,45 kW. Portanto, foi possível verificar que o túnel de resfriamento consegue suprir toda a demanda da fábrica e que o consumo de energia é um pouco abaixo da potência máxima do equipamento.

8 Conclusão

No decorrer deste estudo sobre o processamento de cacau verificou-se a importância dos cálculos de balanço de massa e balanço de energia para dimensionamento da linha de produção. Já que dessa forma é possível analisar a capacidade da linha de produção por meio das perdas que acontecem no sistema, o gasto energético de todos os equipamentos e também o dimensionamento correto do maquinário igual como ocorreu com o túnel de resfriamento da linha de produção deste trabalho.

Além disso, foi possível analisar o mercado, as normas e leis regulamentadoras do setor do chocolate e entender todo o processo de produção desse produto, o que ocasionou em um grande aprendizado sobre o setor e sobre o dimensionamento de uma fábrica. Ademais, foi realizado um estudo acerca dos resíduos e foram calculados todas as perdas que ocorrem na produção e toda a energia que é consumida na linha de fabricação do chocolate.

Referências

- ABICAB. *Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas*. 2022. Disponível em: <<http://www.abicab.org.br/>>. Acesso em: 09.02.2022.
- ABNT, A. B. de N. T. *NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 10004*. 2004. Disponível em: <<https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em: 03.03.2022.
- ALCHEMY, C. *SPECTRA 11 CHOCOLATE MELANGER*. 2022. Disponível em: <<https://chocolatealchemy.myshopify.com/products/spectra-11-chocolate-melanger>>. Acesso em: 03.03.2022.
- BATISTA, A. P. S. A. *Chocolate: sua história e principais características*. 2008.
- BRASIL. Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/%281%29PRT_SVS_326_1997.pdf/45a45ff7-9f34-44f5-a8f2-6a391fb22d16>. Acesso em: 09.02.2022.
- BRASIL. Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19782.htm>. Acesso em: 09.02.2022.
- BRASIL. Resolução de diretoria colegiada - rdc nº 91, de 11 de maio de 2001. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/%284%29RDC_91_2001_COMP.pdf/14e43607-c4b5-4457-9edd-cf36678c606b>. Acesso em: 09.02.2022.
- BRASIL. Resolução de diretoria colegiada – rdc nº 259, de 20 de setembro de 2002. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/%281%29RDC_259_2002_COMP.pdf/556a749c-50ea-45e1-9416-eff2676c4b22>. Acesso em: 09.02.2022.
- BRASIL. Resolução da diretoria colegiada – rdc nº 360, de 23 de dezembro de 2003. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2003. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_360_2003_COMP.pdf/caab87a1-e912-459f-8bc0-831a48b95da9>. Acesso em: 09.02.2022.
- BRASIL. Resolução- rdc nº 264, de 22 de setembro de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_264_2005.pdf/9d953229-724e-471e-bfcb-883d705dc639>. Acesso em: 09.02.2022.
- BRASIL. Resolução da diretoria colegiada - rdc nº 26, de 2 de julho de 2015. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2694583/RDC_26_2015_.pdf/b0a1e89b-e23d-452f-b029-a7bea26a698c>. Acesso em: 09.02.2022.

BRASIL. Projeto de lei nº 1769, de 2019. *Atividade Legislativa - Senado*, Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135966#:~:text=Projeto%20de%20Lei%20n%C2%B0%201769%2C%20de%202019&text=Ementa%3A,em%20todo%20o%20territ%C3%B3rio%20nacional>>. Acesso em: 09.02.2022.

BRASIL. Resolução da diretoria colegiada - rdc nº 429, de 8 de outubro de 2020. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/RDC_429_2020_COMP.pdf/2ed9794e-374c-4381-b804-02b1f15d84d2>. Acesso em: 09.02.2022.

CNI, C. N. da I. *Sustentabilidade na Indústria da Alimentação – Uma visão de futuro para a Rio+20*. 2012. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2013/09/23/4970/20131002162456498394o.pdf>. Acesso em: 03.03.2022.

DENGO. *Negócios sustentáveis e chocolate: qual é a relação?* 2022. Disponível em: <<https://dengo.com/pt-br/blogs/news/sustainable-business-and-chocolate-how-is-this-related>>. Acesso em: 08.02.2022.

EJEQ. *Processo de temperagem*. 2020. Disponível em: <<https://www.ejeq.com.br/temperagem-nos-chocolates/>>. Acesso em: 03.03.2022.

FATSECRET. *FatSecret Brasil*. 2022. Disponível em: <<https://www.fatsecret.com.br/calorias-nutri%C3%A7%C3%A3o/search?q=chocolate>>. Acesso em: 09.02.2022.

FEAM, F. E. do M. A. *Projeto Estruturador Revitalização e Desenvolvimento Sustentável na Bacia do Rio São Francisco - Orientações Básicas para Operação de Aterro Sanitário*. 2006. Disponível em: <https://perdigao.mg.gov.br/imagens/li_arquivos/2/arquivos_51220191636240.pdf>. Acesso em: 03.03.2022.

FIESP. *AGRONEGÓCIO DO CACAU NO BRASIL Produção, Transformação e Oportunidades*. 2021. Disponível em: <<https://bioeconomia.feauusp.br/agronegocio-do-cacau-producao-transformacao-e-oportunidades/#:~:text=Estudo%20%E2%80%9CAgroneg%C3%B3cio%20do%20Cacau%3A%20Produ%C3%A7%C3%A3o,resultados%20de%20desempenho%20de%20todos>>. Acesso em: 02.02.2022.

FORBES. *Brasileiro está comendo mais chocolates, enquanto a produção de cacau é insuficiente para o mercado*. 2021. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/201001666.pdf>>. Acesso em: 09.02.2022.

FRANGIONI, Z. *Nibs de cacau é chocolate 100tablete*. 2016. Disponível em: <<https://chocolatrasonline.com.br/nibs-de-cacau-e-chocolate-100-cacau-antes-de-virar-tablete/>>. Acesso em: 03.03.2022.

HANSEN, D. *Cultura do Cacau*. 2016. Disponível em: <http://www.uesc.br/projetos/consciencia/arquivos/cultura_cacau.pdf>. Acesso em: 01.02.2022.

IBGE. *Tabela 7832 - Área plantada, área colhida, produção e rendimento médio, por ano da safra e produto das lavouras*. 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/7832>>. Acesso em: 02.02.2022.

ICCO, I. C. O. *Data on Production and Grindings of Cocoa Beans*. 2021. Disponível em: <<https://www.icco.org/statistics/#production>>. Acesso em: 01.02.2022.

LINDT. *A invenção da Lindt*. 2022. Disponível em: <<https://www.lindt.com.br/os-diferenciais-da-lindt/a-invencao-da-conchagem#:~:text=A%20conchagem%20%C3%A9%20um%20processo,n%C3%A3o%20muito%20diferente%20da%20evapora%C3%A7%C3%A3o.>> Acesso em: 02.03.2022.

O'LEARY, P. R. *Decision-maker's guide to solid-waste management*. [S.l.]: Diane Publishing, 1999.

OLIVEIRA, M. D. Gestão de resíduos plásticos pós-consumo: perspectivas para a reciclagem no brasil. *Rio de Janeiro*, 2012.

PIASENTIN, F. B.; SAITO, C. H. Os diferentes métodos de cultivo de cacau no sudeste da bahia, brasil: aspectos históricos e percepções. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, SciELO Brasil, v. 9, n. 1, p. 61–78, 2014.

PNRS, P. N. de R. S. *Versão Preliminar para Consulta Pública*. 2011. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br>>. Acesso em: 03.03.2022.

SENAR, S. N. de A. R. *Coleção Senar - Cacau: produção, manejo e colheita*. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/arquivos/cartilhas-senar/215-cacau-producao-manejo-colheita.pdf/view>>. Acesso em: 01.02.2022.

SUCDEN. *Cocoa Process Flowchart*. 2022. Disponível em: <<https://www.sucden.com/en/products-and-services/cocoa/process-flowchart/>>. Acesso em: 02.03.2022.

UNESCO. *Mayo Chinchipe - Marañón archaeological landscape*. 2016. Disponível em: <<https://whc.unesco.org/en/tentativelists/6091/>>. Acesso em: 01.02.2022.

UNIMED. *Benefícios do chocolate e características de cada tipo*. 2022. Disponível em: <<https://www.unimed.coop.br/viver-bem/alimentacao/beneficios-do-chocolate-e-caracteristicas-de-cada-tipo>>. Acesso em: 08.02.2022.

WAGNER, Y. da F. *Avanços tecnológicos no processamento do cacau e derivados e efeitos no organismo*. 2020. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/201001666.pdf>>. Acesso em: 02.02.2022.

XPEEDSCHOOL. *Páscoa: ESG na indústria do chocolate*. 2022. Disponível em: <<https://xpeedschool.com.br/blog/pascoa-esg-na-industria-do-chocolate/>>. Acesso em: 08.02.2022.

ZANIN, T. *8 benefícios do chocolate para a saúde*. 2022. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/beneficios-do-chocolate/>>. Acesso em: 08.02.2022.

ANEXO A – Propriedades na Saturação - REFRIGERANTE R-717 (AMÔNIA)

TEMP.	PRES.	VOLUME ESPECÍFICO		ENTALPIA ESPECÍFICA			ENTROPIA ESPECÍFICA		TEM P
°C	kgf/cm ²	Líquido m ³ /kg v _L x10 ³	Vapor m ³ /kg v _V	Líquido kcal/kg h _L	Liq-vap kcal/kg h _{LV}	Vapor kcal/kg h _V	Líquido kcal/kg.K S _L	Vapor kcal/kg.K S _V	°C
-70,0	0,112	1,3788	9,0090	25,90	349,80	375,70	0,6878	2,4101	-70,0
-65,0	0,159	1,3898	6,4518	31,00	346,85	377,85	0,7124	2,3794	-65,0
-60,0	0,223	1,4010	4,7026	35,63	344,75	380,38	0,7347	2,3525	-60,0
-55,0	0,309	1,4126	3,4866	40,89	341,59	382,48	0,7591	2,3253	-55,0
-50,0	0,416	1,4245	2,6253	46,16	338,38	384,54	0,7830	2,2997	-50,0
-45,0	0,556	1,4367	2,0053	51,44	335,11	386,55	0,8064	2,2755	-45,0
-40,0	0,732	1,4493	1,5521	56,75	331,76	388,51	0,8293	2,2526	-40,0
-35,0	0,951	1,4623	1,2160	62,07	328,33	390,40	0,8519	2,2309	-35,0
-30,0	1,219	1,4757	0,9635	67,41	324,82	392,23	0,8741	2,2102	-30,0
-28,0	1,342	1,4811	0,8805	69,56	323,39	392,95	0,8828	2,2022	-28,0
-26,0	1,475	1,4867	0,8059	71,70	321,94	393,64	0,8915	2,1944	-26,0
-24,0	1,619	1,4923	0,7388	73,86	320,47	394,33	0,9002	2,1867	-24,0
-22,0	1,774	1,4980	0,6783	76,01	318,99	395,00	0,9088	2,1792	-22,0
-20,0	1,940	1,5037	0,6237	78,17	317,50	395,67	0,9173	2,1717	-20,0
-18,0	2,117	1,5096	0,5743	80,33	315,98	396,31	0,9258	2,1645	-18,0
-16,0	2,300	1,5155	0,5295	82,50	314,45	396,95	0,9342	2,1573	-16,0
-14,0	2,514	1,5215	0,4889	84,67	312,90	397,57	0,9426	2,1503	-14,0
-12,0	2,732	1,5276	0,4521	86,85	311,33	398,18	0,9510	2,1433	-12,0
-10,0	2,966	1,5337	0,4185	89,03	309,74	398,77	0,9592	2,1365	-10,0
-8,0	3,216	1,5400	0,3878	91,21	308,13	399,34	0,9675	2,1298	-8,0
-6,0	3,481	1,5464	0,3599	93,40	306,51	399,91	0,9757	2,1232	-6,0
-4,0	3,761	1,5528	0,3343	95,60	304,86	400,46	0,9838	2,1167	-4,0
-2,0	4,060	1,5594	0,3110	97,80	303,19	400,99	0,9919	2,1103	-2,0
0,0	4,379	1,5660	0,2895	100,00	301,51	401,51	1,0000	2,1040	0,0
5,0	5,259	1,5831	0,2433	105,54	297,20	402,74	1,0200	2,0886	5,0
10,0	6,271	1,6008	0,2056	111,12	292,75	403,87	1,0397	2,0738	10,0
15,0	7,427	1,6193	0,1748	116,73	288,16	404,89	1,0592	2,0594	15,0
20,0	8,741	1,6386	0,1494	122,40	283,42	405,82	1,0785	2,0455	20,0
25,0	10,225	1,6588	0,1283	128,11	278,53	406,64	1,0977	2,0320	25,0
30,0	11,895	1,6800	0,1106	133,87	273,48	407,35	1,1166	2,0189	30,0
32,0	12,617	1,6888	0,1044	136,18	271,42	407,60	1,1241	2,0138	32,0
34,0	13,274	1,6977	0,0986	138,51	269,32	407,83	1,1316	2,0086	34,0
36,0	14,165	1,7068	0,0931	140,84	267,19	408,03	1,1391	2,0035	36,0
38,0	14,990	1,7161	0,0880	143,18	265,04	408,22	1,1465	1,9985	38,0
40,0	15,850	1,7257	0,0833	145,53	262,85	408,38	1,1539	1,9934	40,0
42,0	16,742	1,7354	0,0788	147,89	260,62	408,51	1,1613	1,9884	42,0
44,0	17,682	1,7454	0,0746	150,26	258,35	408,61	1,1687	1,9835	44,0
46,0	18,658	1,7555	0,0706	152,64	256,05	408,69	1,1761	1,9785	46,0
48,0	19,673	1,7659	0,0670	155,04	253,69	408,73	1,1834	1,9735	48,0
50,0	20,727	1,7766	0,0635	157,46	251,28	408,74	1,1908	1,9685	50,0
55,0	23,553	1,8044	0,0556	163,63	244,92	408,55	1,2094	1,9559	55,0
60,0	26,657	1,8341	0,0487	170,09	237,95	408,04	1,2285	1,9429	60,0
65,0	30,059	1,8658	0,0428	177,10	229,98	407,08	1,2490	1,9292	65,0

ANEXO B – Diagrama p-h - REFRIGERANTE R-717 (AMÔNIA)

