



UFRJ



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

TIAGO MARTINS GUIMARÃES

ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO
PARA A VALORIZAÇÃO DO RESÍDUO DA PRODUÇÃO DE SUCO DE LARANJA

Rio de Janeiro, RJ
2023

TIAGO MARTINS GUIMARÃES

ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO
PARA A VALORIZAÇÃO DO RESÍDUO DA PRODUÇÃO DE SUCO DE LARANJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos, da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a Obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadores: Fábio De Almeida Oroski
Eveline Lopes Almeida

Rio de Janeiro, RJ
2023

CIP - Catalogação na Publicação

M979e Martins Guimarães, Tiago
ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROCESSO DE
LIOFILIZAÇÃO PARA A VALORIZAÇÃO DO RESÍDUO DA
PRODUÇÃO DE SUCO DE LARANJA / Tiago Martins
Guimarães. -- Rio de Janeiro, 2023.
80 f.

Orientador: Fábio De Almeida Oroski.
Coorientadora: Eveline Lopes Almeida.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Química, Bacharel em Engenharia de Alimentos, 2023.

1. Liofilização. 2. Resíduo. 3. Economia circular.
4. Laranja. I. De Almeida Oroski, Fábio, orient.
II. Lopes Almeida, Eveline, coorient. III. Título.

TIAGO MARTINS GUIMARÃES

ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO
PARA A VALORIZAÇÃO DO RESÍDUO DA PRODUÇÃO DE SUCO DE LARANJA

Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro de Alimentos.

Aprovado em 18 de julho de 2023.

Fábio De Almeida Oroski, D.Sc., UFRJ

Eveline Lopes Almeida, D.Sc., UFRJ

Flávia Chaves Alves, D.Sc., UFRJ

Ricardo Schmitz Ongaratto, D.Sc., UFRJ

Rio de Janeiro, RJ
2023

“Aprender nunca exaure a mente” - Leonardo da Vinci

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Magali e Geraldo, que sempre me apoiaram, ajudaram e estão sempre presentes comigo. Sem vocês, nada que eu fiz, faço e farei seria possível.

Agradeço à minha vó Mariza pelo carinho, afeto e zelo que em todos os momentos da minha criação.

À toda minha família que esteve ao meu lado por todos os dias de luta durante essa jornada árdua e de provação.

Aos meus amigos que sempre me ajudaram a superar as dificuldades, vencer desafios que assumi impossíveis e comemorar conquistas que irão ecoar para sempre. Matheus, Larissa, Thalles, Simões, Gabriel, Mariani, e muitos outros que minha memória falha ao lembrar. Muito obrigado.

À minha apaixonante colega de turma, Isabela, que virou muito mais do que isso após nosso encontro destinado no estágio. Tudo com você fica melhor, muito obrigado por me incentivar, me animar, me puxar e me alegrar. Não seria da mesma forma sem você do meu lado.

Aos meus orientadores, Fábio e Eveline, muito obrigado pela paciência, atenção e disponibilidade mesmo com os desafios do dia a dia.

RESUMO

GUIMARÃES MARTINS, Tiago. **ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO PARA A VALORIZAÇÃO DO RESÍDUO DA PRODUÇÃO DE SUCO DE LARANJA**. Trabalho de Conclusão de Graduação em Engenharia de Alimentos - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

O reaproveitamento dos recursos naturais em processos industriais é um dos focos do conceito de economia circular, reavaliando o ciclo de vida de um insumo e valorizando os resíduos para reintrodução no processo. Nesse contexto, os resíduos da indústria de alimentos podem ser reutilizados em outros processos físicos, químicos e bioquímicos para reaproveitamento completo do insumo utilizado inicialmente. Além de ser gerado em grandes quantidades na indústria de suco, o resíduo da laranja também pode ser obtido em pequenas quantidades em operações do setor de comércio e serviços, como hotéis, supermercados, entre outros. O resíduo da produção de suco de laranja é formado pela casca, a polpa e as sementes, e é visto com muito interesse para ser reintegrado em processos. Por ser composto por vitaminas, nutrientes e minerais, um dos possíveis destinos desse resíduo seria sua modificação para inserção no consumo do público geral. Como possui umidade alta, é necessário que este seja seco imediatamente para evitar contaminação e degradação. Porém, uma desidratação comum reduz a composição do que atribui tanto valor para este resíduo, principalmente vitamina C e outros bioativos. Logo, uma possibilidade para realizar o tratamento deste resíduo, reduzir volume, mantendo-o estável e com alto valor nutricional é a liofilização. A liofilização como processo de desidratação atua de forma mais branda pelo seu mecanismo de ação, mantendo o produto a baixas temperaturas e reduzindo a pressão ambiente. Com isso, não afeta tanto a estrutura do resíduo e mantém os componentes termolábeis. A partir de um estudo de pré-viabilidade econômica e análise de sensibilidade, foi estudada a possibilidade do investimento da tecnologia de liofilização com o objetivo de reaproveitar resíduos de laranja gerados por pequenos estabelecimentos no Rio de Janeiro. A análise de custos e de sensibilidade do estudo retornou um projeto inicialmente viável, porém extremamente sensível aos parâmetros de preço de venda do produto idealizado e taxa de ocupação da planta.

Palavras-chave: Liofilização; Resíduo; Economia circular; Suco de laranja

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Principais países produtores de laranja em milhões de toneladas 2021/2022

Gráfico 2 - Valor da produção de laranja por estado em mil reais (2021)

Gráfico 3 - Análise de sensibilidade do VPL

Gráfico 4 - Análise de sensibilidade da TIR

Gráfico 5 - Análise de sensibilidade do payback descontado

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Rendimento teórico do uso de 100 kg de laranja para produção de suco
- Figura 2 - Diagrama simplificado da produção de suco de laranja concentrado
- Figura 3 - Processo de higienização de laranja
- Figura 4 - Extrator tipo espremedor (FMC) e Extrator tipo corte (Brown)
- Figura 5 - Fluxograma da produção de suco de laranja concentrado com resíduos gerados
- Figura 6 - Fluxograma de processamento dos resíduos gerados
- Figura 7 - Desenho das mudanças de fase da água
- Figura 8 - Mudanças de fase da água em função da pressão e temperatura
- Figura 9 - Foto de liofilizador de escala bancada e industrial
- Figura 10 - Diagrama de borboleta de circularidade
- Figura 11 - Passos do EVTE apresentado
- Figura 12 - Ultracongelador selecionado para o processo
- Figura 13 - KEMOLO FD-50 liofilizador escala piloto
- Figura 14 - Diagrama da operação do liofilizador
- Figura 15 - Saco stand up pouch metalizado com zip lock

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Produção mundial de suco de laranja 2019/2020
- Tabela 2 - Composição de 100g de laranja com casca
- Tabela 3 - Composição de 100 g da casca e polpa de laranja
- Tabela 4 - Custo de manutenção de uma planta química como percentual do investimento fixo
- Tabela 5 - Itens básicos de escritório
- Tabela 6 - Itens auxiliares da produção
- Tabela 7 - Tabela de custo de instalação de equipamentos
- Tabela 8 - Componentes do valor investimento inicial
- Tabela 9 - Relação dos principais custos de equipamentos com utilidades
- Tabela 10 - Relação dos custos com embalagens
- Tabela 11 - Cargos e salários atribuídos da operação
- Tabela 12 - Custos de produção
- Tabela 13 - Despesas operacionais
- Tabela 14 - Demonstração de Resultado do Exercício resumido
- Tabela 15 - Fluxo de Caixa resumido
- Tabela 16 - Indicadores econômicos do cenário base
- Tabela 17 - Variação do preço de venda do produto
- Tabela 18 - Variação da folha salarial
- Tabela 19 - Variação da taxa de ocupação da planta
- Tabela 20 - Variação do custo total de aquisição do liofilizador
- Tabela 21 - Variação do custo de energia elétrica
- Tabela 22 - Variação do custo de compra da matéria prima

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Métodos de desidratação na indústria de alimentos

Quadro 2 - Características do ultra congelador definido

Quadro 3 - Características do liofilizador definido

Quadro 4 - Características do triturador definido

Quadro 5 - Análise do mercado de produtos liofilizados

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FCOJ	<i>Frozen Concentrated Orange Juice</i>
FC	Fluxo de Caixa
DRE	Demonstração de Resultado do Exercício
VPL	Valor Presente Líquido
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
EVTE	Estudo de Viabilidade Técnico e Econômica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. Suco de laranja - Contextualização	18
3.2. Suco de laranja - Produção	21
3.3. Suco de laranja - Resíduos gerados	26
3.4. Processamento - Liofilização	31
3.5. Economia circular	36
4. METODOLOGIA	39
4.1. Investimento inicial	40
4.2. Capital de giro	40
4.3. Custos de produção	40
4.3.1. Custos variáveis	40
4.3.2. Custos fixos	42
4.4. Despesas operacionais	43
4.5. Localização	44
4.6. Depreciação	44
4.7. Imposto de renda	44
4.8. Receitas	45
4.9. Elaboração das demonstrações contábeis	45
4.10. Indicadores de viabilidade econômica e análise de sensibilidade	46
5. RESULTADOS	48
5.1 Estimativa de investimento	48
5.2 Localização	55
5.3 Estimativa de custos de produção	55
5.3.1 Estimativa dos custos variáveis	55
5.3.2 Estimativa dos custos fixos	58
5.4 Estimativa de despesas operacionais	59
5.5 Depreciação	60
5.6 Capital de giro	60
5.7 Estimativa de receitas	61
6. DISCUSSÃO	63
7. CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1. INTRODUÇÃO

A laranja é uma fruta milenar, presente no dia a dia de bilhões de pessoas, apresentando interessante potencial nutritivo. É uma fruta versátil e aplicada em inúmeras utilidades por todo mundo, sendo o principal destino a produção de suco de laranja - aproximadamente 40% do volume mundial da produção de laranja é alocado para esse propósito (CONAB, 2020).

O Brasil é o maior produtor de laranja do mundo. De forma conjunta, também é o maior país produtor e exportador de suco de laranja. A indústria citrícola brasileira é a maior do mundo, sendo responsável por 80% do volume de exportação de suco de laranja mundial e é centralizada no estado de São Paulo (CONAB, 2020).

Um dos maiores problemas da indústria de sucos é a formação de resíduos sólidos e efluentes no processamento. Na produção de suco de laranja, aproximadamente 50% do volume de fruta utilizado como insumo é descartado como resíduo. Este é formado principalmente pela casca da fruta, polpa e sementes, cuja composição básica é composta principalmente por fibras, vitaminas e minerais em alta concentração (Zema, 2018).

Atualmente, esse subproduto da produção de suco de laranja é utilizado majoritariamente como alimentação para ruminantes, sendo uma destinação menos nobre diante do seu potencial. É utilizado também para compostagem ou incineração com objetivo de gerar energia, embora haja geração de gases indesejáveis. Ainda existem outras formas de aproveitamento deste resíduo, como extração de óleos essenciais da casca da laranja (Siddiqui, 2022). Embora seja um uso mais nobre e que agrega mais valor à matéria prima, a extração de óleos essenciais utiliza apenas parte do resíduo, sendo uma resolução parcial.

Sendo um insumo de qualidade nutricional considerável e volume disponível significativo, novas oportunidades para uso deste resíduo constantemente se apresentam. Um mercado crescente é a de produtos funcionais e bioativos, cujo atrativo é possuir ingredientes com potencial de trazer saúde e bem-estar ao usuário, com alto teor de vitaminas e minerais. O mercado de alimentos funcionais mundial foi avaliado em 178 bilhões de dólares em 2019, e

estima-se que alcance 268 bilhões em 2027, o que representa uma taxa de crescimento anual de 6,7% (Allied Market Research, 2021).

O efeito positivo na saúde relacionado ao consumo de frutas cítricas é atribuído à presença de compostos bioativos (Rossa, Ziskac, Ke Zhaod e ElSohlya, 2000), como vitamina C (Knekt *et al.*, 2004), e carotenóides (Craig, 1997). O consumo de todas as partes comestíveis do fruto deve ser feito para maximizar a assimilação dos compostos bioativos presentes, principalmente devido ao fato de que a maior parte destes compostos está presente no denominado bagaço e é perdido quando há apenas o consumo do suco de laranja (Abeyasinghe *et al.*, 2007).

Algumas iniciativas já foram realizadas com objetivo de valorizar o resíduo da laranja, especificamente a formulação de novos produtos, porém um grande empecilho no tratamento desse resíduo é a termoestabilidade dos componentes presentes. Tratamentos térmicos agressivos geram perdas extensivas à qualidade nutricional dos alimentos (Aider, 2009; Sucupira, 2012; Mohammadi, 2020). Processos alternativos de desidratação devem ser estudados ao tratar de possíveis produtos com alto teor de componentes voláteis bioativos. Um desses processos é a liofilização, um método de desidratação do produto congelado que permite a retenção da estabilidade estrutural celular do alimento, mantendo sua integridade nutricional e composição química (Fellows, 2017). Com esta rota de processamento do resíduo, é possível garantir um produto diferenciado e com potenciais nutritivos e de saúde extensos.

A tecnologia de liofilização apresenta certo grau de dificuldade de aplicação na indústria, principalmente pelo alto custo de equipamentos e operação. Alimentos cujo foco é a presença de aromáticos e voláteis como café, sopas e bebidas solúveis são uma parte da indústria de alimentos que já utilizam essa tecnologia, embora seja ainda um nicho de mercado no Brasil (Fellows, 2017).

Parte da população brasileira apresenta hábitos alimentares razoavelmente saudáveis, ou seja, baseados no consumo de alimentos naturais (feijão, frutas, vegetais e peixe) e baixo

consumo de carne vermelha (Santin *et al.*, 2022), porém iniciativas de saúde pública se tornam necessárias para garantir níveis de micronutrientes em toda população, como foi a introdução do iodo no sal ou ferro e ácido fólico na farinha de trigo. A inserção do produto liofilizado do resíduo da laranja, com alto teor de ácido ascórbico, cálcio e fibra alimentar no cotidiano do brasileiro, é uma alternativa que não apenas otimiza o rendimento dos insumos utilizados na indústria por aproveitar todas as partes da produção, como também aumenta a presença no mercado de produtos com apelo nutritivo e funcional.

A busca por tecnologias que otimizem recursos que estejam ao alcance do engenheiro de alimentos vai de encontro ao objetivo de desenvolvimento sustentável da ONU (ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis). O intuito final é garantir a maximização do ciclo de vida dos insumos sendo utilizados, gerando produtos inovadores, com potencial nutricional, de bem-estar e saúde à sociedade. Nesse contexto, o aproveitamento do resíduo da produção de suco de laranja, pelo processo de liofilização, transformando-o em um produto com aspecto farináceo, se apresenta como uma alternativa para o mercado brasileiro. Esse produto, o resíduo da produção de laranja, contendo casca, polpa e semente, passa pelo processo de liofilização, em seguida é triturado. Desta forma, pode ser usado para enriquecimento de outras matrizes alimentícias ou ainda consumido para suplementação nutricional da dieta.

Embora a geração de resíduos em grandes indústrias seja extremamente volumosa, essa formação em estabelecimentos urbanos como mercados, hotéis e restaurantes não é desconsiderável. Portanto, o uso da tecnologia de liofilização para redução de resíduos orgânicos gerados nas cidades é uma possibilidade de ressignificação de subprodutos associada diretamente ao conceito de economia circular e de grande impacto sócio-ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade técnica e econômica de uma linha de produção para reaproveitamento dos resíduos gerados pela produção de suco de laranja em estabelecimentos urbanos, baseada na tecnologia de liofilização para inovar com um produto farináceo com alto valor nutricional e funcional.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar insumos, produtos e subprodutos na produção;
- Estimar custos de operação e de aquisição de equipamentos (focado no liofilizador);
- Analisar os resultados do estudo de pré-viabilidade e identificar as variáveis de maior impacto na viabilidade econômica a partir da análise de sensibilidade do projeto.

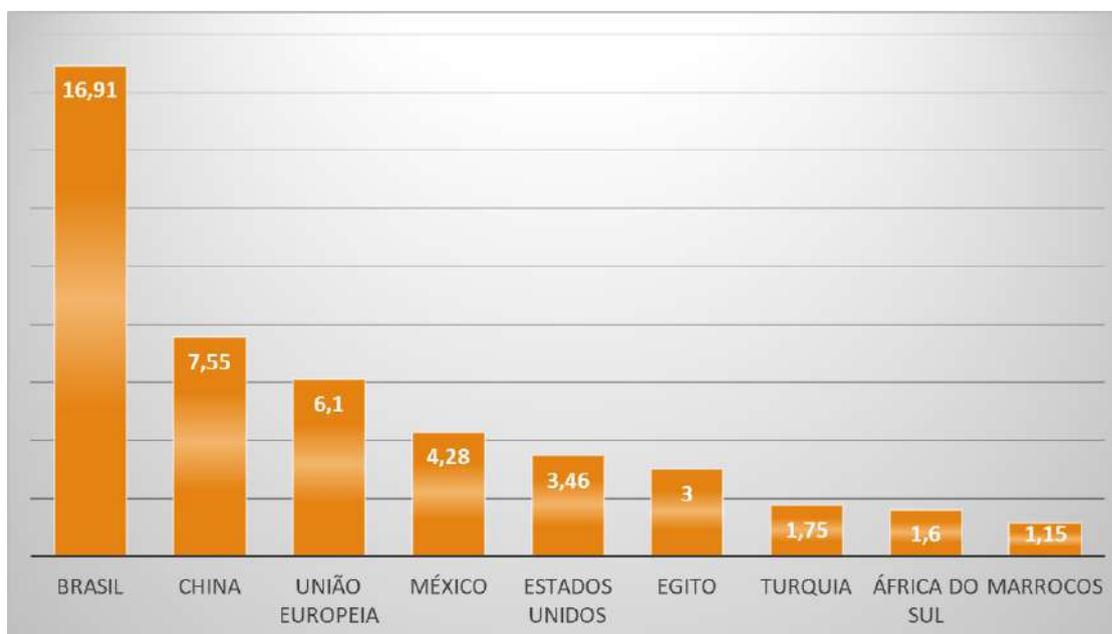
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No capítulo a seguir, estão estruturados os principais conceitos do estudo realizado, com intuito principal de estabelecer o ambiente onde está inserido o possível investimento. Contextualizando a produção de suco de laranja, seu mercado, suas etapas e os resíduos gerados. Após isto, a caracterização dos resíduos sólidos e suas atuais utilidades, seguido pela revisão da tecnologia de liofilização.

3.1. Suco de laranja - Contextualização

A laranja é uma das frutas mais tradicionais de consumo global, com volume médio anual de produção mundial de 45,8 milhões de toneladas, sendo 17 milhões de toneladas apenas no Brasil, como ilustrado no Gráfico 1 (FAO; USDA, 2022). Embora São Paulo tenha majoritária participação neste volume, a produção de laranja é uma condição nacional, em que todas as unidades federativas contribuem com parte deste volume. Isso se dá pela natureza da fruta e sua árvore frutífera, cuja condição do solo brasileiro de forma geral se encontra favorável para seu plantio e colheita.

Gráfico 1 - Principais países produtores de laranja em milhões de toneladas 2021/2022



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO; USDA (2022)

Mundialmente, o Brasil é o maior produtor do fruto, seguido pela China e União Europeia. De todo o volume produzido, 36% da fruta é destinada diretamente para a produção de suco de laranja, principalmente no Brasil, União Europeia e México. O Brasil é responsável pela produção mundial de 60% do volume de suco de laranja, sendo São Paulo o principal estado transformador e produtor. Em 2020, São Paulo foi responsável por 97% do volume de suco de laranja exportado pelo Brasil (Vidal, 2021). Outros países produtores de suco de laranja apresentam uma participação bem inferior à brasileira, conforme apresentado na Tabela 1. Outro ponto relevante é a participação no mercado exportador de suco de laranja do Brasil, sendo 80% do volume exportado mundialmente oriundo da produção brasileira. (Banco do Nordeste, 2021).

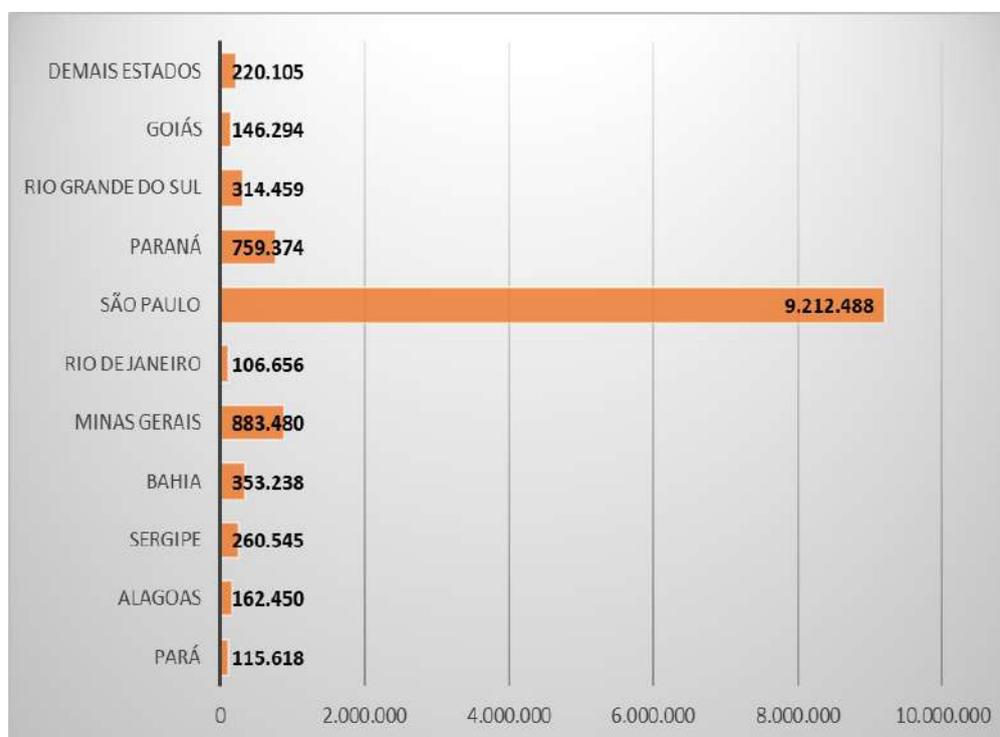
Tabela 1 - Produção mundial de suco de laranja 2019/2020

País	Brasil	Estados Unidos	México	União Europeia	Mundo
Volume (em mil toneladas)	992	330	196	81	1.772

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USDA (2020)

Além do mercado do fruto ser muito bem estruturado e estabelecido, também está em crescimento contínuo. A expectativa é que de 2022 para 2023, o crescimento de volume produzido de laranja no Brasil seja de 15% (Fundecitrus, 2022). A produção de laranja é responsável pela movimentação de mais de 12 bilhões de reais por ano, dividido pelos estados brasileiros, como apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Valor da produção de laranja por estado em mil reais (2021)



Fonte: IBGE, 2021

3.2. Suco de laranja - Produção

A laranja (*Citrus sinensis*) é uma das frutas mais consumidas do mundo, tendo sua origem de consumo registrada em manuscritos chineses datados de 2200 AC. Seu consumo regular em diversas regiões no mundo é associado à composição do fruto e aos benefícios na saúde envolvidos (Fernandes, 2010). A laranja possui alto teor de beta-caroteno, folato, tiamina e potássio, além de ser uma das fontes naturais mais ricas em vitamina C e ainda de baixo valor calórico. Estas características estão expostas na Tabela 2:

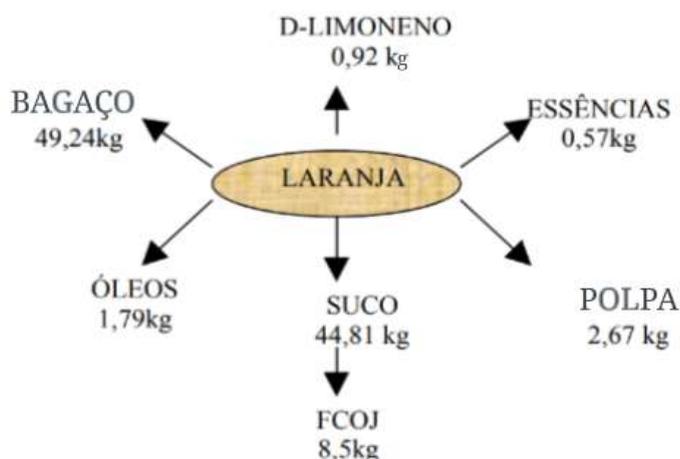
Tabela 2 - Composição de 100g de laranja com casca

Componente	Composição
Valor energético (kcal)	63
Proteína (g)	1,3
Gorduras totais (g)	0,3
Carboidratos (por diferença) (g)	15,5
Fibra alimentar (g)	4,5
Minerais	
Cálcio (mg)	70
Potássio (mg)	196
Vitaminas	
Vitamina C, ácido ascórbico total (mg)	71
Tiamina (mg)	0,1

Fonte: TACO, 2011 e TABNUT, 2016

A partir da laranja, o processo produtivo de suco da fruta gera diversos subprodutos, esquematizados na figura 1.

Figura 1 - Rendimento teórico do uso de 100 kg de laranja para produção de suco

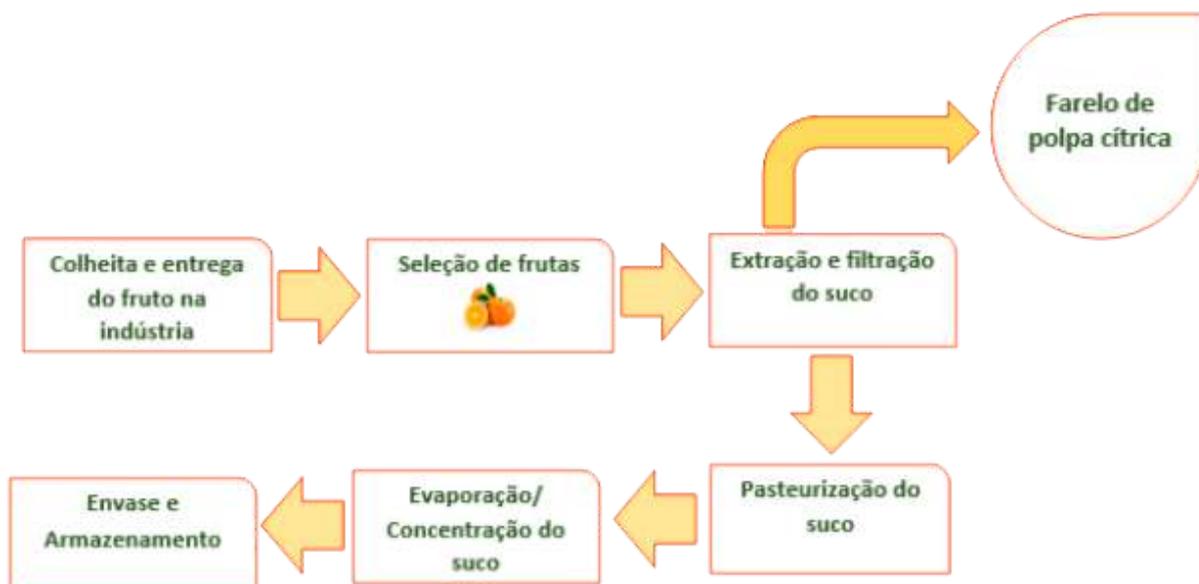


Fonte: CETESB (2005)

O suco concentrado facilita a estocagem e o transporte de volume muito grande. Dentre os outros componentes, o bagaço é o maior componente resultante do processamento de laranja, sendo aproximadamente 50% do rendimento da produção (Fernandes, 2010; Zema, 2018). O bagaço é a massa seca da laranja, composto principalmente pela casca, semente, albedo e polpa. Além deste subproduto, óleos, essências e D-limoneno também são extraídos como resultado da produção de suco de laranja, sendo a essência resultado do processo de evaporação para concentração do suco e os óleos e D-limoneno, componentes extraídos da casca de laranja (Andrade, 2014; Castro, 2020).

A produção de suco de laranja concentrado é composta por várias etapas, conforme ilustrado na Figura 2. As etapas de produção de suco de laranja consistem na recepção, seleção, estocagem do fruto, higienização, extração e filtração do suco, tratamento térmico, concentração, envase, armazenamento e distribuição.

Figura 2 - Diagrama simplificado da produção de suco de laranja concentrado



Fonte: Citrosuco (2017)

As etapas de colheita e de entrega dos frutos à indústria de processamento são processos realizados por terceiros. As laranjas são descarregadas diretamente em esteiras para inspeção visual, remoção de sujidades grosseiras (galhos, folhas) e para a retirada de frutos impróprios (defeituosos, ponto de maturação inadequado, contaminados). Se a fruta for considerada inapta para prosseguir no fluxo produtivo, ela segue diretamente para estoque de resíduo (juntamente com os resíduos do processo). Após essa etapa, são estocadas em ambientes ventilados e ao abrigo do sol para serem processadas (Pereira *et al.*, 2018). Ao serem levadas para a linha de processamento, passam pela etapa de higienização, feita com água e solução desinfetante à base de cloro, sendo a primeira a etapa de limpeza para remoção de resíduos orgânicos e minerais na superfície e a segunda etapa de sanitização para redução da carga microbiana (Figura 3) (Ringblom, 2017; Pereira *et al.*, 2018; Embrapa, 2021).

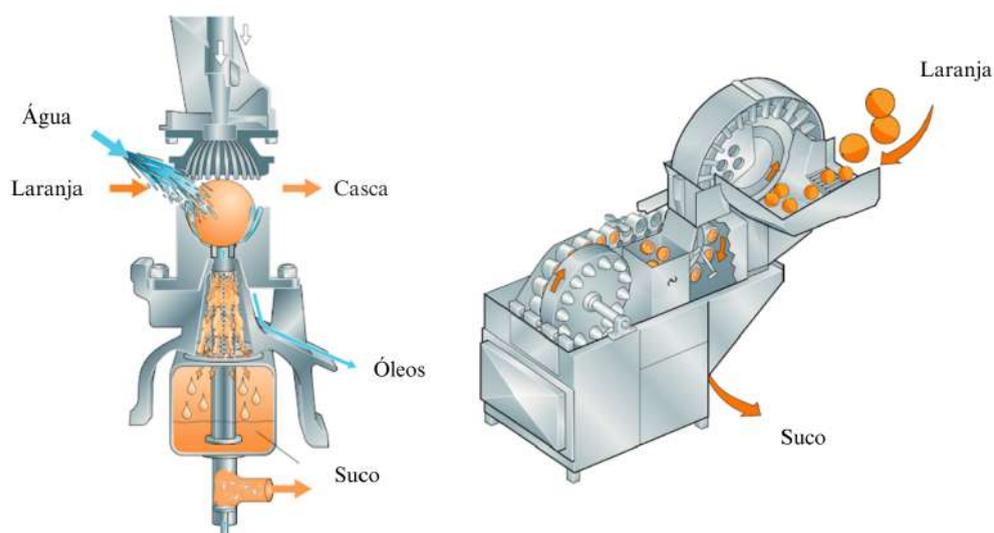
Figura 3 - Processo de higienização de laranja



Fonte: Governo do estado de Sergipe, 2014

O processo seguinte ao da higienização das frutas é a operação de extração do suco. Há diversos tipos de extratoras, dependendo da forma de operação, rendimento, força aplicada, entre outros. Dois principais tipos são o espremedor (FMC) e o de corte (Brown) (Ringblom, 2017), ilustrados na figura 4. A etapa de extração consiste em espremer as laranjas inteiras ou cortadas por pressão mecânica evitando a entrada de bagaço, sementes ou óleos de outros componentes da fruta para garantir a qualidade final do suco. O extrator Brown corta a laranja em dois hemisférios, sendo cada um seguro por um copo. A extração é feita pela pressão de um cone, à metade cortada do fruto. As extratoras FMC são máquinas que contém um conjunto de cinco copos. Quando o fruto entra na extratora, a laranja é colocada automaticamente no copo inferior; o copo superior desce comprimindo a fruta contra o cortador inferior localizado na extremidade do tubo coador, que abre um orifício na fruta, através do qual o suco escoar, sem entrar em contato com a casca. A extração é finalizada com a compressão do material retido dentro do tubo coador e a casca é expelida por um espaço anular no copo superior e as membranas e sementes saem pelo orifício central do elemento que comprime o material existente no interior do tubo coador, na fase final de extração. O modelo de extratora adotado por todas as empresas nacionais do setor é da FMC (CETESB, 2005).

Figura 4 - Extrator tipo espremedor (FMC) e Extrator tipo corte (Brown)



Fonte: Ringblom (2017)

Embora haja pontos positivos e negativos para ambos os equipamentos, o extrator tipo espremedor (FMC), é o mais utilizado mundialmente e reconhecido por produzir um suco de maior qualidade final, evitando contato com casca, polpa e sementes (ZEMA, 2018). O resultado da extração - o suco - segue para processo de pasteurização para assegurar segurança alimentar do produto.

A polpa da laranja ainda apresenta volume de suco considerável em sua matriz e pode ser lavada para aproveitar recursos que estão facilmente utilizáveis, gerando um suco de baixa concentração a partir dessa lavagem. Este é misturado com o suco obtido na extração da fruta antes do tratamento térmico e concentração (Ringblom, 2017; CETESB, 2005).

O suco de laranja cru é mantido resfriado em um tanque pulmão durante o processo para evitar contaminações e é encaminhado para o pasteurizador (80-95°C), onde sofre o tratamento térmico em trocador de calor tubular ou de placas. A partir desse ponto, o suco pode ser envasado e vendido como suco não concentrado ou seguir no processamento para evaporação e concentração do suco. O processo de evaporação auxilia na redução de custos de

transporte e armazenamento, além de prolongar a vida útil do suco por inibição microbiológica, porém gera perda de compostos bioativos e antioxidantes, além de *flavors* delicados (Kimball, 1999).

A evaporação tem como objetivo reduzir o conteúdo de água presente no suco, elevando a concentração de sólidos totais presentes. Desta forma, o volume total do produto é reduzido e os custos de frete e manipulação são reduzidos. A partir desse processo, o suco concentrado é o resultado principal e as essências carregadas pela água como subproduto da evaporação. Esse produto secundário da evaporação pode ser misturado novamente ao suco concentrado ou vendido separadamente como um novo produto. Posteriormente, o concentrado deve ser homogeneizado, resfriado e está pronto para ser envasado e distribuído (Ringblom, 2017; CETESB, 2005).

3.3. Suco de laranja - Resíduos gerados

A produção de suco de laranja gera enormes quantidades de resíduos, equivalente a 50% do peso do fruto. Nesse contexto, é necessário identificar quais oportunidades existem para a valorização desses resíduos e listá-las individualmente para otimização do rendimento do processo.

Por ser um campo atrativo para melhoria do reaproveitamento de resíduos, atualmente há diversos estudos e iniciativas para transformar a indústria de suco de laranja em uma economia circular, sem haver perdas de processo por descarte de resíduos. O volume e valor agregado do processo gera abundância de oportunidades neste sistema ideal para exploração de diversas opções de reaproveitamento de resíduos.

Considerando economia circular como conceito econômico com a principal ideia, nesse caso, de re-significar um resíduo subvalorizado atualmente, a formação de uma nova rota produtiva criada como extensão do fluxo produtivo já estabelecido é ideal.

Nesse contexto, é estrutural avaliar a composição e volume gerado de cada tipo de resíduo no processamento da laranja. O bagaço é majoritariamente formado pela casca (66%), seguido pela polpa (32%) e sementes (2%) (Zema, 2018). As composições das partes do resíduo variam de acordo com época, pluviometria, região, solo, entre outros fatores. Porém, de forma geral, a composição das frações do resíduo segue uma média, indicadas separadamente na tabela 3 a seguir:

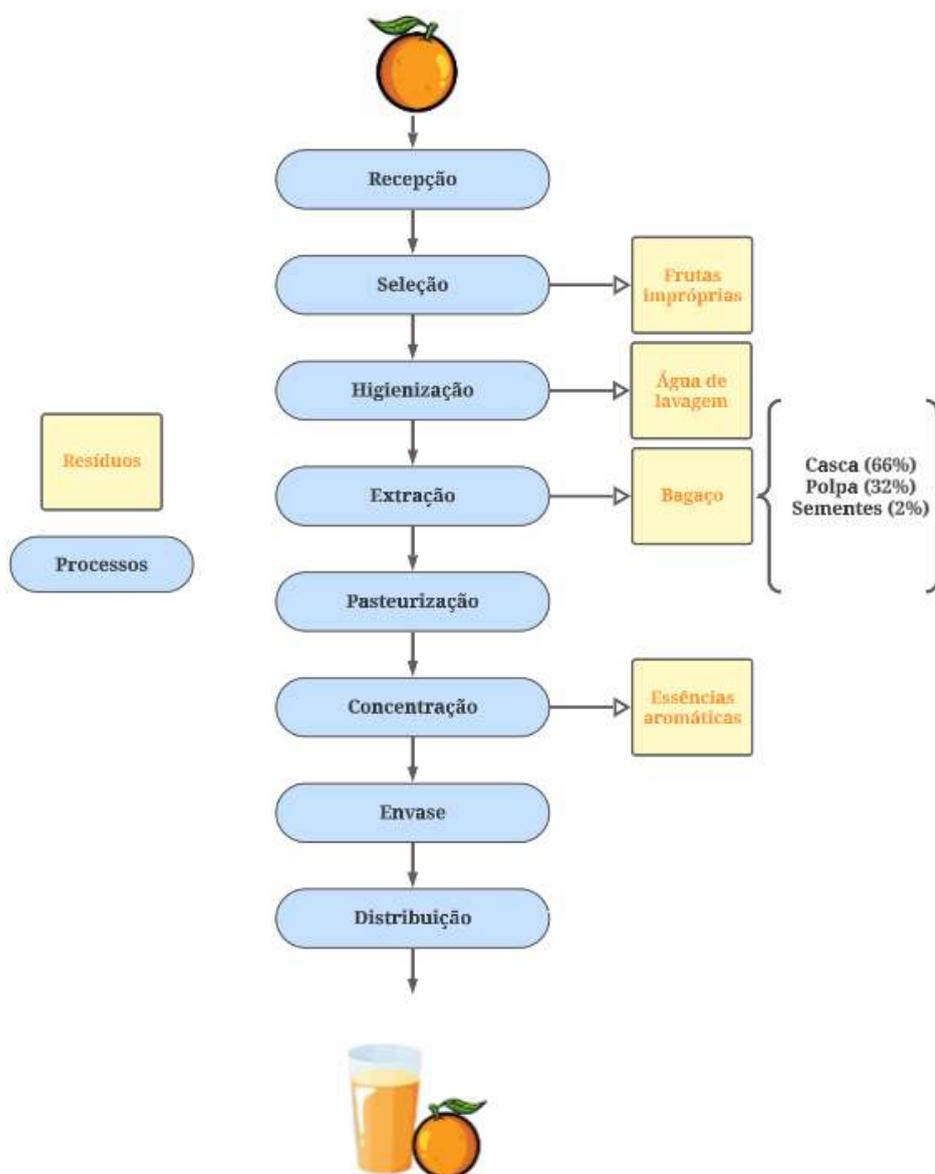
Tabela 3 - Composição de 100 g da casca e polpa de laranja

Componentes	Composição
Casca de laranja	
Umidade (g)	72
Fibra Alimentar (g)	11
Cálcio (mg)	161
Vitamina C (mg)	136
Polpa de laranja	
Umidade (g)	81
Fibra Alimentar (g)	22
Cálcio (mg)	16
Vitamina C (mg)	3,88

Fonte: TABNUT, 2016

Neste ponto, é relevante avaliar o processo produtivo como um todo, acoplado com os resíduos gerados em cada etapa. No fluxograma (Figura 5) apresentado a seguir, estão as etapas produtivas de suco de laranja juntamente com os respectivos resíduos gerados.

Figura 5 - Fluxograma da produção de suco de laranja concentrado com resíduos gerados

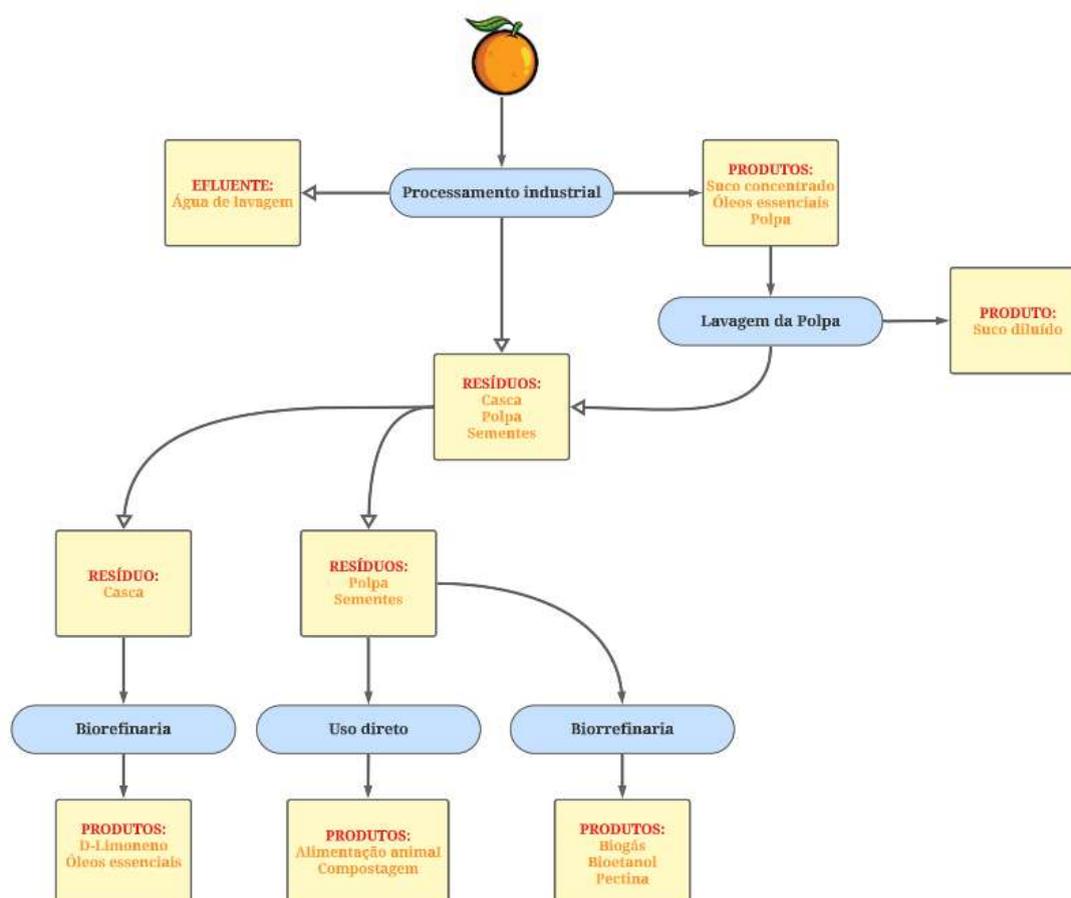


Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2005) e Pereira *et al.* (2018)

Na etapa de extração há formação de diversos resíduos e, portanto, inúmeras possibilidades para reaproveitamento destes. Atualmente, quase todo volume gerado do bagaço é encaminhado para alimentação animal de ruminantes, principalmente pelo alto teor proteico e de fibras alimentares (CETESB, 2005). Entretanto, com resíduos que caracterizam

oportunidades de valorização para diversos mercados, inúmeras rotas de reaproveitamento estão sendo estudadas para aproveitamento destes resíduos, como produção de bioóleo e biocarvão, produção de pectina e extração de óleos essenciais. Estas oportunidades de valorização envolvem tecnologias que se baseiam em diversos processos químicos e físicos como hidrólise ácida, evaporação, maceração, entre outros (Zema, 2018; Andrade, 2014; Castro, 2020). A Figura 6 foi organizada para ilustrar as oportunidades envolvidas.

Figura 6 - Fluxograma de processamento dos resíduos gerados



Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2005) e Zema (2018)

Entre as opções de valorização está a exploração da qualidade nutricional, funcional e funcional do bagaço para produção de uma farinha para inserção em outras matrizes alimentares, como por exemplo, produtos de panificação e confeitaria (Aparecido, 2016). A

farinha se apresenta como um excelente produto a ser introduzido em um mercado onde há busca contínua por saúde, bem-estar e qualidade de alimentação.

A alegação de propriedades funcionais é definida pela Portaria nº 398, de 30 de abril de 1999 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. O conceito de alimento funcional é estabelecido como todo alimento ou ingrediente que ao ser consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos, fisiológicos e benefícios à saúde para além de suas propriedades nutricionais básicas, devendo ser seguro ao consumo sem a necessidade de acompanhamento médico (Anvisa, 1999).

Um país como o Brasil, onde boa parte da população carece de ingestão de fibras diárias, além de vitaminas e minerais, apresenta-se como um mercado ideal para expansão de um produto rico nesses componentes. Logo, a união de um país com um consumo expressivo e rotineiro de suco de laranja com uma população com deficiência em ingestão de componentes que se encontram de forma abundante no resíduo de estabelecimentos urbanos se mostra como uma oportunidade interessante e que deve ser explorada.

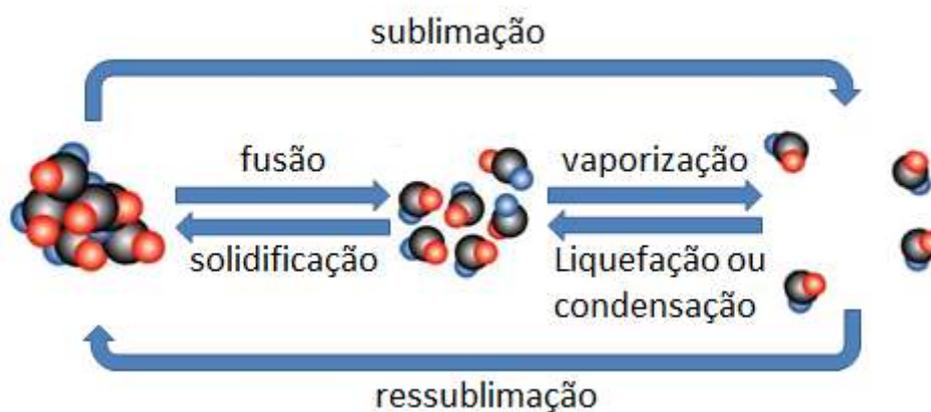
Em estudos atuais, a produção dessa farinha é realizada por meio da secagem com forno desidratador em alta temperatura e posterior trituração dos resíduos da produção do suco de laranja (Rapina *et al.*, 2017; Aparecido, 2016; Andrade, 2021). No caso do estudo realizado por Rapina *et al.* (2017), as sementes do resíduo foram separadas do restante (polpa, albedo e casca) e descartadas para evitar um gosto amargo muito forte. A obtenção por esse método é interessante, porém pode gerar perda de micronutrientes, devido ao tratamento térmico aplicado, principalmente vitamina C, degradada muito rapidamente em ensaios de pasteurização (processos com temperatura na faixa de 60 °C – 80 °C) (Sucupira, 2012).

Portanto, um ensaio em operações não baseadas em processos com altas temperaturas por longos períodos é uma alternativa relevante. Nesse contexto, a liofilização se apresenta como uma possibilidade de aplicação interessante.

3.4. Processamento - Liofilização

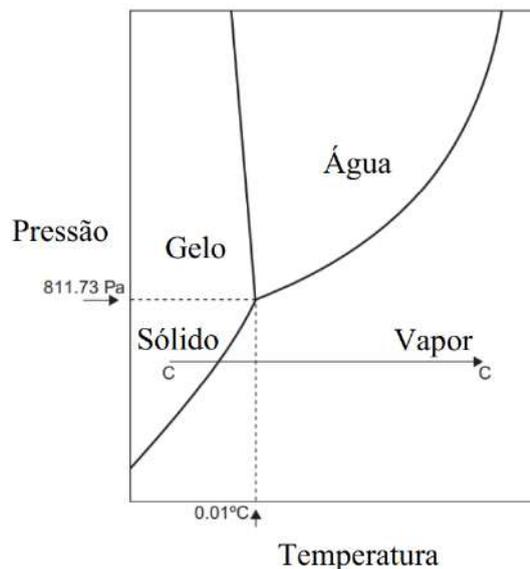
A liofilização é um processo de redução da umidade dos alimentos pelo processo de separação da água da matriz do alimento por sublimação, ilustrada na Figura 7 e 8 (Marques, 2015; Fellows, 2017). O vapor d'água é removido dos alimentos congelados com aumento gradativo da temperatura sob vácuo com redução de pressão até se obter um produto estável seco. A água congelada do alimento muda de fase sem alterar os componentes das paredes celulares do alimento, mantendo mais de 80% dos voláteis e aromas do produto (Marques, 2008; Pitombo, 1990)

Figura 7 - Desenho das mudanças de fase da água



Fonte: Khan Academy (2023)

Figura 8 - Mudanças de fase da água em função da pressão e temperatura



Fonte: Fellows, 2017 (adaptado)

O processo se baseia em diversas etapas, iniciando pelo congelamento rápido do alimento para produzir cristais de gelo pequenos, reduzindo danos às estruturas celulares. Na segunda etapa, o alimento é levado a uma câmara, onde a pressão é reduzida e o ar aquecido lentamente para gerar sublimação da água congelada (aquecimento pode ser realizado por micro-ondas também). A temperatura do alimento é elevada até aproximadamente a temperatura ambiente mantendo baixa pressão para extrair o máximo de água possível do alimento (Fellows, 2017; Kumar & Nautiyal, 2017).

Os conceitos do processo de liofilização são utilizados há séculos. Os Incas congelavam batatas no topo de montanhas à noite e secavam durante o dia. Em 1890, Altmann publicou um método para preparação de tecidos biológicos utilizando liofilização (em inglês, “*Freeze Drying*”). No período da Segunda Guerra Mundial, produtos farmacêuticos (como plasma e penicilina) e alimentos foram desenvolvidos utilizando essa tecnologia para facilitar o manejo para as tropas. Porém, devido aos altos custos e longos tempos de operação da liofilização, outros processos foram preferidos para a produção de alimentos, como a desidratação por

spray dryer, uma forma de secagem de um líquido ou suspensão por pulverização em gotículas aplicado na indústria de alimentos para produção de leite em pó, café solúvel, entre outros (Corver, 2009).

Atualmente, o principal uso do processo de liofilização na indústria de alimentos é a produção de frutas liofilizadas (The Brainy Insight, 2023). Seu mercado ainda está centralizado em países do hemisfério norte, como Estados Unidos, China e União Europeia, embora o Brasil já possua empresas de produtos liofilizados. Um dos principais atores na Europa é a empresa *European Freeze Dry*, que possui mais de 50 anos de operação, portfólio variado de produtos liofilizados e produção em 2 países. Para o nicho de frutas desidratadas, esta empresa apresenta apenas 9 produtos (como mirtilo, framboesa e morango), nenhuma delas sendo frutas tropicais (Mordor Intelligence, 2020).

Relatórios de mercado estimam que os produtos liofilizados tenham potencial de crescimento nos próximos anos a uma taxa média de crescimento anual de 8,5%. Em 2018, o faturamento mundial de alimentos liofilizados foi de US\$ 55 bilhões, segundo relatório da consultoria Mordor Intelligence (2020). No Brasil, a maior empresa de produtos liofilizados opera há 5 anos no setor, localizada no interior de São Paulo, e apresenta faturamento anual na margem de R\$1,5 milhão (Econodata, 2021).

Liofilizadores são equipamentos complexos, com bomba de vácuo, trocador de calor e sistemas de controle complexos já acoplados inicialmente ao sistema. Porém, é necessária uma etapa de congelamento prévia para entrada no equipamento. Dessa forma, embora haja escalas diferentes de liofilizadores, são máquinas que requerem alto investimento para aquisição. Na Figura 9, estão apresentados dois tamanhos diferentes de liofilizadores utilizados na indústria de alimentos, sendo o primeiro de escala de bancada e o segundo de escala industrial.

Figura 9 - Foto de liofilizadores de escala bancada e industrial



Fonte: Equipamentos Terroni (2023)

Em análise comparativa, os principais métodos de desidratação empregados na indústria são de desidratação por circulação de ar quente, *spray drier* e liofilização. O Quadro 1 mostra as principais diferenças entre os métodos.

Quadro 1 - Métodos de desidratação na indústria de alimentos

Parâmetro	Circulação de ar quente	<i>Spray drier</i>	Liofilização
Reidratação	Lenta ²	Rápida ^{3,4}	Rápida ^{2,3}
Rendimento	Rendimento inferior de desidratação ²	Bom rendimento de desidratação ⁴	Melhor rendimento de desidratação ^{2,3}
Perda	Perda considerável de massa no produto seco ^{2,3}	Manutenção do produto seco ⁴	Manutenção do produto seco ^{2,3}
Investimento	Menor investimento inicial ²	Investimento inicial alto ⁴	Maior investimento inicial ²
Custo	Menor custo operacional ^{1,3}	Custo operacional alto ^{1,2}	Maior custo operacional ^{1,3,4}
Digestibilidade	Redução na digestibilidade ²	Manutenção da digestibilidade ⁴	Aumento da digestibilidade ³
Perdas de nutrientes	Perda de nutrientes extensa ²	Perda de nutrientes ¹	Manutenção de nutrientes ^{1, 2, 3}

Fonte: Autoria própria a partir de Embrapa (2010)¹, Fellows (2017)², Marques (2008)³ e Heldman (1997)⁴

Embora seja um processo com alto investimento inicial de equipamentos e elevado gasto de energia, a liofilização se apresenta como o principal processo para redução de atividade de água de alimentos, cujas características principais são presença de nutrientes voláteis e termicamente degradáveis, sendo utilizada principalmente em alimentos como café, sopas, frutas, entre outros (Aider, 2009). Além disso, o processo de liofilização garante a manutenção da estrutura celular do alimento, facilitando consideravelmente na reidratação do produto (Mohammadi, 2020).

No caso estudado, os principais componentes termolábeis que são conservados com processo de liofilização, são o ácido ascórbico (Sucupira, 2012), fenólicos (Nóbrega, 2012) e beta-caroteno (Mohammadi, 2020). Estudos apontam a retenção quase total dos compostos citados acima em operações de desidratação de frutas realizada com liofilizadores. Embora

não seja uma análise completa dos nutrientes presentes na laranja, estes componentes são centrais nas manutenções fisiológicas do ser humano e este rendimento de retenção configura uma oportunidade para reaproveitamento do resíduo da produção de suco de laranja como insumo para outros processos.

Considerando a farinha com este fim, é possível realizar sua produção definindo duas operações unitárias simplificadas como secagem (liofilização) e redução da granulometria (trituração); nessa ordem, principalmente pela facilidade de manipular um produto seco.

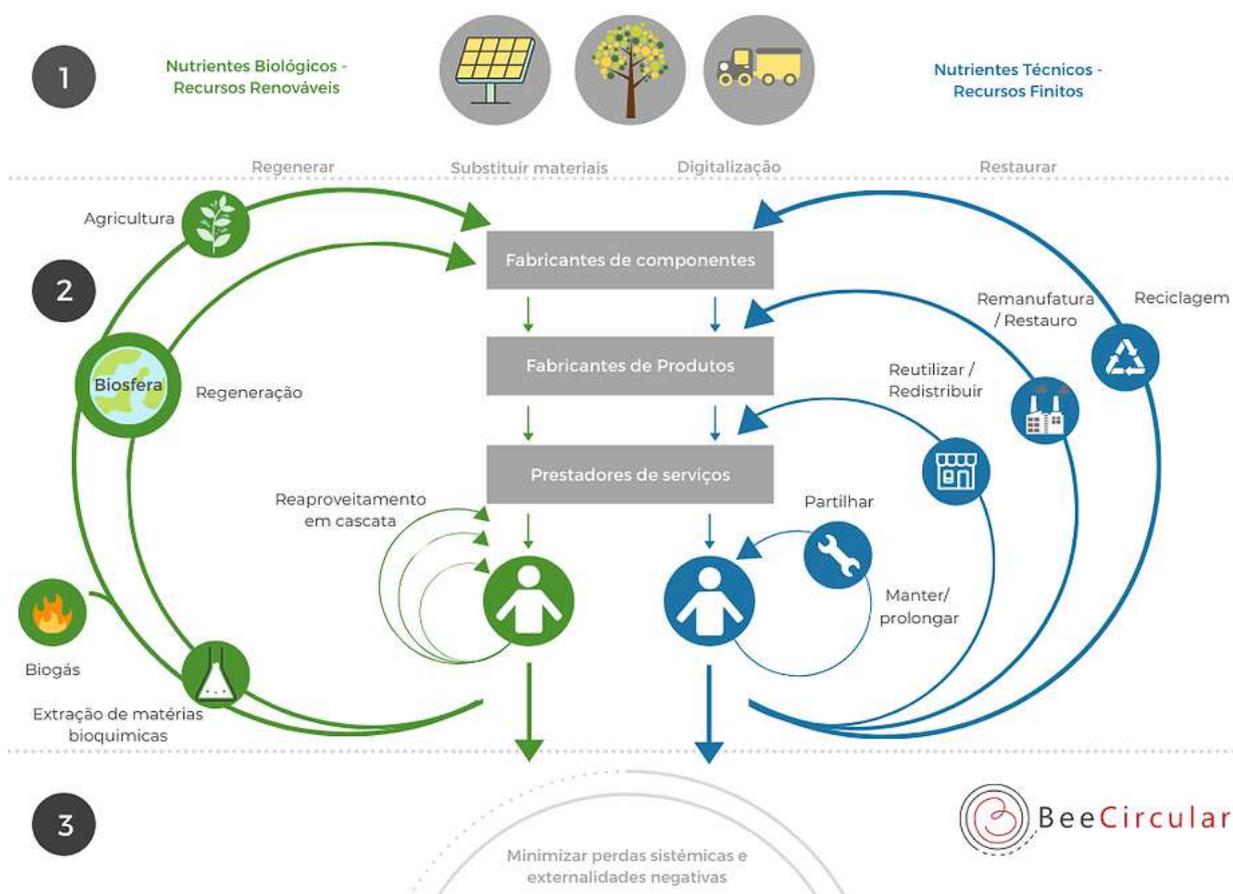
3.5. Economia circular

O conceito de economia circular se baseia no melhor uso dos recursos nas mais diversas atividades econômicas, por meio de otimização de processos, reaproveitamento de produtos outrora considerados resíduos, conscientização para consumo responsável, entre outras iniciativas. O conceito definido pela Ellen Macarthur Foundation em 2010 se baseia em 3 princípios, sendo eles a eliminação de resíduos e poluição, potencialização de produtos e materiais circulados e regeneração da natureza. No modelo atual de consumo, a forma linear como são lidados os produtos cria uma estrutura destrutiva de uso de matéria prima, geração de produtos e eventual descarte. A economia circular foca em estruturar uma forma cíclica de consumo, de forma técnica ou biológica. Como apresentado na figura 10, na visão do ciclo biológico, os materiais biodegradáveis são devolvidos à Terra, regenerando a natureza e retornando os nutrientes aos ciclos de diversas formas. Na visão do ciclo técnico, os materiais são mantidos em circulação por meio de processos como reuso, reparo, reciclagem e remanufatura.

Na visão da potencialização da utilidade de produtos, componentes e matérias primas, a formulação de diversas alternativas para esse fim deve ser valorizada pois a variedade de soluções para prolongar o ciclo de vida dos componentes é extremamente benéfico para o ambiente estruturado em economia circular. Um exemplo disso é a empresa Holandesa De Clique, que opera recolhendo resíduos de outras empresas como borra de café, casca de

laranja, entre outros recursos para empresas inovadoras que utilizam esses componentes para outros fins, como uso de substrato em cultivos de cogumelos, produção de cerveja, sabonetes e diversos produtos. Desta forma, o insumo que seria descartado após sua utilização é potencializado ao servir como matéria prima em diversas iniciativas inovadoras.

Figura 10 - Diagrama de borboleta de circularidade



Fonte: BeeCircular, reproduzido a partir do original feito pela Ellen Macarthur Foundation, 2021.

Uma definição mais atual para a economia circular foi desenvolvida no âmbito da Organização Internacional de Normalização (ISO). Segundo a entidade, “é um sistema econômico que utiliza uma abordagem sistêmica para manter o fluxo circular dos recursos, por meio da adição, retenção e regeneração de seu valor, contribuindo para o desenvolvimento

sustentável” (Portal da Indústria, 2019). Algumas normas já foram criadas, como a ISO 59004 que estrutura terminologias essenciais, princípios de economia circular e oferece guia para sua implementação.

Finalmente, o ponto central da economia circular é a responsabilidade ecológica. Otimizar e valorizar todos os insumos da indústria sendo observada deve ser tão natural como uma análise técnica, térmica, material e energética da fábrica. Deve ser atribuída principalmente aos engenheiros, a missão de garantir o ciclo fechado de todos os insumos que passam pela indústria, com objetivo primário de agregar valor e potencializar materiais que passam no processo.

4. METODOLOGIA

Um estudo de viabilidade econômica consiste na coleta de dados econômicos envolvidos no universo estudado com o interesse de realizar a estimativa mais adequada para indicar a performance econômica do projeto cotado. Com os valores coletados, podem ser estimados os fluxos de caixa (FC) e desenvolvido o Demonstrativo de Resultados de Exercício (DRE). Estes conceitos serão explicados mais detalhadamente nas seções seguintes.

De forma análoga ao livro de Saravacos *et al.* (2016), serão utilizadas fontes estabelecidas de análises de investimentos e custos da indústria química (Towler e Sinnott, 2013; Peters e Timmerhaus, 1991) para aproximação dos valores na indústria de alimentos. O EVTE do presente estudo consiste na realização das etapas indicadas na Figura 11:

Figura 11 - Passos do EVTE apresentado



Fonte: Elaboração própria

A análise tecnológica realizada será focada no liofilizador e processo produtivo para compreensão completa da sua operação, demandas de utilidades e processos auxiliares necessários. Posteriormente, uma análise de oportunidade mercadológica será realizada para avaliação da estrutura do mercado, oferta de matéria prima e demanda do produto. Seguindo estes passos iniciais, é possível realizar levantamentos de custos para geração do FC e DRE e avaliar a sensibilidade do projeto frente a essas pesquisas realizadas. Com intuito principal de realizar uma pré-viabilidade econômica, a escala definida para o projeto foi escolhida a partir do menor equipamento rotulado pela indústria como escala piloto.

4.1. Investimento inicial

Para estimar os investimentos necessários de aquisição, construção e instalação de uma nova planta, foram utilizados alguns conceitos de Peters e Timmerhaus (1991). O investimento inicial será composto principalmente pela aquisição de equipamentos, estruturas e utensílios que vão viabilizar a operação. Estimativas iniciais apontaram o custo de aquisição do liofilizador, ultra congelador e do veículo para transporte de matéria-prima e produto como os três principais itens no investimento inicial. Além dos custos de aquisição, serão considerados também custos de nacionalização de equipamentos importados e custos de instalação do equipamento para o início da operação.

4.2. Capital de giro

De acordo com Towler e Sinnott (2013), o capital de giro de uma empresa é assumido como contingência para variações nas estimativas de custo realizadas. Desta forma, o capital de giro atua como uma forma de assegurar a operação da planta mesmo que haja variações nas cotações realizadas dos diversos custos e despesas operacionais. Do ponto de vista contábil, ele é considerado como parte do investimento inicial e é despendido no momento de estruturação da planta, retornando no fim do prazo planejado do projeto.

4.3. Custos de produção

Para estimar os custos envolvidos na operação, foram utilizados livros (Towler e Sinnott, 2013; Peters e Timmerhaus, 1991; Saravacos, 2016), artigos e pesquisas de campo. De acordo com a literatura (Towler e Sinnott, 2013), os custos foram segregados em custos fixos e custos variáveis.

4.3.1. Custos variáveis

Os custos variáveis são aqueles que mudam de acordo com a produção da planta. Conforme a produção se expande, maior volume de insumos como matérias-primas, utilidades, entre outros, é empregado no processo produtivo, elevando esses custos. Uma diferença da indústria de alimentos para a química no quesito de análise de custos variáveis é a degradação rápida dos insumos e produtos acabados, que normalmente não podem ser estocados por muito tempo no caso da indústria de alimentos. Logo, a contínua demanda pela movimentação das entradas e saídas da produção é um ponto econômico relevante na indústria de alimentos (Saravacos, 2016). Os principais custos a serem considerados são:

- Custo de matéria prima - Um dos custos mais relevantes que devem ser estudados em uma análise de viabilidade econômica é a aquisição da matéria prima. Flutuações no preço de compra impactam diretamente no custo do produto, afetando o resultado financeiro final (Peters e Timmerhaus, 1991). No caso do presente estudo, o custo de aquisição da matéria prima não existirá inicialmente por ser visto como um resíduo de processos estabelecidos. Logo, o custo de matéria prima associado será o custo do frete de movimentação entre pontos de coleta e o espaço produtivo. A possível incidência de uma cobrança pelo resíduo será considerada na análise de sensibilidade do projeto.
- Custo de utilidades - São os custos com correntes de serviços auxiliares ao processo, como água, vapor, energia elétrica, entre outros. No contexto estudado, o principal custo de utilidade que será considerado é o custo de eletricidade para o uso do liofilizador na localização estudada;

- Custo de consumíveis - Para comercialização de produtos diretamente para consumidores finais, é relevante o estudo extensivo em embalagens, pois afetam dois pontos extremamente pivotais da venda: manutenção da qualidade e atratividade ao comprador. Como o produto que está sendo estudado é um produto altamente sensível à umidade e luminosidade, é necessário um gasto para embalagens especializadas para esse tipo de conservação. No conceito de atratividade, o uso de não apenas uma embalagem primária focada na qualidade, mas também de uma secundária focada na imagem do produto deve ser levada em consideração.

4.3.2. Custos fixos

- Custo de manutenção - O custo de manutenção, seja preventiva ou emergencial corretiva dos equipamentos e dos ativos da planta, deve ser considerado para garantir as melhores condições possíveis para que não haja problemas operacionais e uma eventual parada na produção (Towler e Sinnott, 2013). Para uma estimativa dos custos de manutenção do liofilizador, foram considerados custos de manutenção típicos da indústria química a partir de Peters e Timmerhaus (1991), mostrados na tabela 4.

Tabela 4 - Custo de manutenção de uma planta química como percentual do investimento fixo

Tipo de operação	Salários (equipe de manutenção) (%)	Materiais (%)	Total (%)
Processo químico simples	1-3	1-3	2-6
Processo com condições ordinárias	2-4	3-5	5-9
Processos complexos e corrosivos	3-5	4-6	7-11

Fonte: Elaboração própria a partir de Peters e Timmerhaus (1991).

- Custo de aluguel a ser considerado pela demanda de espaço físico para as operações. Para a estimativa do valor do aluguel foi realizada uma pesquisa em imobiliárias de forma online (Zap Imóveis e Viva Real) para determinação deste custo fixo de aluguel de espaço;
- Mão de obra - Os processos no presente trabalho são de pequeno porte, influenciando no cálculo do número de empregados. Não há referência para determinação do número de operadores pelo processo definido, portanto, foi realizada uma análise das operações envolvidas no processo e estipulado o número de funcionários. Foi assumido um valor de salário de R\$2.500,00 (condizente com o mercado) para os 3 colaboradores operacionais, além dos valores de contribuição - impostos e encargos (INSS, IRRF). Além disso, foi considerado um salário base de R\$5.000,00 e pró-labore para o encarregado gerencial da planta, responsável por movimentações financeiras e administrativas (Soares, 2017).

4.4.Despesas operacionais

- Custo de Pesquisa & Desenvolvimento - Alíquota referente ao custo de P&D para melhorias do produto e desenvolvimento de novas oportunidades foi assumida a partir de Peters e Timmerhaus (1991), considerado entre 2-5% da receita líquida;
- Custo de Marketing – De acordo com referência, pode se abranger de 2-20% do custo total de produção do produto (Peters e Timmerhaus, 1991);
- Custo de Contabilidade e RH - Como a empresa é de pequeno porte, foi considerada uma despesa fixa para parte de contabilidade e RH determinada a partir de pesquisa em sites desses serviços terceirizados (Contabilizei e Absrh).

4.5.Localização

A definição do local da planta é primordial na análise econômica de uma oportunidade. Diversos pontos devem ser considerados para a tomada de decisão quanto à localização de uma unidade industrial, considerando que os fluxos de transporte de matérias-primas e produtos impactam nos custos e despesas da operação, afetando os fluxos de caixa. Logo, os principais fatores a serem observados na definição do local da construção da planta são a logística de chegada de insumos e o escoamento do produto acabado, os incentivos governamentais, o custo de utilidades, os impactos ambientais e a disponibilidade de mão de obra local (Towler e Sinnott, 2013).

4.6.Depreciação

A depreciação é um recurso contábil que tem o objetivo de atribuir o custo financeiro de um ativo tangível durante a sua vida útil, sendo uma dedução fiscal usada pelos governos como incentivo ao investimento (Towler e Sinnott, 2013). Considerando uma depreciação linear de um ativo como o custo fixo do investimento de capital por n anos, cada ano resultará em um valor de depreciação conforme a equação 1:

$$D_i = \frac{C_d}{n} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde D_i é o valor a ser descontado anualmente, C_d o custo do investimento fixo e n o número de ano, sem valor residual no fim do prazo estipulado.

4.7.Imposto de renda

As empresas brasileiras seguem regras de tributação estabelecidas pela Receita Federal por meio do Imposto sobre Pessoas Jurídicas (IPRJ), cuja alíquota consiste em 15% sobre o lucro apurado da empresa. Após este desconto inicial, as empresas que apresentarem lucro superior a R\$20.000,00 deverão pagar uma alíquota adicional de 10%. Ademais, também

haverá tributação de 9% do lucro líquido para fins de contribuição social (CSLL). Desse modo, a alíquota total a ser deduzida é de 34%. O imposto de renda é descontado após a contabilização das despesas da empresa e da denominada depreciação. Este encargo tem natureza não-monetária, embora atue reduzindo a receita da empresa no âmbito fiscal (Receita Federal, 2023).

4.8.Receitas

As receitas operacionais foram calculadas a partir da venda de todo volume produzido, considerando 100% de taxa de ocupação em todos os anos do horizonte de planejamento e 252 dias de produção por ano. O preço de venda foi determinado a partir de uma pesquisa de mercado realizada para entender o universo de alimentos liofilizados no Brasil, focado em frutas liofilizadas, utilizando palavras chave no mecanismo de busca como “frutas liofilizadas”, “laranja liofilizada e triturada produto”, “*lyophilized orange*”. As pesquisas foram feitas *online*, com base no Google para encontrar as principais empresas pertencentes a este mercado.

4.9.Elaboração das demonstrações contábeis

Considerando as variáveis assumidas, é possível estimar os fluxos de caixa e desenvolver o demonstrativo de resultado de exercício (DRE) para avaliação econômica da operação em estudo. O fluxo de caixa é a diferença entre as entradas e saídas monetárias de uma empresa/projeto pelo ano de exercício, considerando vendas dos produtos, custos de produção, despesas operacionais, responsabilidades fiscais e financeiras. O capital de giro é um valor adicional considerado para manter operações na fábrica. O valor do capital de giro é informado juntamente com o investimento fixo tendo em vista a natureza da sua aplicação como contingência para segurança da operação contínua. O DRE é uma ferramenta de resumo das operações rotineiramente utilizada como forma principal de apresentação de resultados de uma empresa para seus responsáveis financeiros. No DRE, estão presentes resumidamente

entradas e saídas financeiras da operação, além de despesas financeiras, depreciação e impostos (Towler e Sinnott, 2013).

Foi assumido um horizonte de 10 anos no projeto para análise, considerando 1 ano de construção em que 100% do investimento fixo será despendido. A partir do primeiro ano de operação, será assumida taxa de ocupação de 100% na planta por se tratar de uma escala reduzida.

4.10. Indicadores de viabilidade econômica e análise de sensibilidade

A partir dos dados coletados, foi realizada uma análise de viabilidade econômica, levando em consideração alguns conceitos para determinação do retorno esperado em função do risco associado à oportunidade de investimento. A seguir, foram associados alguns indicadores econômicos que são estimados quando o investimento do projeto é conhecido e os fluxos de caixa são gerados.

a) VPL (Valor Presente Líquido) - Instrumento para avaliar retorno de capital no decorrer do projeto, atualizado para o valor atual. Reflete os valores monetários associados a cada período com uma taxa de desconto para ser determinado ao valor presente. Pode ser calculado com a equação 2.

$$VPL = \frac{FC0}{(1+i)^0} + \frac{FC1}{(1+i)^1} + \frac{FC2}{(1+i)^2} + \frac{FC3}{(1+i)^3} + \frac{FC4}{(1+i)^4} + \frac{FC5}{(1+i)^5} \dots + \frac{FCn}{(1+i)^n} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde FC são os Fluxos de caixa esperados (positivos ou negativos) e i é a taxa de atratividade (taxa mínima de atratividade) (Kassai, 2000).

b) TMA (Taxa Mínima de Atratividade) - É o índice considerado no cálculo do VPL que consiste na taxa mínima de retorno do investimento para uma aplicação financeira. Para uma base de cálculo da TMA, a taxa SELIC foi utilizada como referência de custo de oportunidade para o investidor principalmente por influenciar todas as taxas de juros praticadas no país, portanto foi assumida como base do projeto.

- Taxa SELIC atual - 13,75% (Banco Central, junho/23).

c) TIR (Taxa Interna de Retorno) - Avalia a rentabilidade de um investimento. A TIR é a taxa de retorno máxima para que o investimento não traga perdas financeiras, ou seja, para que o VPL seja igual a zero;

d) *Payback* descontado - Prazo para retorno do investimento inicial. Considera o tempo necessário para que esse investimento seja recuperado a partir dos fluxos de caixa gerados pelo próprio negócio, descontado por uma taxa mínima de juros (TMA).

A análise de sensibilidade será realizada a partir da avaliação do efeito de alguns parâmetros do projeto nos indicadores econômicos, selecionados a partir da relevância na participação da composição das variáveis nos custos, investimentos e despesas do estudo. Uma análise de sensibilidade é uma forma de examinar como alguns parâmetros com alto nível de incerteza podem afetar a viabilidade de um projeto (Towler e Sinnott, 2013). O resultado de uma análise desse tipo é estruturado em gráficos com o VPL, TIR e *payback* descontado, sendo plotados em uma escala, com o parâmetro sendo examinado como um grau de variação a partir de uma base estipulada na análise econômica inicial.

5. RESULTADOS

O capítulo seguinte apresenta os resultados obtidos a partir da metodologia definida anteriormente. Cada tópico é estruturado com os itens que compõem os principais custos, investimentos e despesas avaliados no projeto. Finalmente, é apresentada a pesquisa de mercado para realização da estimativa de preço de venda e estimativa de receitas. Estas definições foram assumidas considerando como cenário base 252 dias úteis de produção.

5.1 Estimativa de investimento

Conforme explicado no capítulo anterior, para a estimativa dos investimentos necessários de aquisição, construção e instalação da operação, foram utilizados parâmetros de Peters e Timmerhaus (1991) e pesquisas *online* em sites de referência de fornecedores.

1) Equipamento para congelamento do resíduo - A operação do liofilizador requer o congelamento *a priori* do insumo a ser liofilizado. Logo, o método de congelamento definido, considerando o volume diário de produção, foi por um ultracongelador (Ultracongelador Blast Chilling 8 Processos UK20) ilustrado na figura 12, com preço de aquisição em R\$109.999,99 e potência de 4,85 kW (informações extraídas diretamente do site da empresa Ultrafeu em junho/2023). Este ultracongelador possui capacidade de congelamento de 65kg/ciclo, com capacidade superior para que não haja gargalo no fluxo de processos considerado para o liofilizador selecionado *a priori*. O resíduo (casca, polpa e sementes) será disposto de forma uniforme pelas bandejas do equipamento;

Figura 12 - Ultracongelador selecionado para o processo



Fonte: Ultrafeu, 2023

Quadro 2 - Características do ultra congelador definido

Critério	Valor
Capacidade produtiva	65 kg/ciclo
Tempo do ciclo	4 horas
Potência	4.850 W
Temperatura (setpoint)	-35 °C
Preço	R\$109.999,99

Fonte: Autoria própria a partir de informações da empresa Ultrafeu

2) Aquisição de liofilizador - Uma das principais marcas de liofilizadores no mercado é a Kemolo, exportadora de equipamentos operando na China. O portfólio de *freeze dryers* dessa empresa é extenso. Com o propósito principal de analisar a viabilidade econômica, foi definido o menor equipamento (KEMOLO FD-50 Pilot Freeze Dryer) de escala piloto, ilustrado a seguir na figura 13, com as características listadas no quadro 2.

Figura 13 - KEMOLO FD-50 liofilizador escala piloto



Fonte: Kemolo Equipments (2023)

Quadro 3 - Características do liofilizador definido

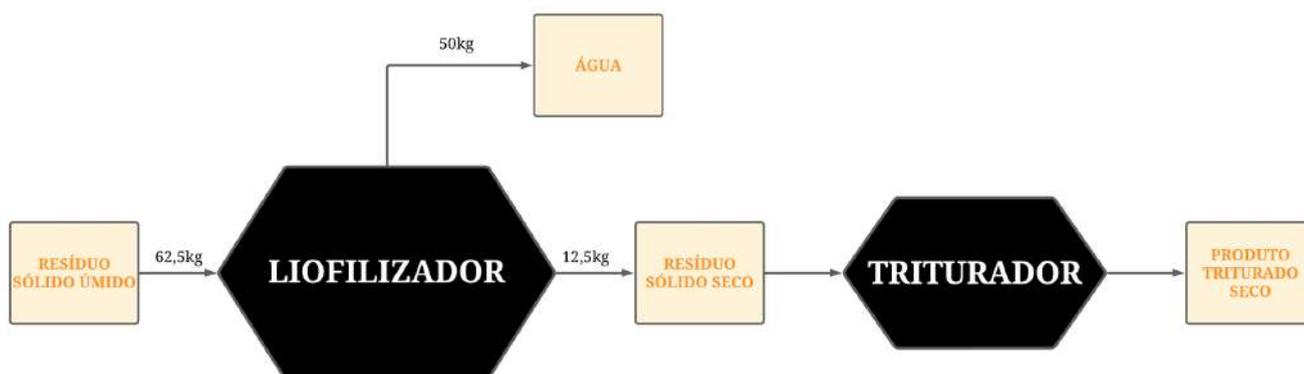
Critério	Valor
Capacidade produtiva	50 kg de gelo/batelada
Batelada/dia	1 (20h/batelada)
Potência	11.000 W
Preço (FOB)	US\$ 49.900

Fonte: Autoria própria a partir de informações da empresa Kemolo

O custo de aquisição FOB será de R\$250.498,00, considerando a média do dólar no mês de abril/23 R\$5,02.

A capacidade produtiva indicada em gelo/batelada deve ser convertida para output diário em kg de produto seco. No caso do presente estudo, o resíduo de laranja possui umidade média de 80%, logo a capacidade real do equipamento é de 62,5kg de resíduo úmido, resultando em 12,5kg de produto seco por batelada, ilustrado na figura 14 abaixo;

Figura 14 - Diagrama da operação do liofilizador



Fonte: Elaboração própria

3) Custo de aquisição de triturador - Equipamento necessário para operação. Tamanho reduzido, considerando um volume de 12,5kg de produto acabado por dia. Custo de aquisição de R\$5.000 (Cetro Máquinas);

Quadro 4 - Características do triturador definido

Critério	Valor
Capacidade produtiva	180 kg/h
Potência	370 W
Preço	R\$ 5.000

Fonte: Autoria própria a partir de informações da empresa Cetro máquinas

4) Custo de aquisição de veículo - Foi definida a demanda de um veículo para recolhimento do resíduo nos estabelecimentos definidos e transporte para despacho para pontos de venda ou logística do produto finalizado. Um utilitário, Fiorino *Endurance* 2024 Fiat (maio/23), para movimentação da empresa foi cotado em R\$97.000;

5) Custo de aquisição de mobília de escritório - Assumido valor básico para móveis, computadores, utensílios e estantes. Cotado em R\$ 13.000,00 a partir de pesquisas realizadas em sites de vendas *online* e organizados nas tabelas 5 e 6:

Tabela 5 - Itens básicos de escritório

Item cotado	Valor (R\$)
Estante de Aço (3)	1.600,00
Computador	3.000,00
Mesa	500,00
Ar-condicionado	1.800,00
Telefone	1.200,00
Impressora	1.600,00
Cadeira	1.200,00
Total	10.900,00

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 - Itens auxiliares da produção

Item cotado	Valor (R\$)
Balança (2)	600,00
Utensílios gerais	1.500,00
Total	2.100,00

Fonte: Elaboração própria

6) Custo de frete e movimentação do liofilizador - O liofilizador é um equipamento comprado no mercado internacional, sendo necessárias algumas considerações para a estimativa de frete, impostos e custos de instalação na planta. O custo referente ao equipamento encontrado é o preço FOB. Logo, é necessário considerar custos de frete, impostos e outras possíveis despesas decorrentes da importação do equipamento. Para isto, foi realizada uma pesquisa em sites de venda de equipamentos para adequar o custo de frete (Alibaba). O custo do frete foi cotado diretamente com o fornecedor, na faixa de R\$12.000,00 (contato realizado em junho/2023).

Equipamentos importados são taxados pelos seguintes impostos: PIS (1,65%) /COFINS (8%); ICMS (Nos termos do inciso IV do artigo 14 da Lei nº 2657/96, combinado com o artigo 2º da Lei nº 4056/02 - 18%); II (Imposto sobre importação) (5%) e IPI (10%) (de acordo com DECRETO-LEI Nº 37, DE 18 DE NOVEMBRO DE 1966). Totalizando 42,65% no preço FOB para definição do imposto final;

7) Custo de instalação do equipamento - Para determinar este parâmetro, foi utilizada como base a referência de Peters e Timmerhaus (1991) que considera o custo de instalação do equipamento como um percentual do custo de aquisição do equipamento, conforme mostrado na tabela 6 a seguir:

Tabela 7 - Tabela de custo de instalação de equipamentos

Tipo de equipamento	Custo de instalação (%)
Compressor	30 - 60
Trocador de calor	30 - 60
Secador	25 - 60

Fonte: Elaboração própria a partir de Peters e Timmerhaus (1991).

. Como não há referência específica para o liofilizador, algumas considerações foram realizadas para atribuir um percentual do custo de instalação. Essas foram:

- Peso e tamanho do equipamento: 2.6m*1.2m*2.0m e 2.000kg;
- Área de instalação: 15m²;
- Processos auxiliares necessários: bomba de vácuo e trocador de calor já acoplados ao equipamento. Necessário ligação elétrica;
- Custo de controladores, equipamentos auxiliares: não há, controle já acoplado ao equipamento.

Com essas informações, foi considerado o valor de instalação do compressor, secador e trocador de calor como base e assumido um percentual de 30% no custo final de compra para o custo de instalação. O percentual assumido foi definido pela proximidade com os processos envolvidos nos equipamentos e no liofilizador. Portanto, foi definido o menor percentual dentro da faixa dos 3 equipamentos mais similares. Na tabela 7 estão os componentes do investimento fixo e do capital de giro para o projeto que juntos totalizam R\$859.565,61.

Tabela 8 - Componentes do valor do investimento inicial

Componente	Valor (R\$)	Participação no valor do investimento inicial (%)
Liofilizador	250.498,00	29
Ultra congelador	109.999,99	13
Veículo	97.000,00	11
Mobília e itens auxiliares de produção	13.000,00	2
Triturador	5.000,00	1
Frete e Impostos	118.837,40	14
Instalação	110.800,62	13
Capital de giro	154.429,61	17
Total	859.565,61	100

Fonte: Elaboração própria

5.2 Localização

Embora o estado de São Paulo seja o principal produtor de suco de laranja no Brasil, o seu consumo é uma constante no dia a dia das principais capitais brasileiras, logo a oferta de insumo não é um limitante, ainda mais considerando o volume reduzido na escala definida para o projeto. No fim, o ponto chave para localização é o cliente. A localização definida para avaliar a oportunidade do presente trabalho foi na Zona Norte do Rio de Janeiro. Isto porque há presença de diferentes modais para escoamento do produto, regiões que oferecem baixo custo de aluguel para planta e a posição é estratégica e próxima aos estabelecimentos geradores do resíduo, como restaurantes, mercados ou hotéis. O Rio de Janeiro foi utilizado como capital exemplo, porém o presente trabalho poderia ser atribuído a outras cidades no Brasil.

Além da indústria de sucos de laranja, que envolve grandes unidades industriais, existem outros pontos de geração de resíduos em pequena escala nas cidades, estabelecimentos comerciais como restaurantes, supermercados e hotéis, que geram resíduos na produção do suco in natura. Nesse sentido, este estudo foca em propor uma solução para o aproveitamento dos resíduos gerados em diversos atores na cidade do Rio de Janeiro, promovendo a circularidade a partir da estratégia de economia circular, transformando o resíduo em um produto de alto valor agregado. A Zona Sul do Rio de Janeiro foi identificada como ponto chave de estabelecimentos geradores do resíduo e a proximidade com a Zona Norte possibilita a rápida movimentação do insumo que possui alta umidade e perecibilidade. Vale ressaltar que propor soluções circulares de reaproveitamento de resíduos a partir de sua valorização reduzem a quantidade de resíduo orgânico que seria enviada para aterros sanitários.

5.3 Estimativa de custos de produção

5.3.1 Estimativa dos custos variáveis

8) Custo de utilidades - Para operação na cidade do Rio de Janeiro, o custo da energia elétrica para pontos de produção industrial foi cotado a 1,04 R\$/kWh (Enel, 2023). Na tabela 9, estão dispostas as principais saídas relacionadas com utilidades, sendo elas energia elétrica utilizada pelo liofilizador e pelo ultra congelador. O liofilizador foi considerado no ciclo de 20 horas por batelada (1 batelada por dia), enquanto que o tempo de operação do ultra congelador por dia foi de 6 horas. O triturador foi desconsiderado por baixo tempo de operação e baixo gasto energético.

Tabela 9 - Relação dos principais custos de equipamentos com utilidades

Equipamento	Gasto anual (R\$)
Liofilizador	57.657,60
Ultra congelador	7.626,53

Fonte: Elaboração própria

9) Custo de embalagens - O produto é altamente sensível à umidade e luz, logo a embalagem primária deve considerar proteção a essas condições. Para isso, foi definido um saco *stand up pouch* metalizado com *zip lock* (100g), com custo unitário de R\$0,59, ilustrado na figura 15. Foi assumida também uma embalagem secundária de papelão personalizada com capacidade de 16 pacotes de 100g, com custo unitário de R\$4,30. Os custos associados às embalagens foram organizados na tabela 10.

Tabela 10 - Relação dos custos com embalagens

Embalagem	Gasto anual (R\$)
Primária (saco <i>stand up pouch</i> metalizado com <i>zip lock</i>)	19.360,11
Secundária (caixa de papelão)	9.000,00

Fonte: Elaboração própria

Figura 15 - saco *stand up pouch* metalizado com *zip lock*



Fonte: Grouplast, 2023

10) Custo de matéria prima - Conforme estabelecido na metodologia, o custo de matéria prima foi considerado apenas como custo de movimentação do veículo para recolhimento do resíduo. Desta forma, foi assumido um ponto na Zona Norte do Rio de Janeiro para considerar a distância percorrida para recolhimento dos insumos e gasto de combustível associado.

Foi considerada a Zona Sul do Rio de Janeiro como local ideal para coletas do resíduo, região abundante em mercados, hotéis e estabelecimentos geradores de suco de laranja para consumo diário. O resíduo ficaria acondicionado em sacos plásticos transparentes selados e alocados dentro de isopores para transporte.

Pelas rotas usuais avaliadas pelo mapa, seriam rodados 80km diariamente para recolhimento do insumo na produção. Considerando custo de gasolina de R\$5,50 (Globo, 2023) e consumo do veículo escolhido em 11 km/L (Garagem360, 2022), o custo associado à coleta da matéria prima anual seria R\$10.080,00. Considerando vendas *online* com entregas terceirizadas, o custo logístico é considerado apenas de recolhimento do resíduo.

5.3.2 Estimativa dos custos fixos

- Custo de manutenção - Pela referência (Peters e Timmerhaus, 1991), o valor do custo de manutenção (conservador) anual da planta seria de 9% do investimento inicial, por ser considerado um processo ordinário, não envolvendo processos corrosivos ou agressivos para o equipamento;
- Custo de Aluguel - Espaço definido em 200m² na zona norte do Rio de Janeiro para atender área de recebimento do resíduo, congelamento, liofilização, trituração, estocagem, carregamento e área administrativa. Encontrado como média de valor anual de R\$67.200,00;
- Mão de obra - Sendo um processo simples e linear, foi atribuída demanda de 2 funcionários operacionais, 1 funcionário logístico e 1 gerente da planta para funções administrativas e financeiras. Com atribuições de direitos trabalhistas, cotas de 13º e *pró-labore*, o custo de mão de obra anual associado a esses funcionários foi de R\$195.425,75. Na tabela 11 a seguir, estão listados os valores e cargos atribuídos:

Tabela 11 - Cargos e salários atribuídos da operação

Cargo	Número de funcionários	Gasto com salário e encargos total (R\$/mês)
Operador de processos	2	8.000,00
Operador logístico	1	4.000,00
Gerente	1	5.000,00

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 12 estão resumidos os valores para cada item listado dos custos de produção cotados:

Tabela 12 - Custos de produção

Custo	Valor anual (R\$)	Valor por kg produzido (R\$)	Participação no custo de produção final (%)
Utilidades (Energia)	65.284,13	20,73	15
Embalagens	28.360,11	9,00	7
Matéria prima	10.080,00	3,20	2
Custo Variável	103.724,24	32,93	24
Manutenção	63.462,24	20,15	15
Aluguel	67.200,00	21,33	16
Mão de obra	195.425,75	62,04	45
Custo Fixo	326.087,99	103,52	76
Total	429.812,23	136,45	100

Fonte: Elaboração própria

5.4 Estimativa de despesas operacionais

- Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) - Alíquota referente à despesa de P&D para melhorias do produto e no processo produtivo e desenvolvimento de novas oportunidades foi assumida a partir de Peters e Timmerhaus (1991), considerado entre 2-5% da receita líquida. Para melhorias contínuas, considerado 5%;
- Marketing - Considerado entre 2-20% do custo total de produção do produto (Peters e Timmerhaus, 1991). Como é um produto novo que será inovador, de nicho e como marca nova no mercado, será considerado o limite superior da referência, ou seja, 20% do custo total de produção;
- Contabilidade e RH - Considerados em torno de R\$4.000 por mês por ser uma microempresa a partir de uma pesquisa *online* (Contabilizei e Absrh).

As estimativas das despesas operacionais foram compiladas na tabela 13:

Tabela 13 - Despesas operacionais

Despesa	Valor anual (R\$)	Valor por kg produzido (R\$)	Participação nas despesas operacionais (%)
P&D	53.943,75	17,13	28
Marketing	85.962,45	27,29	46
Contabilidade e RH	48.000,00	15,24	26
Total	187.906,20	59,65	100

Fonte: Elaboração própria

5.5 Depreciação

No presente estudo, uma depreciação linear do horizonte do projeto de 10 anos foi assumida. Como a depreciação é uma função do investimento fixo pelo tempo projetado, conforme a equação 1 identifica, e o investimento fixo calculado na tabela 8 foi de R\$705.136,01 (não contempla o capital de giro), o valor de depreciação por ano do projeto será de R\$70.513,60.

5.6 Capital de giro

Com essa definição, foi estimado um capital de giro de 3 meses de custos fixos, variáveis e despesas operacionais a ser adicionado no investimento inicial. Towler e Sinnott (2013) afirmam que quanto mais incerta é a tecnologia e operações, maior deve ser o valor do capital de giro, podendo chegar até 50% do investimento inicial.

$$\text{Capital de giro} = \frac{3}{12} \times (\text{R\$ } 326.087,99 + \text{R\$ } 103.724,24 + \text{R\$ } 187.906,20)$$

$$\text{Capital de giro} = 0,25 \times \text{R\$ } 617.718,42 = \text{R\$ } 154.429,61$$

5.7 Estimativa de receitas

A determinação da receita da operação foi assumida pela venda total da produção realizada. O preço de venda foi determinado a partir de uma análise de mercado realizada para entender o universo de alimentos liofilizados no Brasil, focado em frutas liofilizadas. Foi elaborada uma tabela com os produtos encontrados em pesquisa realizada na internet no mês de maio de 2023 para ilustração do mercado de frutas liofilizadas brasileiro e europeu. Cada produto foi encontrado no site da própria empresa e listados no quadro 3.

Quadro 4 - Análise do mercado de produtos liofilizados

PRODUTO	FOTO	PREÇO/Kg (R\$)	EMPRESA
Maracujá em Pó Liofilizado com sementes - 100g		600,00	Liomeal (BR)
Puro Açaí Em Pó Liofilizado - 200g		945,00	Pura Vida (BR)
Framboesa Liofilizada em Pó - 100g		759,00	Liomeal (BR)
Laranja em pó liofilizada - 120g		450,00	Super Garden (UE)
Casca de laranja liofilizada - 1kg		235,00	Dobrehouby (UE)

Fonte: Elaboração própria

Não foi encontrado um produto igual ao idealizado no mercado brasileiro, os análogos dispensavam registro na ANVISA de acordo com a RDC nº27 de 6 de agosto de 2010. Dessa forma, foi considerado o preço de venda inicial como a média entre o preço da casca de laranja liofilizada (Dobrehouby) e a laranja em pó liofilizada (Super Garden) - R\$34,25 por 100g.

Considerando uma operação em 252 dias do ano, 1 batelada por dia com geração de 12,5kg de produto finalizado por batelada e que não há geração de estoque e que toda produção é vendida, a estimativa de receita por ano é de R\$1.078.875,00.

6. DISCUSSÃO

De acordo com as premissas tomadas e dados levantados, foram estruturados os Fluxos de Caixa (FC) e as Demonstrações de Resultados do Exercício (DRE). No Fluxo de Caixa, o “ano 0” é considerado para gastos estruturantes da planta, onde haverá apenas despedimento de recursos para organizar as operações dos anos seguintes. Nas tabelas 14 e 15 a seguir, serão expostos os resultados de alguns anos, tendo em vista que eles se repetem nos anos não apresentados, e os resultados dos indicadores financeiros seguem abaixo:

Tabela 14 - Demonstração de Resultado do Exercício resumido

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 10
Receita Líquida de Vendas	R\$ 1.078.875,00	R\$ 1.078.875,00	R\$ 1.078.875,00	R\$ 1.078.875,00
(-) Custos Variáveis	R\$ 103.724,24	R\$ 103.724,24	R\$ 103.724,24	R\$ 103.724,24
(-) Custos Fixos	R\$ 326.087,99	R\$ 326.087,99	R\$ 326.087,99	R\$ 326.087,99
Lucro Bruto	R\$ 649.062,77	R\$ 649.062,77	R\$ 649.062,77	R\$ 649.062,77
(-) Despesas Operacionais	R\$ 187.906,20	R\$ 187.906,20	R\$ 187.906,20	R\$ 187.906,20
Lucro Operacional (EBITDA)	R\$ 461.156,58	R\$ 461.156,58	R\$ 461.156,58	R\$ 461.156,58
(-) Depreciação	R\$ 70.513,60	R\$ 70.513,60	R\$ 70.513,60	R\$ 70.513,60
Lucro antes do IR	R\$ 390.642,98	R\$ 390.642,98	R\$ 390.642,98	R\$ 390.642,98
(-) IR (34%)	R\$ 132.818,61	R\$ 132.818,61	R\$ 132.818,61	R\$ 132.818,61
Lucro depois do IR	R\$ 257.824,36	R\$ 257.824,36	R\$ 257.824,36	R\$ 257.824,36

Fonte: Elaboração própria

Tabela 15 - Fluxo de Caixa resumido

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 10
Entradas					
Receita de vendas	R\$ 0,00	R\$ 1.078.875,00	R\$ 1.078.875,00	R\$ 1.078.875,00	R\$ 1.078.875,00
Capital de giro recuperado	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 154.429,61
Saídas					
Investimento fixo (CAPEX)	R\$ 705.136,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Capital de giro	R\$ 154.429,61	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Custos Variáveis	R\$ 0,00	R\$ 103.724,24	R\$ 103.724,24	R\$ 103.724,24	R\$ 103.724,24
Custos Fixos	R\$ 0,00	R\$ 326.087,99	R\$ 326.087,99	R\$ 326.087,99	R\$ 326.087,99
Despesas Operacionais	R\$ 0,00	R\$ 187.906,20	R\$ 187.906,20	R\$ 187.906,20	R\$ 187.906,20
Impostos	R\$ 0,00	R\$ 132.818,61	R\$ 132.818,61	R\$ 132.818,61	R\$ 132.818,61
Fluxo de Caixa anual	R\$ (859.565,61)	R\$ 328.337,96	R\$ 328.337,96	R\$ 328.337,96	R\$ 482.767,57
Fluxo de Caixa Descontado	R\$ (859.565,61)	R\$ 288.648,76	R\$ 253.757,15	R\$ 223.083,21	R\$ 133.114,09

Fonte: Elaboração própria

A partir dos fluxos de caixa projetados e trazidos a valor presente, foram gerados os indicadores econômicos mostrados na Tabela 16:

Tabela 16 - Indicadores econômicos do cenário base

Indicador	Valor
VPL	R\$ 802.202,98
TIR	36,82%
Payback descontado	4,70 anos

Fonte: Elaboração própria

Os resultados iniciais representam uma oportunidade de investimento viável considerando uma taxa mínima de atratividade de 13,75%. O tempo de retorno do investimento ocorre próximo aos 5 anos de operação. É possível perceber que o projeto gera lucros operacionais anuais robustos (43% da receita líquida). É importante reconhecer que pode haver variações nas condições iniciais cotadas e, portanto, recomenda-se uma análise de sensibilidade para avaliar o efeito da variação daquelas variáveis que possuem maior influência nos gastos para andamento da planta. Foram considerados os seguintes itens para avaliação de sensibilidade dos indicadores econômicos:

- Preço de venda do produto (Tabela 17);
- Folha salarial (Tabela 18);
- Taxa de ocupação da planta (Tabela 19);
- Custo de aquisição total do liofilizador (FOB+frete e impostos) (Tabela 20);
- Custo de energia elétrica (Tabela 21);
- Custo de compra do resíduo (Tabela 22).

Foi realizada a variação a partir do cenário base assumindo incrementos de 10%, sendo avaliadas 3 condições pessimistas e 3 condições otimistas. Foram realizadas tabelas para

apresentação dessas variações em cada variável considerada e essas foram plotadas nos gráficos de sensibilidade para cada indicador econômico.

Tabela 17 - Variação do preço de venda do produto

Preço de venda (R\$/100g)	Variação (%)	VPL (R\$)	TIR (%)	<i>Payback</i> descontado (anos)
23,98	-30	-134.500,34	9,33%	-
27,40	-20	177.430,07	19,24%	8,00
30,83	-10	490.272,57	28,29%	5,93
34,25	Base	802.202,98	36,82%	4,72
37,68	10	1.115.045,48	45,09%	3,92
41,10	20	1.426.975,90	53,15%	3,35
44,53	30	1.739.818,39	61,10%	2,93

Fonte: Elaboração própria

Tabela 18 - Variação da folha salarial

Folha salarial anual (R\$)	Variação (%)	VPL (R\$)	TIR (%)	<i>Payback</i> descontado (anos)
136.798,03	-30	1.028.419,35	43,50%	4,05
156.340,60	-20	953.013,90	41,26%	4,25
175.883,18	-10	877.608,44	39,03%	4,48
195.425,75	Base	802.202,98	36,82%	4,72
214.968,33	10	726.797,53	34,63%	4,99
234.510,90	20	651.392,07	32,45%	5,28
254.053,48	30	575.986,62	30,28%	5,61

Fonte: Elaboração própria

Tabela 19 - Variação da taxa de ocupação da planta

Produção da planta (kg/ano)	Variação (%)	VPL (R\$)	TIR (%)	<i>Payback</i> descontado (anos)
2.205,00	-30	-113.384,85	10,03%	-
2.520,00	-20	191.811,09	19,68%	7,87
2.835,00	-10	497.007,04	28,49%	5,90
3.150,00	Base	802.202,98	36,82%	4,72

Fonte: Elaboração própria

Tabela 20 - Variação do custo total de aquisição do liofilizador

Custo de aquisição do liofilizador (R\$)	Variação (%)	VPL (R\$)	TIR (%)	<i>Payback</i> descontado (anos)
258.534,78	-30	956.174,60	46,05%	3,84
295.468,32	-20	904.850,73	42,61%	4,13
332.401,86	-10	853.526,86	39,56%	4,43
369.335,40	Base	802.202,98	36,82%	4,72
406.268,94	10	750.879,11	34,36%	5,02
443.202,48	20	699.555,24	32,13%	5,32
480.136,02	30	648.231,37	30,09%	5,62

Fonte: Elaboração própria

Tabela 21 - Variação do custo de energia elétrica

Custo de energia elétrica (R\$/kWh)	Variação (%)	VPL (R\$)	TIR (%)	Payback descontado (anos)
0,73	-30	877.773,06	39,04%	4,48
0,83	-20	852.583,03	38,30%	4,56
0,94	-10	827.393,01	37,56%	4,64
1,04	Base	802.202,98	36,82%	4,72
1,14	10	777.012,96	36,09%	4,81
1,25	20	751.822,94	35,36%	4,90
1,35	30	726.632,91	34,63%	4,99

Fonte: Elaboração própria

Como não há valor de referência relevante para venda do resíduo da produção de suco de laranja, a análise de sensibilidade para o hipotético custo de compra do insumo da produção foi feita de forma diferente das outras variáveis. No cenário base realizado, foi incluído o custo de aquisição de 62,5 kg de matéria prima por dia de produção até atingir o ponto em que o projeto não é mais viável, leia-se VPL negativo. Desta forma, o preço limite encontrado foi R\$13,20 por quilo do resíduo. Esse valor não contempla o custo do transporte, porém realizando uma análise preliminar, é possível concluir que o preço do resíduo não chegaria ao ponto de inviabilizar o projeto pois este preço por quilo é superior ao preço do quilo cotado da fruta *in natura*, de R\$1,08/kg (Cepea/Esalq, julho/23). A partir do preço da fruta *in natura*, foi realizada a análise de viabilidade similar às outras variáveis.

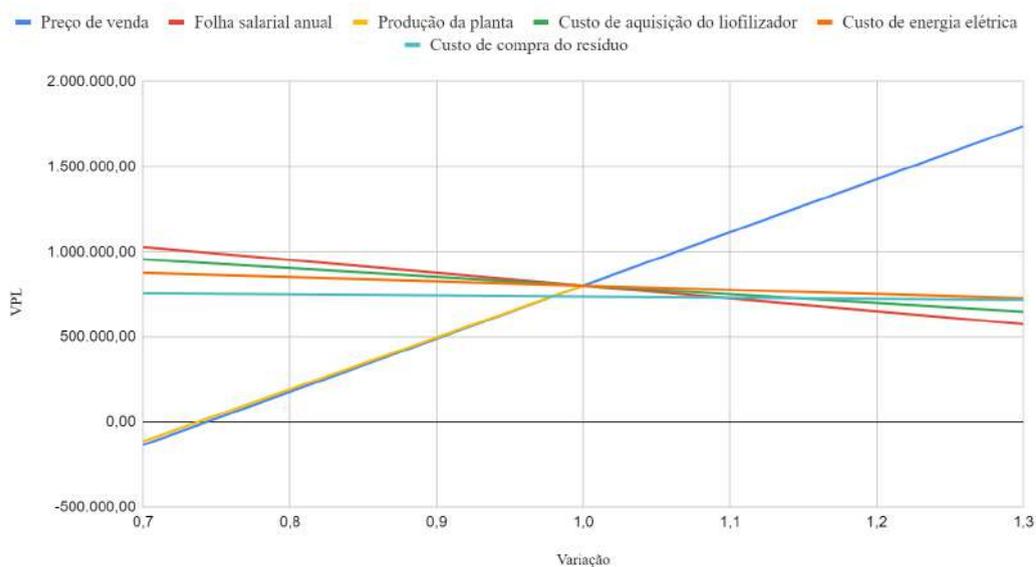
Tabela 22 - Variação do custo de compra da matéria prima

Custo de compra do resíduo (R\$/kg)	Variação (%)	VPL (R\$)	TIR (%)	Payback descontado (anos)
0,76	-30	756.259,56	35,49%	4,88
0,86	-20	749.696,22	35,30%	4,90
0,97	-10	743.132,87	35,11%	4,93
1,08	Base	736.569,52	34,91%	4,95
1,19	10	730.006,18	34,72%	4,98
1,30	20	723.442,83	34,53%	5,00
1,40	30	716.879,49	34,34%	5,02

Fonte: Elaboração própria

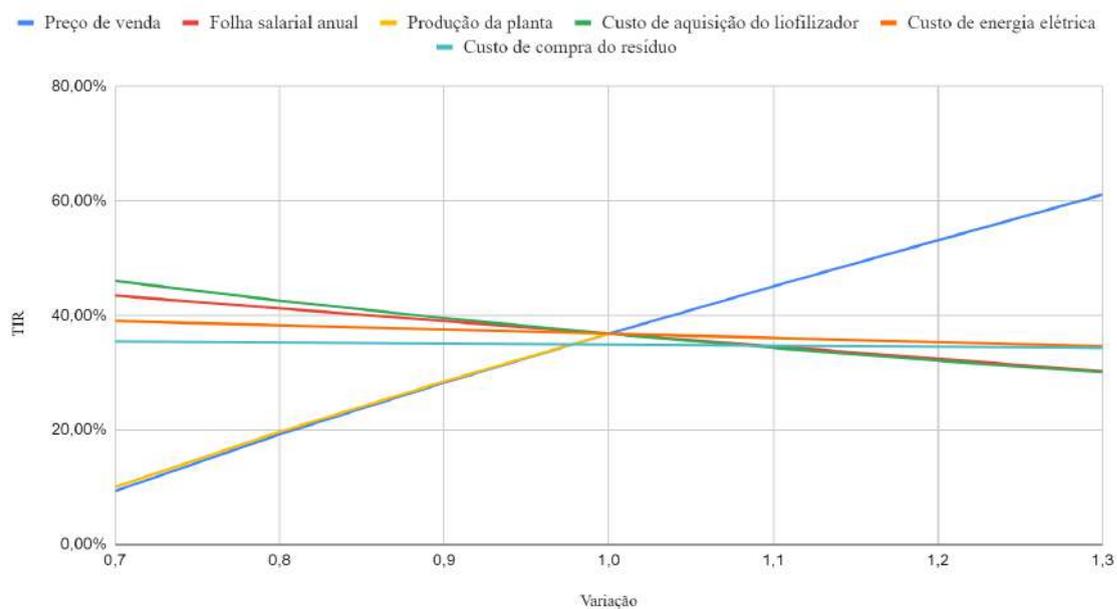
A partir das informações acima, foi realizada a análise de sensibilidade para cada indicador econômico e os gráficos estão apresentados nos gráficos 3, 4 e 5.

Gráfico 3 - Análise de sensibilidade do VPL

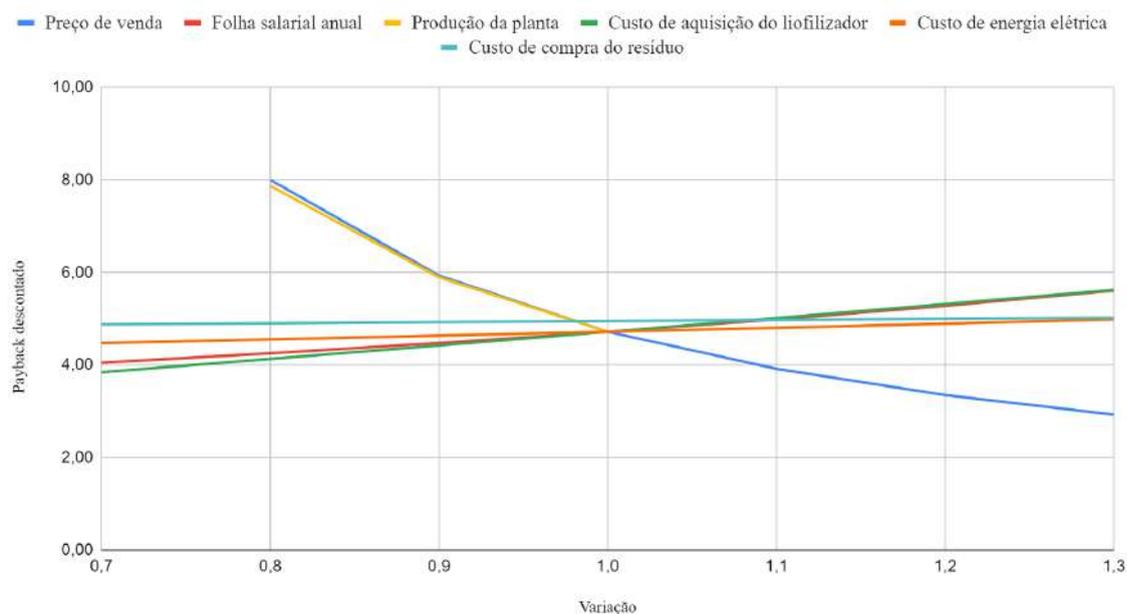


Fonte: Elaboração própria

Gráfico 4 - Análise de sensibilidade da TIR



Fonte: Elaboração própria

Gráfico 5 - Análise de sensibilidade do *payback* descontado

Fonte: Elaboração própria

A análise de sensibilidade do VPL, TIR e *payback* descontado identificam uma variação significativa dos indicadores a partir de mudanças no preço de venda do produto e na taxa de ocupação da planta. A inflexão da curva relaciona diretamente o nível de dependência de uma variável com o indicador econômico. Dessa forma, é possível concluir que o preço de venda do produto e a taxa de ocupação da planta são variáveis de alto impacto no resultado do projeto avaliado.

A taxa de ocupação da planta pode ser observada pela ótica de capacidade produtiva, ou seja, contínua operação da planta sem paradas na linha de produção. Deste ponto de vista, é relevante estudar pontos frágeis do processo e avaliar possibilidades para assegurar a manutenção da capacidade produtiva instalada, como equipamentos reservas, partes sobressalentes, equipe de manutenção de plantão, entre outros. Porém, é possível observar também pela ótica de vendas do produto. Se houver um baixo rendimento na movimentação do produto acabado, a receita irá decair igualmente. Este problema é mais complexo pois envolve a aceitação do público e sucesso de vendas. Considerando que o produto idealizado não existe no mercado, seriam necessários estudos voltados para análise sensorial e desenvolvimento mais técnico do produto.

Igualmente, o preço de venda do produto é uma incógnita com grande nível de incerteza pela grande variedade de preços de produtos análogos ao imaginado no mercado e a ausência de um produto idêntico nas pesquisas realizadas. Uma pesquisa mercadológica mais densa e aprofundada retornaria resultados mais concretos para maior nível de confiança dos dados. Pelos valores obtidos a partir da análise de sensibilidade, um decréscimo de 30% do preço de venda ou taxa de ocupação da planta retornam um projeto inviável, com VPL negativo e *payback* fora dos 10 anos de horizonte de planejamento.

As demais variáveis apresentaram baixa sensibilidade às variações impostas ao cenário base. O custo de aquisição do liofilizador pode sofrer variações pela flutuação no preço do dólar, moeda no qual o equipamento é comercializado. Porém, mesmo com a variação de 30%

do preço, o que equivale ao aumento de 30% na cotação do dólar, o processo não sofre a ponto de inviabilizar o mesmo.

O custo de energia elétrica foi a variável que apresentou menor sensibilidade nas análises realizadas. Isso provavelmente se deve ao fato de não ser um item tão relevante nos custos de produção, levando a um impacto relativamente baixo na análise macro do projeto. A análise do custo de energia elétrica foi realizada devido ao apontamento de pesquisas realizadas *a priori* de que o custo de utilidades era uma variável considerável na operação de liofilizadores.

7. CONCLUSÃO

A análise de pré-viabilidade econômica retornou um projeto viável para investimento. Os indicadores econômicos da tabela 16 representam um cenário positivo para a formulação de um produto farináceo a partir do resíduo da produção de suco de laranja (casca, polpa e sementes), liofilizado e triturado para manutenção da qualidade nutricional e funcional do produto.

Tabela 16 - Indicadores econômicos do cenário base

Indicador	Valor
VPL	R\$ 802.202,98
TIR	36,82%
Payback descontado	4,70 anos

Fonte: Elaboração própria

O estudo apresentou uma viabilidade econômica em um projeto, cujo foco é economia circular, ponto cada vez mais relevante no contexto atual. Um investimento centrado neste pilar não apenas se apresenta como uma oportunidade econômica, mas também uma possibilidade de gerar impactos sociais e ambientais em uma cidade. O sucesso do projeto pode convidar investimentos similares, levando a redução do lixo orgânico gerado pelo consumo diário de suco de laranja pelos estabelecimentos e incentivo da economia circular de forma exponencial.

A pesquisa realizada retornou uma informação muito relevante; a ausência de qualquer produto idêntico ao idealizado e a presença de diversos análogos ao mesmo. Isto é mais um indicativo desta ser uma oportunidade muito interessante neste momento. Além disso, o acondicionamento do produto possibilita exploração não apenas do mercado brasileiro, mas também do mercado internacional, onde um produto com alto teor de minerais e vitamina C

pode possuir ainda mais atrativo de venda, principalmente em países com problemas de saúde pública relacionados à insuficiência de nutrientes.

Embora os resultados iniciais apresentem um investimento viável, a sensibilidade do projeto indicou uma dependência considerável a partir das variações impostas ao preço de venda do produto e taxa de ocupação da planta. Isso indica um cenário crítico, pois ambas as variáveis são indicadores de capacidade de comercialização do produto, sendo este uma novidade no mercado. Tendo em vista que o projeto é muito sensível ao preço de venda, da capacidade produtiva e da venda do produto, é preciso investir em estudos focados em análise sensorial do produto idealizado, análise de aceitação de mercado e identificação do público-alvo. Desta forma, é possível prever de forma mais confiável o sucesso do investimento idealizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDER, M.; DE HALLEUX, D. Cryoconcentration technology in the bio-food industry: Principles and applications, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 42, Issue 3, 2009, P.679-685
- ANDRADE, B. C. A. BOLO PRODUZIDO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA FARINHA DE TRIGO POR FARINHA MISTA DE ALBEDO DE LARANJA E ALBEDO DE MARACUJÁ. Tese (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, PUC Goiás, 2021.
- ANDRADE, J. M. M.; JONG, E. V.; HENRIQUES, A. T. Byproducts of orange extraction: influence of different treatments in fiber composition and physical and chemical parameters. Article *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2014.
- APARECIDO, A. “PRODUÇÃO DE FARINHA DA CASCA E BAGAÇO DE LARANJA”, *Anais da X SEAGRO - Agronomia*, 2016.
- CASTRO, L. A. *et al.* From Orange Juice By-Product in the Food Industry to a Functional Ingredient: Application in the Circular Economy, 2020.
- CELESTINO, S. M. C. *Princípios de Secagem de Alimentos*. EMBRAPA, 2010.
- CORVER, J. The evolution of freeze-drying. *Innovations in Pharmaceutical Technology*. 2009. p.66-70.
- DENNIS, R.; HELDMAN, D. R.; HARTEL, R. W. *Principles of Food Processing*. Springer, 1997.
- ESPÍRITO SANTO, E. F. Comparação entre técnicas de secagem para a obtenção de biomassa de *Rubrivivax gelatinosus*, 2011
- EMBALAGEM PRIMÁRIA ESTUDADA. LOJA NZBEMBALAGENS, 2023. Disponível em:

<<<https://www.nzbembalagens.com.br/saco-stand-up-pouch-metalizado-com-zip-10-x-17?sku=H8DKV6W32-50>>> Acesso em 06/05/2023.

EMBALAGEM SECUNDÁRIA ESTUDADA. LOJA MAGNANIEMBALAGENS, 2023.

Disponível em:

<<<https://magnaniembalagens.com.br/caixas/caixas-montaveis-sedex/caixas-personalizadas/caixa-sedex-5-23x15x7-personalizada>>> Acesso em 20/05/2023.

FELLOWS, P. "Freeze drying and freeze concentration". Food processing technology: principles and practice (4th ed.). Kent: Woodhead Publishing/Elsevier Science. 2017. pp. 929–940.

FERNANDES, B. C. Desenvolvimento histórico da citricultura. Tese (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, UNESP, 2010.

FONTE DA COTAÇÃO DÓLAR. IDEAL SOFTWARES, 2023. Disponível em:

<<<http://idealssoftwares.com.br/indices/dolar2023.html>>> Acesso 20/05/2023.

FONTE DO LIOFILIZADOR. KEMOLO EQUIPMENTS, 2023. Disponível em:

<<https://liofilizador.com/products/pilot_freeze_dryer.html>> Acesso em 27/05/2023.

KASSAI, J. R. *et al* Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KUMAR, N.; NAUTIYAL, U. A REVIEW ARTICLE ON LYOPHILIZATION TECHNIQUES USED IN PHARMACEUTICAL MANUFACTURING. International Journal of Pharmaceutical and Medicinal Research, 2017. pp. 478–484.

MARQUES, E. C. “Estudo da liofilização pela engenharia de produto no processamento industrial de alimentos”. Acta Tecnológica, [S. l.]. 2015. v. 10, n. 1, p. 44–52.

MARQUES, L. G. Liofilização de frutas tropicais. 2008. 255 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MERCADO DE ALIMENTOS LIOFILIZADOS - CRESCIMENTO, TENDÊNCIAS E PREVISÕES. Relatório de alimentos e bebidas da Mordor intelligence, 2022. Disponível em: <<<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/freeze-dried-food-market#faqs>>> Acesso em: 10/04/2023.

MOHAMMADI, X. *et al.* Impact of Three Different Dehydration Methods on Nutritional Values and Sensory Quality of Dried Broccoli, Oranges, and Carrots. *Foods*, 2020.

MORELLI, G.; ENDER, J.; "Upcycling: um novo caminho para a moda sustentável". *Blucher Proceedings*, 2018.

NÓBREGA, E. M. M. A. Secagem do resíduo de acerola (*malpighia emarginata* dc.): estudo de processo e avaliação do impacto sobre o produto. UFRN, 2012.

PEREIRA, I. B. T. *et al.* Indústria de suco de laranja integral. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

PETERS, M. S.; TIMMERHAUS, K. D. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 1991.

PITOMBO, R. N. M. Comportamento higroscópico do suco de laranja liofilizado. Universidade de São Paulo, 1990.

RAPINA, L. F. V. "Caracterização de farinhas de albedo, bagaço e casca de laranja e sua aplicação em bolos de laranja". UNESP, 2017.

RIBEIRO, O.M.A.G. Estudo comparativo de processos de desidratação. Repositório Instituto Politécnico de Tomar, 2015.

RINGBLUM, U. *The Orange Book*. Lund: Tetra Pak Processing Systems, 2017.

SANTIN, F. *et al.* Food consumption markers and associated factors in Brazil: Distribution and evolution, 2022.

SARAVACOS, G.; KOSTAROPOULOS, A. E. Handbook of Food Processing Equipment. Springer, 2016.

SIDDIQUI, S. *et al.* Extraction and purification of d-limonene from orange peel wastes: recent advances. Industrial Crops and Products, 2022.

SOARES, J. M. ESTUDO DA VIABILIDADE DE UMA EMPRESA DE ALIMENTOS LIOFILIZADOS, Tese (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná, 2017.

SUCUPIRA, N.R.; XEREZ, A.C.P.; SOUSA, P.H.D. Perdas vitamínicas durante o tratamento térmico de alimentos, 2012.

TACO – TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS. 4a edição revisada e ampliada, UNICAMP, Campinas - SP, 2011.

TORALLES, R. P. “Determinação das constantes cinéticas de degradação do ácido ascórbico em purê de pêsego: efeito da temperatura e concentração”. 2008.

TOWLER, G.; SINNOTT, R. K. Chemical Engineering design: principles, practice and economics of plant and process design. Butterworth-Heinemann, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO. Escola Paulista de Medicina. Departamento de Informática em Saúde. Tabela de composição Química dos Alimentos (TABNUT). Disponível em: <https://tabnut.dis.epm.br/>. Acesso em: 10/01/2023.

VIDAL, M.F. PRODUÇÃO DE LARANJA NA ÁREA DE ATUAÇÃO DO BNB. Ano 6, Nº 198, dezembro, 2021.

VILELA, E.T.S. Secagem por liofilização: Método de operação e relevância na área de alimentos, 2016.

YAMANAKA, H. T. Sucos cítricos. São Paulo: CETESB, 2005.

ZEMA, D.A. “Valorisation of citrus processing waste: A Review,” *Waste Management*, 2018, pp. 252–273.