



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Química

Engenharia Química

TRABALHO DE LICENCIATURA

Estudo de viabilidade económica de implantação de unidade fabril para a produção de embalagens biodegradáveis a base de micélio

Autor:

José Luís Paulo Fernando

Supervisor:

Prof. Doutor Afonso Daniel Macheca, Eng.º

Maputo, Outubro de 2024



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Química

Engenharia Química

Estudo de viabilidade económica de implantação de unidade fabril para a produção de embalagens biodegradáveis a base de micélio

Trabalho a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da UEM, como requisito fundamental para aquisição do grau de licenciatura em Engenharia Química.

Autor:

José Luís Paulo Fernando

Supervisor:

Prof. Doutor Afonso Daniel Macheça, Eng.º

Maputo, Outubro de 2024

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante **José Luís Paulo Fernando** entregou no dia ____/____/20____ as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura intitulado: **Estudo de viabilidade económica da implantação de unidade fabril para a produção de embalagens biodegradáveis a base de micélio.**

Maputo, ____ de _____ de 20____

O Chefe de Secretaria

DECLARAÇÃO SOB PALAVRA DE HONRA

Eu, José Luís Paulo Fernando, declaro por minha honra que o presente trabalho foi realizado inteiramente por mim, no Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, no âmbito da conclusão do curso de Licenciatura em Engenharia Química.

Maputo, _____ de _____ de 20____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus por ser autor do meu destino e sempre presente na hora da angústia, a Catija Ibraimo o motivo maior do brilho que carrego no olhar, aos meus pais Fernando Carvalho e Margarida Martinho Luís Caetano por terem me semeado nesta terra, aos meus filhos: Ismael José Fernando, Nicolau José Fernando, Igor José Fernando, Rassul José Fernando e Amir José Fernando, por serem o meu orgulho a razão da minha vida e do grande amor que carrego no coração.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus que cuida de mim desde a minha existência, pela força que me proporcionou para enfrentar inúmeras dificuldades ao longo da etapa que hoje culmina;

Aos meus Pais Fernando Carvalho e Margarida Martinho Luís Caetano agradeço por estarem sempre presentes em todos os momentos mais importantes da minha vida;

A Catija Ibraimo melhor companheira de todos os momentos a quem sempre compartilhei os meus sonhos, agradeço do fundo do meu coração pelo amor e carinho que me dá e se faz sentir em todas as acções.

Aos meus filhos (amigos verdadeiros): Ismael José Fernando, Nicolau José Fernando, Igor José Fernando, Rassul José Fernando e Amir José Fernando, agradeço pela paciência e compressão de não ter lhes dado carinho quando precisavam.

Aos meus irmãos: Carvalho Fernando Carvalho, Agostinho Fernando Carvalho, Rosário Fernando Carvalho, Alexandre Fernando Carvalho, agradeço por sempre terem demonstrado confiança e me motivado para que pudesse terminar com a etapa.

Meu especial agradecimento vai para o meu supervisor Prof. Doctor Eng.º Afonso Daniel Macheca, pela orientação científica do trabalho, pelo empenho e confiança depositado tanto a nível académico assim como a nível pessoal, a sua disponibilidade e apoio foram factores de motivação importantes para o sucesso do trabalho realizado.

A equipa do Departamento da engenharia química assim como a todos profissionais da Faculdade de engenharia, agradeço pelo suporte emocional que tanto deram para que eu pudesse chegar a esta fase.

A Todos os colegas e amigos do curso, em especial ao Ngaugake Jojó Tsamanea, Victor Magaia, Paulo Cossa, Auziane da Glória Tomás Ndeve, Isaias Nhapele, Daniela Lucília Mandlate e Fainesse Sulemane Domingos Cugala, pelos ensaios e partilha de conteúdos, Pedro Chibulacho e outros que de forma directa ou indirecta apoiaram na realização deste trabalho.

RESUMO

Desde 1950 já foram produzidos 9 biliões de toneladas de plástico destes, 30% ainda estão em uso, e dos plásticos descartados apenas 9% são reciclados, 12% são incinerados e 79% são acumulados em aterros ou na natureza. O uso de plástico biodegradável permite reduzir a poluição ambiental e contribui na mitigação das mudanças climáticas dado que este decompõe-se mais rapidamente que o plástico a base de combustíveis fósseis. As possibilidades do uso do micélio do cogumelo no desenvolvimento de embalagens ecológicas têm despertado grande interesse na aplicação industrial. O bagaço-de-cana é de fácil acesso abrindo oportunidades de desenvolver inovações utilizando este resíduo industrial de forma sustentável. O projecto apresentado tem por finalidade a análise da viabilidade económica para implantação de unidade fabril destinada à produção de embalagens biodegradáveis. Os objectivos do trabalho que constam no projecto são: análise de mercado e análise da viabilidade económica. Da análise de localização, constatou-se que o local mais indicado para instalação da unidade fabril foi na província de Maputo, devido à infraestrutura da região e proximidade com os fornecedores de matéria-prima e clientes. A unidade fabril foi dimensionada para processar 1.35 toneladas de bagaço de cana-de-açúcar por dia, resultando na produção de 900 000 unidades de embalagens por ano com a massa aproximada a 0.27 kg por cada embalagem. O processo de produção seleccionado consiste nas etapas de peneiramento do bagaço de cana-de-açúcar, esterilização e inoculação do bagaço de cana-de-açúcar com micélios, moldagem, fermentação, secagem e expedição. A produção do inóculo será realizada por meio da fermentação em estado líquido em laboratório. Da análise económica, concluiu-se que o empreendimento é viável, uma vez que o valor presente líquido se mostrou positivo, sendo a taxa interna de retorno de aproximadamente 23% e o período de retorno de investimento calculado foi de aproximadamente 3.3 anos.

Palavras-chave: Embalagem, plástico, biodegradável, inóculo, micélios, viabilidade.

ABSTRACT

Since 1950, 9 billion tons of plastic have been produced, 30% are still in use, and of the discarded plastics, only 9% are recycled, 12% are incinerated and 79% are accumulated in landfills or in nature. The use of biodegradable plastic reduces environmental pollution and contributes to mitigating climate change as it decomposes more quickly than plastic based on fossil fuels. The possibilities of using mushroom mycelium in the development of ecological packaging have attracted great attention. interest in industrial application. This raw material is generally discarded and is easily accessible, somewhat conditioning the opportunities to develop innovations for the industry in a sustainable way. The purpose of the presented project is to analyze the economic viability of implementing a manufacturing unit for the production of biodegradable packaging. The objectives of the work contained in the project are: market analysis and analysis of economic viability. From the location analysis, it was found that the most suitable location for installing the manufacturing unit was in the province of Maputo, due to the region's infrastructure and proximity to raw material suppliers and consumer customers. The manufacturing unit was designed to process 1.35 tons of sugarcane bagasse per day, resulting in the production of 900,000 packaging units per year with an approximate mass of 0.27 kg per package. The selected production process consists of the steps of sieving sugarcane bagasse, sterilization, and inoculation of sugarcane bagasse with mycelia, molding, fermentation, drying and shipping. The production of the inoculum will be carried out through liquid fermentation in the laboratory. From the economic analysis, it was concluded that the project is viable, since the net present value was positive, with the internal rate of return being approximately 23% and the calculated return on investment period being approximately 3.3 years.

Keywords: Packaging, plastic, biodegradable, inoculum, mycelia, viability.

Índice

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTO	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
1. Introdução	1
1.1. Formulação do problema	2
1.2. Objectivo	3
1.2.1. Objectivo geral	3
1.2.2. Objectivos específicos	3
1.3. Justificativa	3
1.4. Metodologia	4
2. Revisão bibliográfica	5
2.1. Embalagem	5
2.1.1. Funções da embalagem	6
2.1.2. Materiais das embalagens	7
2.1.3. Impacto das embalagens no meio ambiente	9

2.1.4.	Sustentabilidade das embalagens.....	10
3.	Análise de Mercado	12
3.1.	Descrição do produto.....	12
3.2.	Descrição do mercado.....	13
3.3.	Público-alvo	13
3.4.	Concorrentes	14
3.5.	Modelo de negócio	14
3.6.	Localização.....	15
3.7.	Licença ambiental.....	17
4.	Processo de Produção.....	19
4.1.	Recepção e armazenamento da matéria-prima.....	19
4.2.	Peneiração	19
4.3.	Esterilização	20
4.4.	Biorreactores para o preparo de inóculo.....	20
4.5.	Inoculação	21
4.6.	Enchimento.....	21
4.7.	Prensa	21
4.8.	Câmara de fermentação e secagem.....	21
4.9.	Fluxograma de produção.....	22

4.10.	Balanço de massa.....	24
5.	Análise da viabilidade económica do projecto	25
5.1.	Estimativa dos requisitos de capital.....	25
5.1.1.	Custo total de equipamento.....	25
5.1.2.	Custos Operacionais	27
5.1.3.	Custos de matéria-prima	28
5.1.4.	Custos com mão-de-obra	28
5.1.5.	Custos com manutenção e reparações	29
5.1.6.	Custos com as utilidades.....	30
5.1.7.	Mão-de-obra de supervisão directa	30
5.1.8.	Fornecimento para as operações	30
5.1.9.	Patentes e Royalties.....	30
5.1.10.	Depreciação.....	31
5.1.11.	Custos com taxas locais	31
5.1.12.	Custos com seguros	31
5.1.13.	Custos administrativos	31
5.1.14.	Financiamento	32
5.2.	Receitas e lucro	33
5.3.	Grau de Exploração.....	34

6.	Resultados e Discussão	35
6.1.	Break Even Point (Ponto crítico).....	35
6.2.	Período de retorno de investimento.....	36
6.3.	Valor actual líquido	36
6.4.	Taxa interna de retorno	37
6.5.	Análise de sensibilidade	37
7.	Conclusões	40
	Referências bibliográficas.....	41
	Anexos	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.

MIC - Ministério de Indústria e Comércio;

APAMO - Associação dos Produtores de Açúcar de Moçambique;

MICOA - Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental;

DPCA - Direcções Provinciais para a Coordenação da Acção Ambiental;

DDCA - Direcções Distritais para a Coordenação da Acção Ambiental;

TIR - Taxa interna de rentabilidade;

PRI – Período de retorno de investimento;

VAL – Valor actual líquido;

INE – Instituto Nacional de Estatísticas.

Batch – Indica o número de vezes de uma operação unitária.

emb - Embalagem

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de uma embalagem de vidro.	7
Figura 2 - Exemplo de uma embalagem de alumínio.	8
Figura 3 - Exemplo de uma embalagem plástica.....	8
Figura 4 - Exemplo de uma embalagem de cartão.....	9
Figura 5 - Embalagem biodegradável a base micélio.....	13
Figura 6 - Estrutura de um modelo de negócio.....	14
Figura 7 - Localização da área e do terreno da instalação da unidade fabril	17
Figura 8 - Diagrama de blocos do processo produtivo	19
Figura 9 - Fluxograma do processo produtivo das embalagens.....	23
Figura 10 - Grau de exploração previsto durante a vida útil do projecto.	34
Figura 11 - Break Even Point.....	35
Figura 12 - Gráfico de posição acumulada do fluxo de caixa.	36
Figura 13 - Análise de sensibilidade do projecto a variações no custo médio da matéria-prima.	38
Figura 14 - Análise de sensibilidade do projecto a variações no preço de venda de cada embalagem.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fábricas de Açúcar a operar em Moçambique e Capacidade de Produção.	16
Tabela 2 - Balanço de massa da planta.	24
Tabela 3 - Estimativa de equipamento base.....	26
Tabela 4 - Estimativas do capital de investimentos total.	27
Tabela 5 - Custos com matéria-prima	28
Tabela 6 - Valores referentes aos custos com mão-de-obra operacional.	29
Tabela 7 - Resumo da estimativa dos custos operacionais.....	32
Tabela 8 - Capital estimado do financiamento.....	33
Tabela 9 - Plano de amortização do empréstimo.	33
Tabela 10 - Preço de venda por embalagem, receita e lucro.	34

1. INTRODUÇÃO

Quase todo produto comercializado é distribuído em embalagens, seja directamente para o consumidor final ou apenas para o transporte de uma manufactura entre indústrias, sendo maioritariamente feitos de plástico. Dos 9 biliões de toneladas de plástico produzidos desde 1950, 30% ainda estão em uso, no entanto, dos plásticos que foram descartados, apenas 9% são reciclados, enquanto 12% são incinerados e 79% são acumulados em aterros ou no ambiente natural (Babayemi et al. 2019). Se o modelo existente de consumo e gestão de resíduos plásticos for preservado, cerca de 12 biliões de toneladas de resíduos plásticos serão acumulados no meio ambiente até 2050 (Gubanova et al. 2019). A poluição plástica resulta em grande parte da incapacidade do ser humano de assumir o custo económico total do fabrico e eliminação dos plásticos e dos seus impactos no ecossistema e na saúde humana. Segundo o WORLD BANK GROUP (2018) o plástico custa à humanidade valores substanciais por ano em danos ambientais e sociais. Isto é uma consequência de um modelo económico linear em que os recursos fluem unidireccionalmente dos combustíveis fósseis, são divididos em monómeros, transformados em um produto final, utilizados frequentemente de forma breve e depois descartados.

Dessa forma, surgem alternativas às embalagens produzidas a partir de materiais fósseis, dentre elas destacam-se as embalagens produzidas a partir de material biodegradável, como é o caso do micélio. De acordo com Kenneth Research (2022), o mercado internacional de embalagens biodegradáveis irá apresentar um facturamento de cerca de 160 bilhões de dólares até 2031, com uma taxa de crescimento anual composto de aproximadamente 6%. Tal crescimento se dá principalmente em razão de acordos internacionais como o Acordo Verde assinado em 2019 pela União Europeia, o qual visa eliminar a poluição do bloco até 2030 (Deutsche welle, 2021).

Neste contexto o presente trabalho irá estudar a possibilidade de instalação de uma unidade fabril para produção de embalagens não só biodegradáveis, amigo de ambiente, mas também explorar a possibilidade de valorização dos resíduos agro-industriais.

1.1. Formulação do problema

Os desafios da gestão integrada de resíduos sólidos enfrentados por grande parte da África são reflectidos de forma semelhante em Moçambique. A nível nacional, sabe-se que Moçambique gerou 2.64 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos ou 85kg por pessoa/ano em 2016, esperando-se que esse número aumente substancialmente nas próximas décadas (WORLD BANK GROUP, 2018). A taxa global de recolha de resíduos é de cerca de 30% para Maputo, a produção de resíduos é de 197 kg por pessoa/ano (dos Muchangos *et al.* 2017). Até 2017, apenas três municípios em Moçambique (Maputo, Beira e Vilankulos) tinham implementado actividades formais de reciclagem, com actividades centradas principalmente em torno de Maputo e Beira. Contudo, apesar das iniciativas positivas tomadas em cada uma delas, o volume de reciclagem formal não conseguiu ultrapassar 1% do volume total de resíduos sólidos urbanos, resultando na deposição de quase todos os resíduos sólidos urbanos gerados no meio ambiente (Sallwey *et al.* 2017). A fraca reciclagem dos resíduos sólidos gerados em Moçambique é originada por diversos factores, como falta de infraestrutura, ausência de políticas públicas que promovem a reciclagem, bem como factores culturais e sociais que não promovem práticas sustentáveis. Todos estes factores conjugados fazem com que surja a necessidade de optar por produtos feitos de materiais biodegradáveis de modo a minimizar o impacto ambiental dos materiais no seu descarte.

1.2. Objectivo

1.2.1. Objectivo geral

- Estudar a viabilidade económica da implantação de unidade fabril para produção de embalagens biodegradáveis à base de micélio.

1.2.2. Objectivos específicos

- Analisar o mercado nacional para a identificação do potencial do país para o consumo das embalagens biodegradáveis;
- Estudar a região economicamente estratégica e socialmente viável na implantação da unidade;
- Analisar a viabilidade económica do projecto.

1.3. Justificativa

A urbanização tem crescido muito nos últimos anos em quase todo o mundo, especialmente em Moçambique. Isso resultou em um aumento no consumo de produtos industrializados e, conseqüentemente, na quantidade de resíduos gerados. Esses resíduos se acumulam em lixeiras a céu aberto e no meio ambiente, sendo que aproximadamente 40% destes resíduos são materiais plásticos não biodegradáveis derivados de fonte fóssil, o que gera um grande impacto ambiental. Além disso, durante o processamento de frutas, quantidades consideráveis (normalmente entre 30 e 50%) de cascas e bagaços, contendo elevados teores de compostos bioactivos, são geradas e, na maioria das vezes, descartadas. Portanto, é importante considerar a reutilização desses subprodutos da indústria de alimentos, visando reduzir o impacto ambiental.

Uma das alternativas mais ecológicas e economicamente viáveis para a diminuição de resíduos acumulados, seria a utilização de matéria-prima proveniente da agricultura para o fabrico de embalagens não agressoras do meio ambiente por ser biodegradáveis e provir de uma fonte renovável. Por outro lado, na última década, estudos utilizando polímeros biodegradáveis para o desenvolvimento de embalagens vêm se destacando cada vez mais, buscando materiais com elevada biodegradabilidade após o descarte, facto que torna essencial o estudo de alternativas para a produção desse tipo de embalagem. É neste contexto que se desenvolve o presente trabalho.

1.4. Metodologia

Para o sucesso deste estudo recorreu-se à pesquisas bibliográficas (livros, artigos, patentes, teses de licenciatura e mestrado) relacionadas com a temática. Estas pesquisas permitiram criar uma base de sustentação conceptual sobre o assunto de forma a redigir a fundamentação teórica e servir de base para análise e discussão dos resultados e elaboração do relatório.

As etapas para a aplicação do estudo foram:

- a) Realização de um estudo de mercado consumidor através de pesquisas;
- b) Identificação da melhor localização para a implantação da empresa através de investigações de disponibilidade e custos de mão-de-obra, disponibilidade de serviços básicos como água e energia eléctrica e área física necessária;
- c) Descrição dos processos de produção, equipamentos e materiais;
- d) Avaliação económica através de métodos determinísticos como período de retorno de investimento, taxa interna de retorno, *break even point*, e análise de sensibilidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Embalagem

A origem da embalagem é, certamente, tão antiga quanto a necessidade do homem de transportar e proteger seus alimentos e produtos. A embalagem é um aspecto essencial das nossas vidas diárias desempenha um papel múltiplo, servindo não apenas como um recipiente para bens, mas também como guardião da integridade do produto, comunicador da identidade da marca e facilitador da conveniência no nosso mundo cada vez mais acelerado (Naga, 2022).

Nas civilizações antigas, a necessidade de embalagens impulsionou a criação de soluções de embalagem utilizando materiais disponíveis localmente. À medida que as civilizações cresceram e as rotas comerciais se expandiram, as técnicas de embalagem evoluíram para atender às exigências de um mercado global em crescimento. O surgimento da embalagem de papel na era do Renascimento (entre os séculos XIV e XVII) revolucionou o comércio, oferecendo uma alternativa leve e versátil aos materiais tradicionais. Enquanto isso, o surgimento da embalagem de vidro durante a era do Renascimento anunciou uma nova era de elegância e sofisticação, permitindo que produtos como vinho e perfumes fossem exibidos em recipientes transparentes.

A Revolução Industrial dos séculos XVIII e XIX trouxe consigo uma nova era de produção em massa de embalagens padronizadas. Inovações como a invenção da caixa de cartão e da lata de estanho transformaram o panorama da embalagem, permitindo que os produtos fossem eficientemente embalados, armazenados e enviados em grande escala.

O século XX testemunhou o surgimento dos plásticos como material de embalagem dominante, impulsionado pela sua versatilidade, durabilidade e economia. De recipientes de comida a garrafas de bebida, os plásticos tornaram-se ubíquos nas nossas vidas diárias, oferecendo conveniência e prolongamento do prazo de validade sem precedentes. No entanto, preocupações com a poluição plástica e a degradação ambiental levaram a uma reavaliação da nossa dependência de plásticos de uso único, desencadeando um movimento global em direção a alternativas de embalagens mais

sustentáveis. Em resposta a estes desafios, o século XXI tem assistido a um ressurgimento do interesse em soluções de embalagem ecológicas. Desde materiais biodegradáveis como plásticos compostáveis e fibras à base de plantas até a conceitos inovadores como embalagens comestíveis.

2.1.1. Funções da embalagem

Poças e Moreira (2004) enfatizam que a embalagem desempenha um papel multifacetado e crucial na comercialização e consumo de produtos. Além de meramente envolver o item, ela cumpre diversas funções vitais que vão desde a protecção até a facilitação do uso e comunicação com o consumidor.

A função de **protecção** vai além do simples acondicionamento do produto. Ela visa salvaguardá-lo contra danos que possam ocorrer durante seu transporte, manipulação e armazenamento. Mecanismos como selos e tampas são empregues para garantir a integridade do produto, evitando adulterações acidentais ou propositais que possam comprometer sua qualidade ou segurança.

No que diz respeito à **conservação**, a embalagem desempenha um papel crucial na preservação da qualidade e durabilidade do produto ao longo do tempo. Ao seleccionar materiais que funcionam como barreiras contrafactores ambientais prejudiciais, como humidade, oxigénio e luz, ela impede a deterioração prematura e o desenvolvimento de microrganismos, mantendo assim a frescura e segurança alimentar.

Além disso, a embalagem desempenha um papel crucial na **transmissão de informações** essenciais ao consumidor. A rotulagem precisa não apenas atende aos requisitos legais, fornecendo detalhes sobre o produto, data de validade e informações nutricionais, mas também capacita o consumidor a fazer escolhas informadas e conscientes. O código de barras facilita a rastreabilidade do produto ao longo da cadeia de suprimentos, oferecendo dados valiosos para gerenciamento de armazéns e distribuição.

A função de **serviço** destaca a importância da embalagem na facilitação do uso e consumo do produto. Ela deve ser projectada de forma a oferecer conveniência ao

consumidor, proporcionando praticidade no manuseio e preparo. Exemplos incluem embalagens com abertura fácil, tampas que permitem o fechamento entre usos e a possibilidade de aquecer ou servir directamente na embalagem.

Por fim, algumas embalagens são elaboradas com foco em **comunicação e marketing**, empregando elementos visuais e textuais que visam atrair a atenção do consumidor e influenciá-lo na decisão de compra. Essa abordagem estratégica visa não apenas informar, mas também engajar o consumidor, criando uma experiência de compra mais envolvente e satisfatória.

2.1.2. Materiais das embalagens

No mercado de embalagens alimentares, uma ampla gama de materiais é utilizada para atender às demandas específicas de diferentes produtos e necessidades de conservação. Desde os tempos antigos até os dias actuais, a diversidade de materiais disponíveis reflecte não apenas os avanços tecnológicos, mas também a busca contínua por soluções que equilibrem eficácia, praticidade e sustentabilidade. Castilho (2012) destaca os seguintes materiais para o fabrico de embalagens:

a) Vidro: com uma história rica e longa como material de embalagem, o vidro é valorizado por sua capacidade de preservar o sabor dos alimentos e bebidas, além de protegê-los contra influências externas. Sua inércia e excelente barreira tornam-no uma escolha popular para produtos que exigem protecção contra gases e outros contaminantes. Além disso, a possibilidade de reutilização e reciclagem o torna uma opção ambientalmente consciente. No entanto, sua fragilidade e peso podem ser considerados desafios em termos de manuseio e transporte.



Figura 1 - Exemplo de uma embalagem de vidro.

Fonte: BR Embalagens (s.d.)

b) Metal: as embalagens metálicas como laminados de alumínio, desempenham um papel fundamental na preservação de alimentos e bebidas. Sua resistência mecânica e capacidade de suportar condições extremas de temperatura tornam-nas ideais para uma variedade de produtos. Além disso, sua infinita capacidade de reciclagem contribui para a economia circular. No entanto, a possibilidade de interação química com os produtos e os custos de produção podem ser considerados pontos de atenção.



Figura 2 - Exemplo de uma embalagem de alumínio.

Fonte: Elo7 (s.d.)

c) Plástico: uma inovação que revolucionou a indústria de embalagens, o plástico oferece uma combinação única de leveza, versatilidade e custo efetivo. Sua capacidade de ser moldado em uma variedade de formas o torna ideal para uma ampla gama de produtos. Embora seja reciclável em certa medida, as preocupações com a resistência mecânica levam a considerações adicionais sobre sua adequação para certos usos.



Figura 3 - Exemplo de uma embalagem plástica.

Fonte: Map Plasticos (s.d.)

d) Cartolina e Cartão: estes materiais, embora talvez menos comuns em algumas aplicações, encontram seu lugar no mercado de embalagens devido à sua maleabilidade, leveza e capacidade de serem reciclados e biodegradáveis. Apesar de não serem naturalmente resistentes à água, técnicas de revestimento podem ser empregues para melhorar sua adequação para certos produtos. No entanto, suas limitações em termos de barreira e resistência mecânica podem exigir considerações adicionais durante o projecto e desenvolvimento de embalagens.



Figura 4 - Exemplo de uma embalagem de cartão

Fonte: Plas Cart (s.d.)

2.1.3. Impacto das embalagens no meio ambiente

O impacto ambiental dos materiais de embalagem abrange todo o ciclo de vida dos produtos, desde a produção até o descarte.

As embalagens de **alumínio**, embora vantajosas pela sua leveza e reciclabilidade, geram uma poluição significativa durante a produção. A extracção e o processamento de bauxita em alumínio requerem energia substancial, muitas vezes derivada de combustíveis fósseis, levando a emissões consideráveis de CO₂. O **PVC**, ou cloreto de polivinil, é um tipo de plástico muito utilizado em embalagens devido à sua durabilidade e versatilidade. No entanto, a sua produção envolve produtos químicos tóxicos e liberta dioxinas (contaminantes persistentes) nocivas, representando riscos tanto para a saúde humana como para o ambiente. As embalagens de **papel**, muitas vezes consideradas uma opção mais ecológica, ainda têm implicações ambientais significativas. A produção de papel envolve desmatamento, consumo de água e emissão de gases de efeito estufa (Christiansen, et. al, 2019). As embalagens de **vidro** são elogiadas pela sua

capacidade de serem recicladas sem degradação da qualidade. No entanto, a produção de vidro consome muita energia, exigindo altas temperaturas que normalmente são alcançadas pela queima de combustíveis fósseis. Além disso, o peso do vidro aumenta as emissões do transporte, impactando ainda mais a sua sustentabilidade ambiental (Pongrácz, 2007).

O The Vanella group (2022) evidencia que o plástico é o mais presente na sociedade moderna, e representa uma grave ameaça ao ambiente em várias dimensões. Em primeiro lugar, contribui significativamente para a poluição, contaminando tanto o solo como da água quando eliminado de forma inadequada. Além disso, a produção de plástico emite gases com efeito de estufa, contribuindo para as alterações climáticas, que representam uma ameaça crescente tanto para os seres humanos como para a vida selvagem. A vida selvagem sofre com a poluição plástica, devido a outros factores como a ingestão de resíduos plásticos. Espécies como as tartarugas marinhas são particularmente vulneráveis, confundindo plástico flutuante com comida, o que pode resultar em consequências fatais.

2.1.4. Sustentabilidade das embalagens

O objectivo das embalagens de alimentos sustentáveis é integrar materiais funcionais e/ou inovadores na embalagem que possam melhorar a economia e o meio ambiente.

Materiais recicláveis podem ser empregados de modo a ajudar o meio ambiente, e para muitos materiais (como vidro, papel e metal) a reciclagem é uma solução que oferece um produto final de alta qualidade que pode ser utilizado para gerar novos produtos continuamente. As embalagens de plástico, no entanto, se recicladas, são transformadas em plástico de qualidade inferior antes de deixarem de ser úteis e serem enviados para aterros ou incinerados (Tipa, 2023).

As preocupações com as mudanças climáticas e a poluição plástica continuam a aumentar, deste modo, a indústria de embalagens está agora em busca de embalagens biodegradáveis que sejam leves para reduzir o uso de materiais, resíduos e também os custos de transporte. A embalagem sustentável oferece uma solução convincente ao utilizar materiais que são eficientemente recicláveis, biodegradáveis ou feitos a partir de

recursos renováveis. Esses materiais não apenas reduzem as emissões de gases de efeito estufa, mas também promovem uma economia circular ao fechar o ciclo por meio de processos de reciclagem e compostagem (Saveth, 2023).

Paralelamente, a embalagem sustentável também está alinhada com os valores dos consumidores, atraindo uma base de clientes que busca produtos que reflitam seu compromisso com um futuro mais verde. A exploração de polímeros naturais biodegradáveis e suas misturas para a síntese verde de material de embalagem à base de polímeros promete oferecer uma solução sustentável devido às inúmeras vantagens desses polímeros, incluindo baixo custo, acessibilidade, biodegradabilidade e processabilidade flexível (Ncube et al, 2020).

3. ANÁLISE DE MERCADO

3.1. Descrição do produto

O processo de produção das embalagens de micélio baseia-se no crescimento de fungos em substratos compostos por resíduos e subprodutos agrícolas, como bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz e palha de milho. Essa combinação de substrato e microrganismo resulta em embalagens com características únicas, similares às produzidas pela empresa americana Ecovative Design LLC (ver figura 5). O micélio actua como um agente de aglutinação nas embalagens, ou seja, ele liga todas as fibras dos substratos agrícolas actuando como uma cola. O inóculo para o desenvolvimento do micélio é constituído por xilose, água e sais minerais, enquanto o bagaço de cana-de-açúcar por massa carbonácea seca, água e sais minerais.

Essas embalagens de micélio são compostas por matéria orgânica e, portanto, são biodegradáveis diferente do plástico constituído maioritariamente por derivados da industria petroquímica. Esse atributo as torna susceptíveis à degradação quando expostas a condições adequadas, apresentando-se como uma alternativa viável em comparação às embalagens convencionais, que frequentemente exigem processos complexos e dispendiosos de reciclagem (Ecycle, 2022).

A proposta desse produto final destaca-se por sua natureza sustentável proporcionando uma solução ambientalmente amigável para as necessidades de embalagem. Ao promover a reutilização de resíduos agrícolas e utilizar um processo de produção de baixo impacto ambiental, as embalagens de micélio representam uma inovação significativa no sector de embalagens, contribuindo para a redução do desperdício e a preservação do meio ambiente.



Figura 5 - Embalagem biodegradável a base micélio.
Fonte: Ecovative (s.d.)

3.2. Descrição do mercado

Os principais mercados de embalagens biodegradáveis são os mercados de componentes electrónicos, de bebidas, de cosméticos, com maior ênfase para o mercado da indústria de alimentos, entre outros, utilizadas como meio de protecção e cobertura de diversos produtos para conservação, transporte e outros fins. Para a análise da viabilidade económica, no presente projecto foi proposta a produção de embalagens para o sector electrónico no ramo de *notebooks*, por ser um mercado em crescimento dado que muitas empresas estão optando pelo uso de computadores portáteis (*notebooks*) no lugar de computadores de mesa (*desktops*). Porém os produtos apresentam uma alta capacidade de personalização, podendo ser aplicadas em outros electrónicos (como para a embalagem de geleiras), sendo necessária somente a alteração do formato do molde.

3.3. Público-alvo

Com aumento de número de usuários de *notebooks*, consequentemente aumenta a quantidade de *notebooks* transportados de um ponto para o outro e a demanda no mercado de embalagens para **acondicionamento de *notebooks***. Numa primeira fase, o mercado alvo para o fornecimento de embalagens biodegradáveis será o nacional. Para tal será necessário produzir 900 000 embalagens ao ano. Essa quantidade anual de embalagens foi escolhida numa primeira fase para realização do projecto e tendo em conta o número actual de usuários de internet a nível nacional, visto que as embalagens serão produzidas sob demanda. Segundo o Index Mundi (s.d.), Moçambique tem 4 543 284 usuários de internet, com isso, estimou-se que 20% deste

universo (cerca de 908 656 pessoas) tenham *notebooks*. Associado ao facto de cada pessoa poder ter mais de um *notebook* para diferentes fins e com o crescimento exponencial da acessibilidade a meios electrónicos no país, espera-se que com a capacidade de 900 000 embalagens anuais, possa suprir a demanda nacional.

3.4. Concorrentes

Em Moçambique praticamente não existem empresas que produzem embalagens biodegradáveis. Baseado nessa informação, não há nenhum concorrente a nível nacional empregando a tecnologia proposta no presente projecto. Internacionalmente, a empresa americana *Ecovative Design LLC*, pioneira na produção de embalagens biodegradáveis utilizando micélio e resíduos agro-industriais, é um potencial concorrente. Porém, empresas internacionais não são vistas como concorrentes directos, visto que os custos de transporte e importação seriam tão elevados a ponto de ser inviável, reduzindo a competitividade.

3.5. Modelo de negócio

O modelo de negócios permite guiar a empresa na definição e implementação de estratégia através das estruturas, processos e sistemas organizacionais (Osterwalder e Pigneur, 2011). É uma ferramenta que representa de maneira resumida os principais pontos que criam valor para um negócio, sendo eles: principais parcerias, principais actividades, relacionamento com clientes, segmento de cliente, recursos principais, canais, estrutura de custo, fonte de receita e a proposta de valor da empresa como mostrado na figura 6.

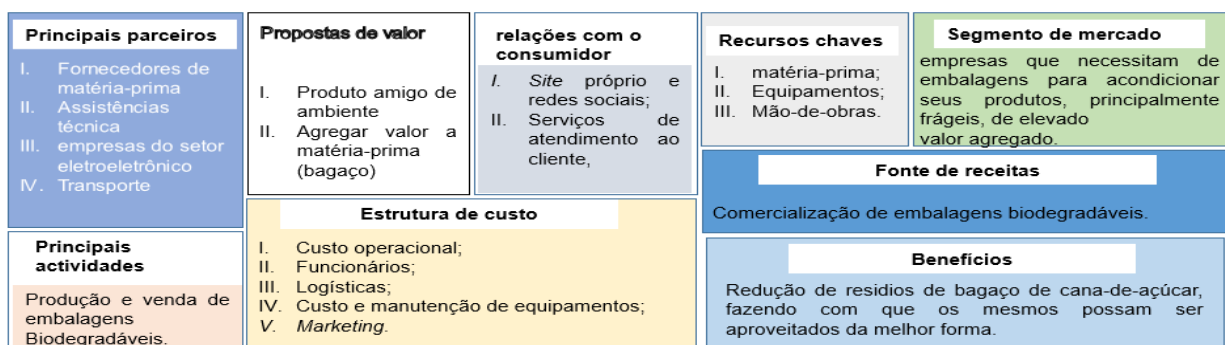


Figura 6 - Estrutura de um modelo de negócio.

Fonte: Fernanda et. al. (2023)

3.6. Localização

Para a definição da localização da unidade, levou-se em consideração a proximidade com os fornecedores de uma das principais matérias-primas utilizadas para a produção de embalagens biodegradáveis, que é o bagaço proveniente da produção e processamento da cana-de-açúcar. Em Moçambique existem sete fábricas de produção de açúcar, quatro fábricas que produzem o açúcar convencional e refinado, localizadas nas províncias de Maputo e Sofala, que, em conjunto têm uma capacidade de produção de 530 000 toneladas de açúcar bruto por ano e três fábricas dedicadas à produção de açúcar orgânico, destinado ao mercado externo. Estas são localizadas nas províncias de Maputo, Sofala e Cabo Delegado que, em conjunto, possuem uma capacidade de processamento de 49 300 toneladas por ano, como mostra a tabela 1. Segundo o MIC (2022) e a APAMO (2022), o sector do açúcar envolve para além das próprias fábricas, (i) cerca de quatro mil produtores de cana-de-açúcar, (ii) uma entidade responsável pela comercialização do açúcar e (iii) uma associação dos produtores de açúcar.

Tabela 1 - Fábricas de Açúcar a operar em Moçambique e Capacidade de Produção

N r	Fabricas licenciadas	Tipo de Açúcar	Localiz ação	Capacidade de produção (ton/ano)	Produção média no período 2017/2021
1	Maraga Açúcar, S.A.	Convencional e refinado	Maputo	96.000	70.701
2	<i>Tongaat Hullet</i> -Açucareira de Mafambisse		Sofala	90.000	38.399
3	Companhia de Sena S.A.		Sofala	110.000	36.382
4	<i>Tongaat Hullet</i> - Açucareira de Xinavane		Maputo	234.000	169.935
SUB-TOTAL				530.000	315.417
5	<i>Pure Diets</i> Moçambique	Orgânico	Maputo	10.000	Não disponível
6	<i>Eco Farm</i> Moçambique		Sofala	30.000	10.000
7	<i>Eco Energia</i> Moçambique		Cabo- Delgado	9.300	Não disponível
SUB-TOTAL				49.300	10.000
TOTAL				579.300	325.417

Fonte: APAMO (2022), MIC (2022).

Dentre as três províncias produtoras de cana-de-açúcar a escala industrial, definiu-se que o empreendimento será instalado na província de Maputo, por ser a maior na produção e processamento de cana-de-açúcar em Moçambique, concretamente na Matola A. Além disso, essa região possui alta concentração de indústrias sendo importante de destacar o parque industrial da Matola, tornando-se atractiva para a implantação da empresa. Matola é capital da província de Maputo situada a sul de Moçambique, com uma superfície de aproximadamente 367 km² (INE, 2012), limitada a norte e noroeste pelo distrito de Moamba, a sul pelo distrito de Boane e pela cidade de Maputo, a Oeste pelo distrito de Boane e a Este pela cidade de Maputo e pelo distrito

de Marracuene (ver A2. Anexo A2). A unidade fabril estará localizada na zona da Matola A (ver figura 7), os terrenos apresentam maiores dimensões e são facilmente adquiridos comprando aos seus proprietários, assim como também podem ser atribuídos o Direito de Uso e Aproveitamento de Terra através do município, nas áreas a verde na figura 7.



Figura 7 - Localização da área e do terreno da instalação da unidade fabril

Fonte: Googles Maps (2024)

3.7. Licença ambiental

Licença ambiental é o certificado confirmativo da viabilidade ambiental de uma actividade proposta, emitida pela autoridade que superintende a área do ambiente, através dos órgãos competentes para o efeito. O Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental (MICOA) é a instituição governamental responsável por garantir a conservação e utilização sustentável dos recursos naturais, a coordenação das actividades ambientais e o licenciamento ambiental. As Direcções Provinciais para a Coordenação da Acção Ambiental (DPCA) e em alguns casos as Direcções Distritais para a Coordenação da Acção Ambiental (DDCA) são os representantes locais do MICOA.

Em 1995, a Política Nacional do Ambiente (Resolução Nº 5/95 de 3 de Agosto) e recentemente o Decreto nº 54/2015 de 31 de Dezembro, foi aprovada como instrumento de base para o desenvolvimento sustentável em Moçambique, tendo como metas

básicas a erradicação da pobreza, melhoria da qualidade de vida e a redução dos danos ambientais. Em 1997 aprovou-se a Lei do Ambiente (Lei 20/97, de 1 de Outubro). Esta lei regula o uso e a gestão do ambiente com a intenção de promover o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o licenciamento consiste em um procedimento administrativo o qual autoriza a construção, instalação, ampliação e o funcionamento de empreendimentos que utilizem recursos ambientais ou causem danos ao meio ambiente. O licenciamento ambiental ainda se divide em três licenças, são elas: licença prévia, licença de instalação e licença de operação.

4. PROCESSO DE PRODUÇÃO

A primeira etapa do processo necessita de um local para o armazenamento da matéria-prima (bagaço de cana-de-açúcar) recebida. O processo de produção começa com peneiramento da matéria-prima e segue com outras etapas de produção como mostra a figura 8 até a expedição do produto final.

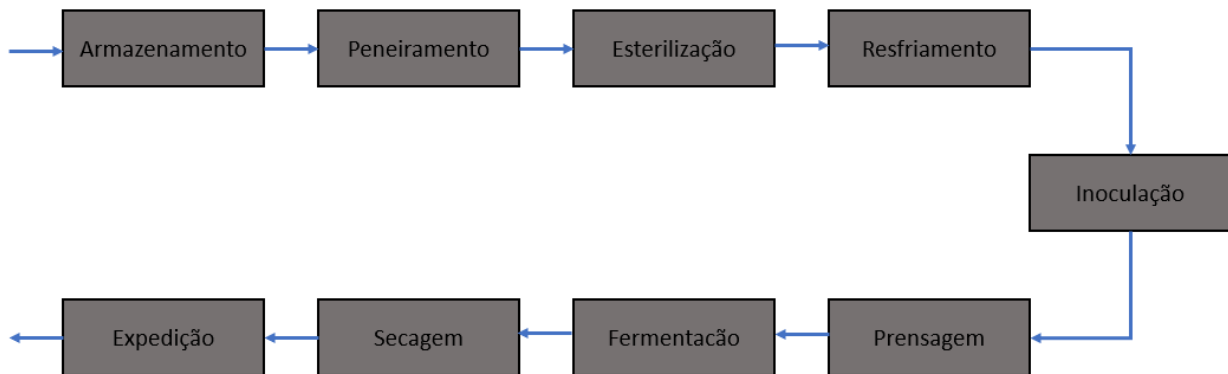


Figura 8 - Diagrama de blocos do processo produtivo

4.1. Recepção e armazenamento da matéria-prima

Quando a unidade entrar em operação será programado a receber matéria-prima já moída durante o processo de extracção de calda da cana-de-açúcar, através de caminhões, de forma que o bagaço de cana-de açúcar sempre esteja disponível para ser empregado na unidade fabril. Do local de armazenamento a matéria-prima será levado para o elevador que tem a função de posteriormente encaminhar a matéria-prima até ao sector de peneiramento.

4.2. Peneiração

A peneiração será responsável pela separação de impurezas do material e também irá separar partículas mais grossas de bagaço, seleccionando as que possuem diâmetro menor ou igual a 2 mm de modo a garantir coesão entre as partículas. Dessa forma, a peneira irá processar o necessário para uma produção diária, em 3 *batches*. porém, o último *batch* do dia será destinada à produção do dia seguinte. Considerando a retenção de 2.5% da massa processada na peneira, o equipamento será alimentado

com 1350 kg de bagaço de cana-de-açúcar diariamente. 1316.25 kg de bagaço passam para a etapa de esterilização, enquanto o restante é retido na peneira.

4.3. Esterilização

Para a etapa de esterilização será usada uma autoclave, que irá operar em 3 ciclos assim como a peneira, esterilizando assim cerca de 1.32 toneladas de bagaço por dia, ou seja, aproximadamente 0.44 toneladas por ciclo. No interior da autoclave acontecerá o resfriamento sendo este inicialmente realizado por meio de uma corrente de ar. Assim, o ar será responsável por resfriar o bagaço de 121 °C até 60 °C, diariamente. Na sequência, o material será resfriado de 60 °C até 33 °C pela inserção de 1468.0 kg de água de maceração de milho 95% diluída. O aquecimento do substrato será realizado com vapor saturado sob pressão absoluta de 0.549 MPa e a autoclave operará com temperatura interna de 121 °C.

4.4. Biorreactores para o preparo de inóculo

Um biorreactor para o preparo de inóculo é um equipamento projectado para cultivar microrganismos em condições controladas. O processo começa com a preparação do meio de cultura, que fornece os nutrientes necessários para o crescimento dos microrganismos. Em seguida, uma pequena quantidade do microrganismo de interesse, chamado de inóculo, é introduzida no meio.

Baseando-se no estudo de Papaspyridi et al (2012), a inoculação para as fermentações submersas será realizada com volume igual a 5% do volume útil do fermentador. A fermentação de menor volume será realizada em frasco *Erlenmeyer* de 200 mL em laboratório, passando para um biorreactor de bancada de 2.5L, seguindo para um biorreactor de 50L e finalmente para um biorreactor de 1000L. Dado o tempo de fermentação de 68h, serão necessários três biorreactores de cada tamanho para suprir a demanda diária de inóculo. Uma vez que a densidade celular atinge o nível desejado, o inóculo é colhido do biorreator, e então armazenado no biorreactor de 1000L e doseado para uso durante a produção.

4.5. Inoculação

A etapa de inoculação ocorre no equipamento denominado Rosca Transportadora, porém o material esterilizado proveniente da autoclave é misturado com o inóculo vindo do biorreactor, após essa etapa o material já inoculado é encaminhado até aos doseadores. Esse processo ocorre em 3 *batches*, da mesma maneira que na etapa anterior. A fracção mássica de inóculo na alimentação da rosca transportadora deve ser igual a 15% da massa de substrato (bagaço de cana-de-açúcar com 80% de humidade) que é recebida da autoclave de modo a garantir as propriedades desejadas do produto final. Parte da água necessária para atingir o teor necessário de humidade será provida pelo inóculo.

4.6. Enchimento

Após a inoculação serão utilizados doseadores volumétricos devido ao baixo custo, boa precisão e por não ser necessário alterar o volume da dosagem. Serão instalados quatro doseadores para uma produção de aproximadamente 420 peças por hora de modo a garantir a meta diária de 3300 peças.

4.7. Prensa

A etapa de prensagem se trata apenas da compactação do bagaço de cana-de-açúcar inoculado nos moldes usados para dar formas as embalagens, não incluindo ou excluindo qualquer corrente do processo.

Esses moldes deverão ser fabricados em polímero e, para produção de embalagens para *notebooks* de 14" e 15.6", apresentarão as seguintes dimensões internas: 4.3 cm de altura, 38.5 cm de largura, 27 cm de comprimento e espessura de 2 mm. Para uma produção de aproximadamente 10 peças por minuto.

4.8. Câmara de fermentação e secagem

A câmara de fermentação deverá consistir em um ambiente com controle de temperatura e humidade no seu interior. Nesta etapa, os fungos crescem e desenvolvem de forma controlada o que é essencial para a produção de plásticos com qualidade uniformizada.

A secagem será realizada utilizando ar quente, no mesmo equipamento para armazenar o total de peças produzidas durante o dia será necessária uma câmara correspondente, o que significa que cada turno terá sua câmara. Acoplado a um trocador de calor, optou-se por escolher um compressor centrífugo de simples convecção forçada entre o trocador de calor e o ambiente da sala de secagem para realização da secagem.

4.9. Fluxograma de produção

O fluxograma do processo é apresentado na figura 9, onde os equipamentos possuem uma nomenclatura em que as letras descrevem o tipo de equipamento, enquanto os números dizem respeito a área, com base no anexo A1. Desta forma, na primeira área, ocorre a recepção e selecção da matéria-prima, enquanto na segunda área, realiza-se a esterilização e resfriamento do bagaço que tem o objectivo de eliminar microorganismos que possam ser prejudiciais a etapa de fermentação onde os fungos podem crescer de forma uniforme e robusta. A terceira área consiste na preparação do inóculo, seguida pela quarta área, onde ocorre a mistura da matéria-prima com o inóculo e sua colocação nos moldes. Por fim, na quinta área, ocorrem as etapas de fermentação, secagem e preparação para expedição das embalagens.

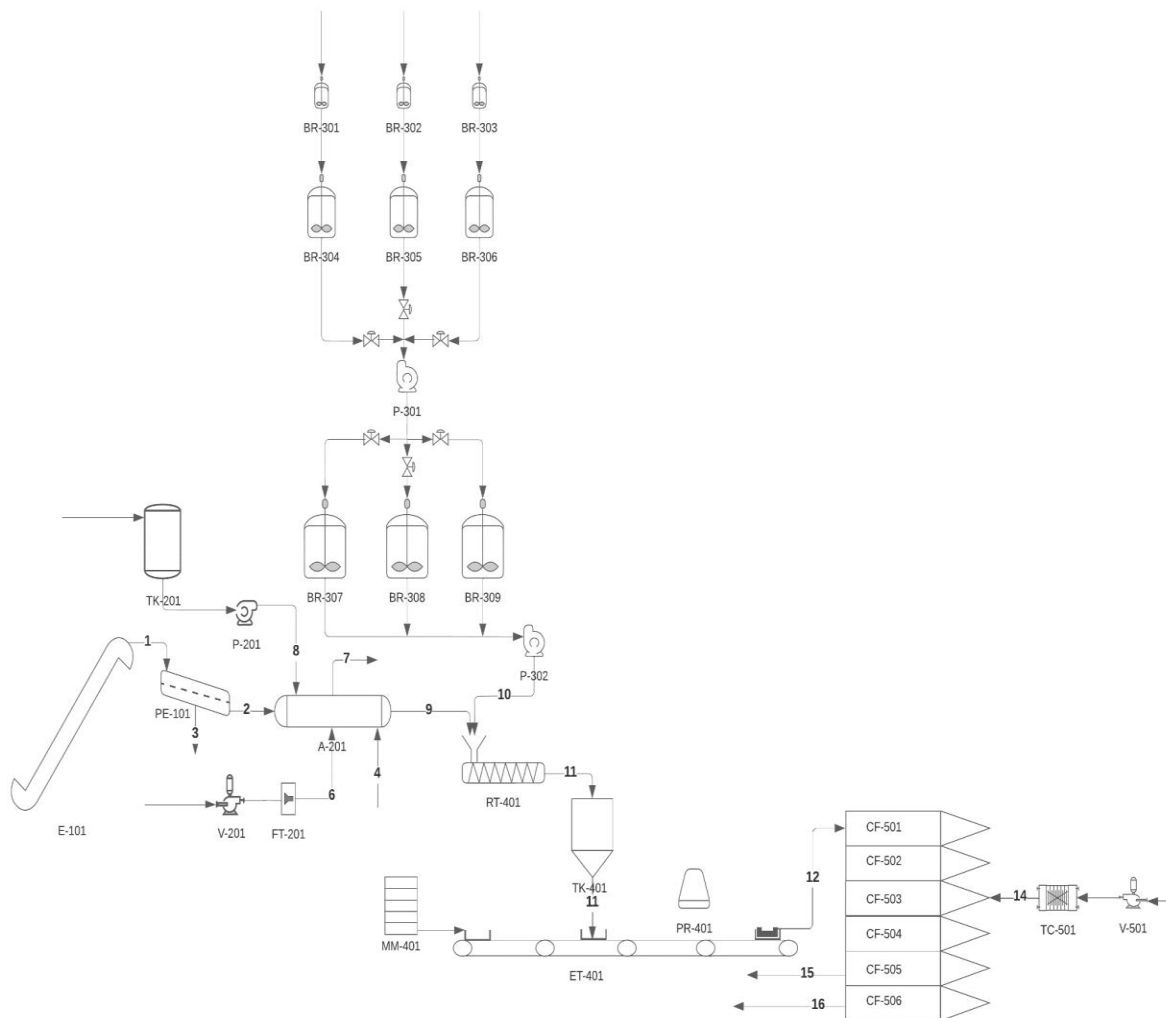


Figura 9 - Fluxograma do processo produtivo das embalagens.

Fonte: Fernanda et al, 2023

4.10. Balanço de massa

A unidade fabril produzirá 900 mil embalagens por ano, num período de 270 dias a cada ano e operando 8 horas a cada dia. Para tal aproximadamente 365 000 kg de bagaço por ano e 1350 kg do mesmo material todos os dias, que irá garantir uma produção diária de 901.7 kg de embalagens. O número de embalagens produzidas por dia é obtido dividindo a produção diária de plástico pela densidade da embalagem (0.27 kg/embalagem), o que resulta em aproximadamente 3340 embalagens por dia. Assim, multiplicando o número de embalagens produzidas por dia pelo número de dias úteis por ano, que é de 270, obtém-se 902000 embalagens por ano, sendo esta a capacidade da fábrica.

Tabela 2 - Balanço de massa da planta.

Componentes	Correntes															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Unidades	Kg/dia de trabalho															
Massa seca carbonácea	675.0	658.1	16.9	0.0	658.1	0.0	0.0	64.6	722.7	19.3	742.1	742.1	742.1	0.0	0.0	742.1
Água	675.0	658.1	16.9	125.4	783.6	0.0	0.0	1394.6	2178.1	454.4	2632.5	2632.5	2632.5	47.0	2548.6	131.0
Sais minerais	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	8.8	0.6	9.4	9.4	9.4	0.0	0.0	9.4
Nitrogénio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5643.4	5643.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5897.1	5897.1	0.0
Oxigénio	0.0	0.0		0.0	0.0	1500.2	1500.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1567.6	1567.6	0.0
Xilose	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.3	19.3	19.3	19.3	0.0	0.0	19.3
Total da corrente	1350.0	1316.3	33.7	125.4	1441.7	7143.6	7143.6	1468.0	2909.6	493.6	3403.3	3403.3	3403.3	7511.6	10013.2	901.7

5. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÓMICA DO PROJECTO

De modo geral, a análise da viabilidade económica de um projecto é a base para a tomada de decisão. É por meio dessa análise que é possível identificar os investimentos necessários para a instalação e funcionamento da planta industrial que foi dimensionada e por meio dessa análise verificar pontualmente a receita e despesas do empreendimento.

5.1. Estimativa dos requisitos de capital

O investimento total de capital inclui os fundos necessários para a compra de terrenos, elaboração do projecto detalhado, a compra e a instalação de equipamentos e edifícios, bem como para o início das operações na fábrica.

5.1.1. Custo total de equipamento

Os valores necessários para aquisição dos equipamentos foram baseados no estudo realizado por Fernanda et. al. (2023) usando a regra dos seis de décimos, que correlaciona os custos de processos industriais com base na relação logarítmica de seis décimos, expressa pela equação seguinte:

$$\text{Custo do equipamento 2} = \text{Custo do equipamento 1} \left(\frac{\text{Capacidade da planta 2}}{\text{Capacidade da planta 1}} \right)^{0.6} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo que “1” representa os dados referentes ao estudo realizado por Fernanda et. al. (2023) e “2” aos dados referentes ao presente trabalho. A capacidade da planta 1 é de 2 700 000 embalagens anuais e a capacidade da planta 2 de 900 000 embalagens anuais. A tabela 3 apresenta os resultados obtidos com base na equação dos seis décimos.

Tabela 3 - Estimativa de equipamento base

Equipamentos	Quantidade	Custo Unitário (\$)	Custo total (\$)
Elevador	1	854	854
Peneira	1	2586	2586
Mini carregadeira	1	20691	20691
Tanque de água de maceração de milho	1	486	486
Biorreator 1 m ³	3	6083	18250
Biorreator 0.05 m ³	3	1190	3569
Bomba centrífuga 8W	2	119	238
Autoclave	1	96817	96817
Tractor rebocador	1	16656	16656
Carrinho	2	3911	7821
Rosca transportadora	1	5139	5139
Doseador	4	2224	8897
Prensa	1	10863	10863
Câmara de fermentação	6	13036	78213
Caldeira	1	4656	4656
Esteira com sistema de radiação UV	1	2069	2069
Total			277,806.12

Na tabela acima, foi determinado o custo total do equipamento de base e, a partir deste foi estimado o custo de investimento total para instalação da unidade fabril pelo método de Peters and Timmerhaus, proposto por Peters et. al., (2006) mostrado na tabela 4.

Tabela 4 - Estimativas do capital de investimentos total.

Item	% do Equipamento de base	Custo (\$)
Custo de aquisição do equipamento	100%	277,806.12
Instalação do equipamento	43%	119,456.63
Tubagem	36%	100,010.20
Instalações eléctricas	15%	41,670.92
Despesas de construção	35%	97,232.14
Melhorias externas	10%	27,780.61
Serviços auxiliares	35%	97,232.14
Terreno	6%	16,668.37
Custo físico total	280%	777,857.12
Engenharia e supervisão	40%	111,122.45
Custos Directos Totais	320%	888,979.57
Taxa de empreiteiros	22%	61,117.35
Contingências	48%	133,346.94
Investimento de capital fixo	390%	1,083,443.85
Capital circulante	70%	194,464.28
Despesas de start-Up	29%	80,563.77
Investimento total de capital	489%	1,358,471.90

5.1.2. Custos Operacionais

Os custos operacionais são os custos de fabrico de um produto, bem como a embalagem, distribuição e despesas gerais. O custo de fabrico será interpretado como as despesas necessárias para produzir um produto e prepará-lo para envio.

Os custos podem ser classificados como variáveis, fixos e semi-variáveis. As despesas variáveis (variam aproximadamente em proporção directa com o custo de produção unitário (custo de um item com base numa unidade de massa ou volume). As despesas fixas são aquelas que permanecem constantes à medida que a taxa de produção muda.

Depreciação, impostos, e seguro são exemplos. Num contexto de custo unitário, tendem a diminuir à medida que a taxa de produção aumenta. As despesas semi-variáveis são despesas que são parcialmente fixas e parcialmente variáveis em relação à produção. Tendem a diminuir à medida que a taxa de produção aumenta, mas não são zero no nível de produção zero.

5.1.3. Custos de matéria-prima

Os custos estimados de matéria-prima para o período de um ano estão dispostos na tabela 5. O custo do bagaço de cana-de-açúcar foi estimado com base no valor encontrado no site Carpdlay, e os custos para as demais matérias-primas foram estimados com base nos sites *Made in China* e *Alibaba*, considerando uma taxa de importação de 100% sobre o valor pago pelo produto. Sendo assim, o custo de matéria-prima anual estimado será de \$ 401,646.06.

Tabela 5 - Custos com matéria-prima

Matéria-prima	Quantidade (kg/ano)	Custo unitário (\$/kg)	Costo total (\$)
Bagaço de cana-de-açúcar	364500	0.028	10,206.0
Xilose	5211	2.10	10,943.1
Água de Maceração de Milho	396351	0.96	380,496.9
Total	-	-	401,646.06

5.1.4. Custos com mão-de-obra

A mão-de-obra operacional é geralmente o segundo maior item de despesa directa na folha de despesas de produção. Um método para estimar os requisitos de mão-de-obra para vários tipos de processos químicos foi proposto por Wessel. Sua equação para plantas que produzem produtos até 2000 tons/dia é a seguinte:

$$\log_{10} Y = -0.783 \log_{10} X + 1.252B \quad \text{Equação 2}$$

Onde

Y = mão de obra operacional em homens-hora por tonelada por etapa de processamento

X = capacidade da planta, toneladas/dia

B = uma constante, dependendo do tipo de processo [+0,132 (para operações *batch* com requisitos mínimos de mão-de-obra); +0 (para operações com necessidades médias de mão-de-obra); -0,167 (para um processo contínuo bem instrumentado)]

A equação de Wessel fornece uma maneira de extrapolar horas-homem para plantas de maior ou menor capacidade. A despesa operacional com mão-de-obra é encontrada multiplicando os requisitos de homens-hora pelo número de horas trabalhadas e pelo custo médio de mão-de-obra para o tipo específico de fábrica.

Para o funcionamento da unidade fabril, foi previsto a quantidade total de 16 funcionários, cujo custo anual está apresentado na tabela 6.

Tabela 6 - Valores referentes aos custos com mão-de-obra operacional.

Despesas laborais (Mão-de-obra)					
Capacidade de produção (X) [ton/dia]	Constante do processo (B)	Labor operacional [homens-hora/ton/unidade]	Unidades operacionais	Horas trabalhadas [h/ano]	Nr total de trabalhadores
0.901	0.132	0.007107461	1	2160	16
Custo de mão de obra no ciclo anual [\$/ (operador)(ano)]					14,063.93
Custo médio da mão de obra [\$/ano]					225,022.95

5.1.5. Custos com manutenção e reparações

Sabendo que os custos com manutenção e reparações englobam além do próprio equipamento, as ferramentas que são utilizadas, bem como peças que podem servir de reposição nos equipamentos, prejuízo causados por pausas no processo, a mão-de-obra utilizada para o funcionamento da planta, para estimativas preliminares é frequentemente usada uma percentagem do investimento fixo de capital. Uma média de 6 a 10% do investimento em capital fixo é razoável, sendo assim calculou-se tendo

como base o factor de 10% do valor total de capital fixo de modo a cobrir uma margem maior de custos de equipamentos resultando no valor de \$ 108,344.38 anuais.

5.1.6. Custos com as utilidades

Os requisitos de utilidade para um processo industrial são obtidos a partir dos balanços de material e energia. Por não ter sido realizado balanço energético neste trabalho, visto que o objectivo é realizar apenas o estudo de viabilidade económica, o custo com as utilidades foi estimando em 20% do custo directo de produção com base no estudo realizado por Fernanda et. al. (2023) em que o custo de utilidades representava 18% do custo total do produto, resultando deste modo num custo anual de \$ 225,022.95 anuais.

5.1.7. Mão-de-obra de supervisão directa

O pessoal de supervisão são os funcionários cuja responsabilidade é a operação e gestão da unidade. Se os custos com mão-de-obra puderem ser identificados, é razoável considerar 20 a 30% das despesas com mão-de-obra operacional, sendo assim calculou-se tendo como base o factor de 20% do valor total de mão-de-obra, considerando a complexidade baixa das operações, resultando no valor de \$ 45,004.59 anuais.

5.1.8. Fornecimento para as operações

Esta despesa inclui instrumentos, papel, computador, panos de filtro, vassouras, esfregonas. Os registos da empresa para operações semelhantes são a melhor fonte de informação. Para operações novas segundo Peters et al. (2006), uma estimativa razoável poderia ser de 20% do custo de manutenção, com isso, teve-se um valor total anual de \$ 21,668.88.

5.1.9. Patentes e Royalties

Este item de despesa aplica-se se uma empresa adquire uma tecnologia. É um item difícil de estimar, uma vez que há várias formas de elaborar um acordo de royalties.

Uma percentagem de 0 a 6% do custo total do produto podem ser usadas. Com base numa percentagem de 6% foi calculado o valor de \$67,506.89 anual.

5.1.10. Depreciação

A depreciação permite uma dedução para a exaustão, desgaste e obsolescência normal de um bem utilizado no comércio ou negócio. De modo geral, em Moçambique a legislação se baseia no método de depreciação linear. Uma estimativa rápida dessas despesas é de 3-5% das construções ou 10% do custo de equipamento. Com base no custo de equipamento o custo anual foi de \$ 114,595.02 de depreciação.

5.1.11. Custos com taxas locais

Os investimentos com licenças englobam despesas pontuais que variam de acordo com o estipulado pelo município, tais despesas podem ser referentes ao alvará de localização e funcionamento da planta industrial, licença ambiental que é fornecida pela direcção provincial de ambiente. Com isso, pode-se estimar o valor gasto com licenças como sendo 4% do valor dos investimentos fixo que a empresa tem, para tal tem-se um valor de \$43,337.75.

5.1.12. Custos com seguros

Determinou-se que será contratado uma seguradora para que seja possível ter a garantia de segurança do património geral que terá um custo de 1% do valor considerado total do investimento de capital fixo (ver tabela 4), logo esse valor fica em torno de \$ 10,834.44 anual.

5.1.13. Custos administrativos

Estão relacionadas as despesas para manter a parte administrativa e seus escritórios seus diversos departamentos. Elas variam entre 5% e 15% do custo directo de produção, assim sendo, assumindo 5% do custo directo de produção devido a baixa complexidade do projecto, ficando o valor de \$56,255.74 por ano.

A tabela 7 mostra o resumo da estimativa dos custos operacionais realizado neste estudo. O anexo 4 mostra a descrição detalhada das operações realizadas para a estimativa de todos os custos.

Tabela 7 - Resumo da estimativa dos custos operacionais.

Item	Custo(\$/ano)
Matéria-prima	401,646.06
Mão-de-obra directa	225,022.95
Mão-de-obra de supervisão	45,004.59
Manutenção e reparações	108,344.38
Fornecimento para as operações	21,668.88
Utilidades	225,022.95
Patentes e Royalties	67,506.89
Custos directos de Produção	1,094,216.71
Depreciação	114,595.02
Taxas locais	43,337.75
Seguros	10,834.44
Encargos fixos	168,767.22
Despesas gerais fabris	112,511.48
Custos de Produção	1,375,495.40
Custos administrativos	56,255.74
Custos de pesquisa e desenvolvimento	56,255.74
Custos de financiamento(juros)	81,508.31
Despesas gerais	194,019.79
Custo total do produto	1,569,515.19

5.1.14. Financiamento

O capital estimado será obtido através de investimentos privado e o remanescente através de empréstimos em instituições financeiras.

Tabela 8 - Capital estimado do financiamento.

Proveniência	Percentagem (%)	Valor (\$)
Investimento privado	60	815,083.14
Empréstimo bancários	40	543,388.76
Total	100	1,358,471.90

O valor financiado é igual a \$543,388.76, a ser pago em 4 anos, definidos pelo autor olhando para as receitas (ver tabela 10) e tempo de vida do projecto de 10 anos. A taxa de juros foi estimada como sendo de 13% ao ano incluindo taxa de inflação de 4.19%, valores que foram definidos olhando para a evolução nos últimos anos em Moçambique resultando numa taxa de actualização (taxas de juros após efectuado o desconto da inflação) de 8.46% (ver A8. Anexo 8), e o pagamento realizado utilizando o sistema de amortização constante. O plano de amortização do empréstimo bancário foi representado na tabela abaixo.

Tabela 9 - Plano de amortização do empréstimo.

Ano	Amortização (\$)	Juro (\$)	Prestação (\$)	Saldo (\$)
Ano 0 (Ano de Inicio)	-	-	-	543,388.76
Ano 1	135,847.19	70,640.54	206,487.73	407,541.57
Ano 2	135,847.19	52,980.40	188,827.59	271,694.38
Ano 3	135,847.19	35,320.27	171,167.46	135,847.19
Ano 4	135,847.19	17,660.13	153,507.33	-
Total	543,388.76	176,601.35	719,990.11	-

5.2. Receitas e lucro

A receita a ser obtida ao longo da vida útil do projecto é variável em função do grau de exploração e do preço de venda do produto. O custo total unitário foi calculado a partir da razão entre o custo total do produto encontrado na tabela 7 e a quantidade de embalagens produzidas anualmente, dessa forma, o custo unitário total é igual a \$1.74. O preço de venda foi calculado em função do custo unitário de produção, com isso, os

valores da receita, lucros, impostos para a capacidade máxima da planta são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 10 - Preço de venda por embalagem, receita e lucro.

Item	Descrição	Valor (\$)
Preço de venda (\$/embalagem)	60% sobre o custo unitário da produção	2.79
Receita Total (\$)	Preço de venda x 900000 embalagens	2,511,224.30
Lucro Bruto (\$)	Custo total da produção – Receita Total	941,709.11
Impostos (IRPC & IVA) (\$)	32% Lucro Bruto	301,346.92
Lucro Líquido (\$)	Lucro Bruto - Impostos	640,362.20

5.3. Grau de Exploração

O grau de exploração previsto foi atendendo que existam vários factores internos como a devida manutenção das máquinas e externos como a demanda do mercado, que afectam o mercado e que a produção poderá oscilar de acordo com essa dinâmica.

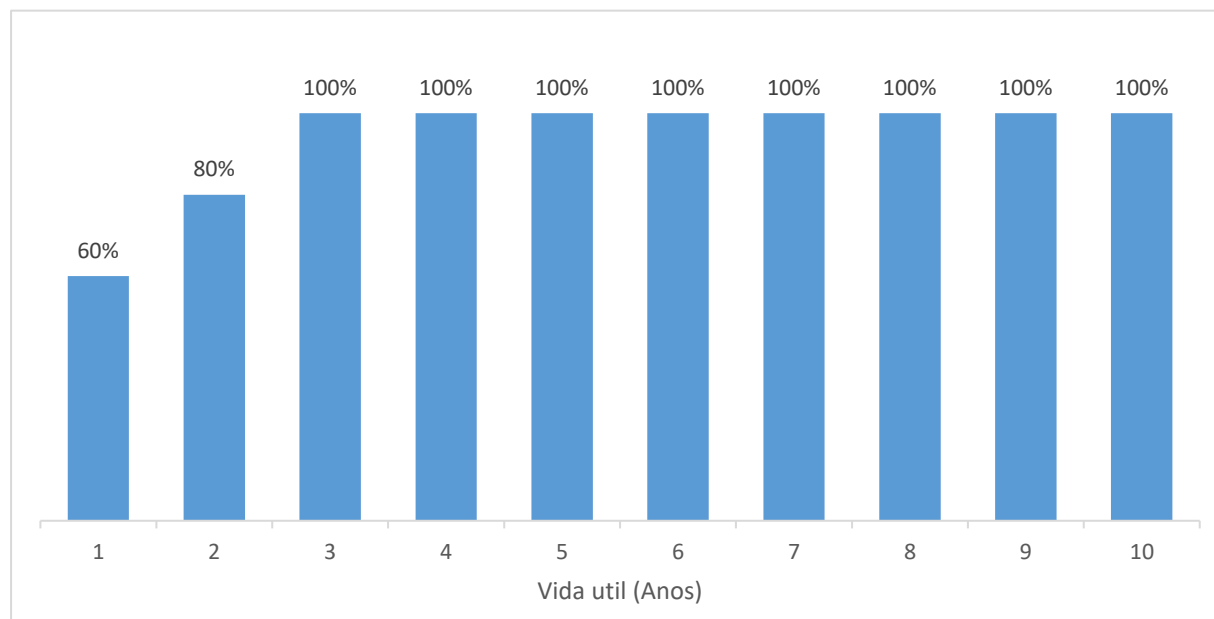


Figura 10 - Grau de exploração previsto durante a vida útil do projecto.

6. Resultados e Discussão

Os indicadores de viabilidade do projecto escolhidos para a análise são temporais pois estes consideram o custo de capital e a inflação, e são os comumente usados.

6.1. Break Even Point (Ponto crítico)

Nesta instalação, a zona de benefício inicia a uma produção de aproximadamente 360 000 unidades, correspondente a 39.70% da capacidade máxima instalada de 900 000 unidades/ano, como mostrado na figura 11, tendo sido o gráfico contruído com base nos valores apresentados no A3. Anexo 3. Os valores resultantes da função obtido pelo anexo acima citado, podem ser observados no A5. Anexo 5. Portanto, operando abaixo dessa capacidade, os custos de exploração superam as receitas, e com isso, se deve encerrar a fábrica.

Quantidade Produzida (Emb)	Receita (\$)	%
357341	997,069.83	39.70%

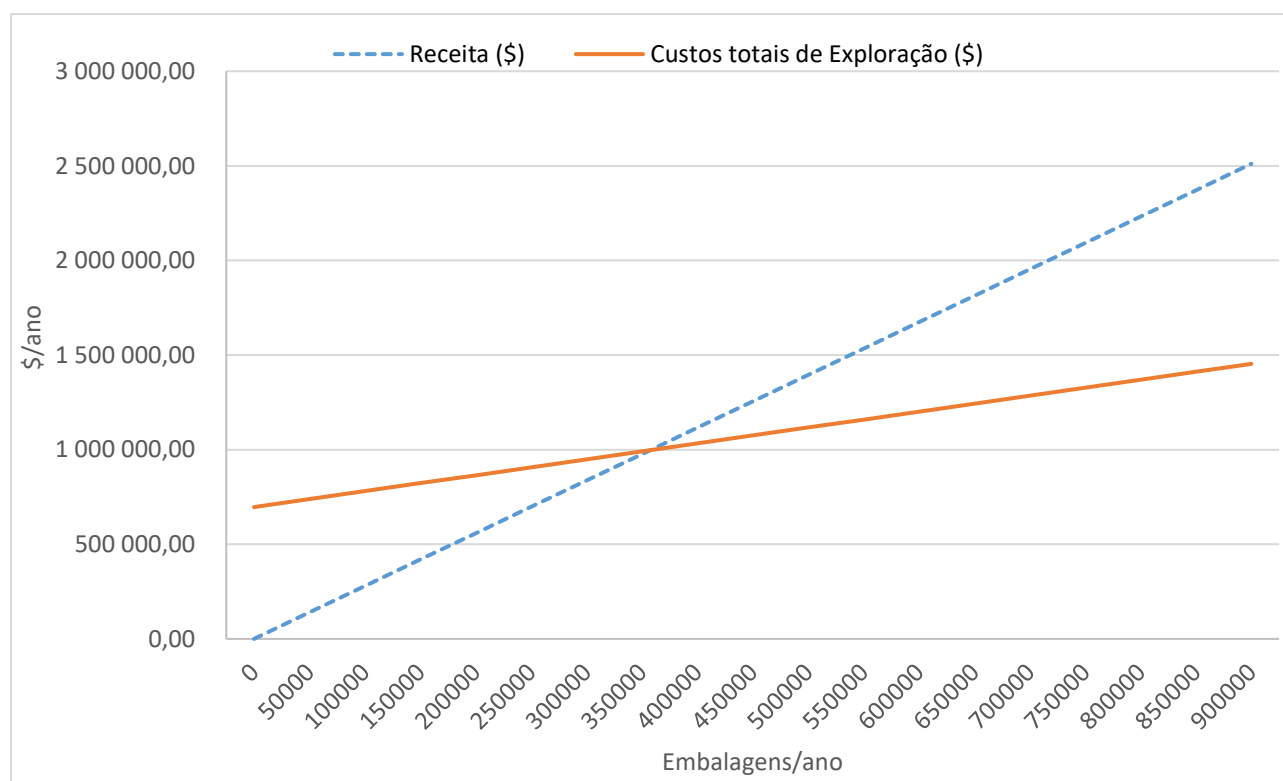


Figura 11 - Break Even Point

6.2. Período de retorno de investimento

É uma medida de rentabilidade, pode ser determinando usando gráfico acumulado da posição de fluxo de caixa, visual que mostra a evolução do saldo acumulado de caixa de um projecto ao longo do tempo. O objectivo desse indicador é calcular a quantidade de tempo necessária para recuperar o investimento de capital fixo depreciável do fluxo de caixa (ver A6. Anexo 6) acumulado de um projecto. A definição básica do período de retorno de investimento é o investimento de capital fixo dividido pelo fluxo de caixa após os impostos. Pela análise dos fluxos de caixa anuais, estima-se um período de retorno de investimento de quase 3.3 anos.

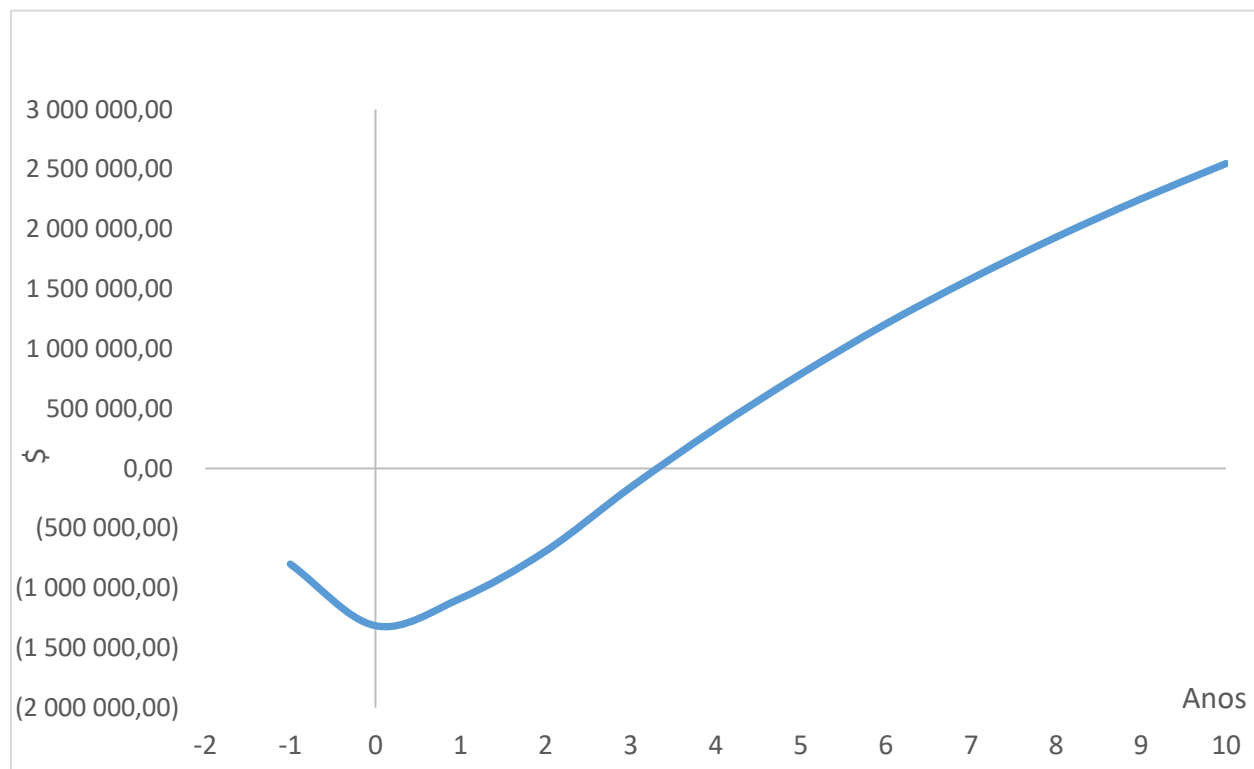


Figura 12 - Gráfico de posição acumulada do fluxo de caixa.

6.3. Valor actual líquido

O valor actual líquido é a soma algébrica dos valores descontados dos fluxos de caixa a cada ano durante a vida de um projecto, que podem ser definidas por diferentes

factores como critérios de sucesso/fracasso ou disponibilidade de recursos (Peters et al. 2006).

Não existe um método para determinar a lucratividade satisfatoriamente, no entanto, o valor actual líquido (VAL) é o que a maioria das empresas usa, pois não possui as desvantagens de outros métodos (como taxa interna de retorno ou índice de rentabilidade) pois trata o valor do dinheiro no tempo e seu efeito na lucratividade do projecto. Se o VAL for **inferior a zero**, o projecto não é considerado viável, pois não gera rentabilidade suficiente para recuperar o investimento inicial. Se o VAL for **igual a zero**, o projecto permite recuperar o investimento, mas não agrega valor adicional, tornando-se indiferente investir ou não. Por outro lado, se o VAL for **superior a zero**, o projecto é viável, pois não só recupera o investimento inicial, mas também gera um excedente financeiro positivo. O valor actual líquido do projecto será de \$2,548,528.61 ao fim dos 10 anos de exploração, que é o tempo de vida útil do projecto, definido com base na expectativa da vida útil dos equipamentos.

6.4. Taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de juros que tornará o valor presente dos rendimentos em dinheiro esperados de um investimento igual ao valor presente dos desembolsos de caixa exigidos pelo investimento, portanto, a TIR é a taxa de desconto que resulta quando o valor actual líquido é igual a zero. O resultado obtido é então comparado com a taxa mínima de retorno proposta por cada gestão para financiar um projecto no nível de risco. Para este projecto a TIR calculada usando programa Microsoft Excel foi de 23%, que é extremamente atractiva aos investidores, quando consideradas outras alternativas de investimento como depósitos bancários a prazo.

6.5. Análise de sensibilidade

Os indicadores de viabilidade de um projecto são altamente dinâmicos, pois estão intrinsecamente ligados a dois factores essenciais: o custo da matéria-prima e o preço de venda dos produtos. Esses elementos essenciais não apenas influenciam directamente os custos de produção, mas também determinam a lucratividade e o potencial retorno do investimento. Portanto, a análise da viabilidade de um projecto

requer uma avaliação constante e cuidadosa dessas variáveis, garantindo uma compreensão abrangente do cenário económico e comercial em que o projecto está inserido.

Variando o preço médio da matéria-prima e o preço de venda de cada embalagem (ver A7. Anexo 7), obtêm-se os seguintes gráficos:

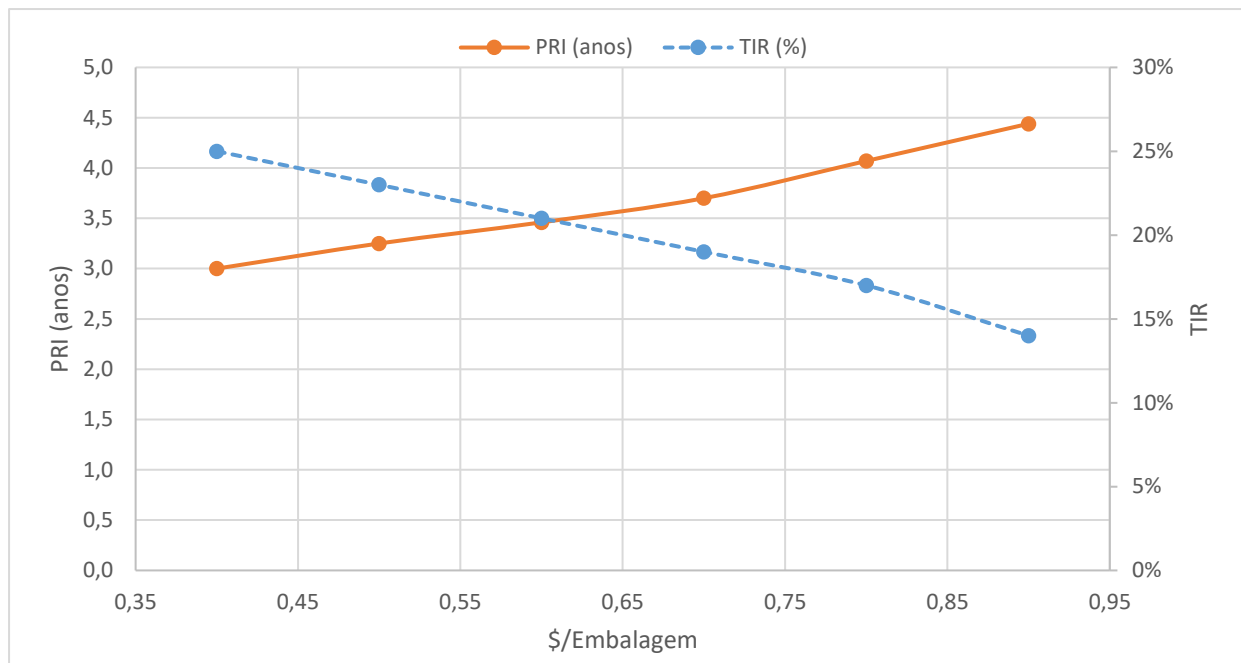


Figura 13 - Análise de sensibilidade do projecto a variações no custo médio da matéria-prima.

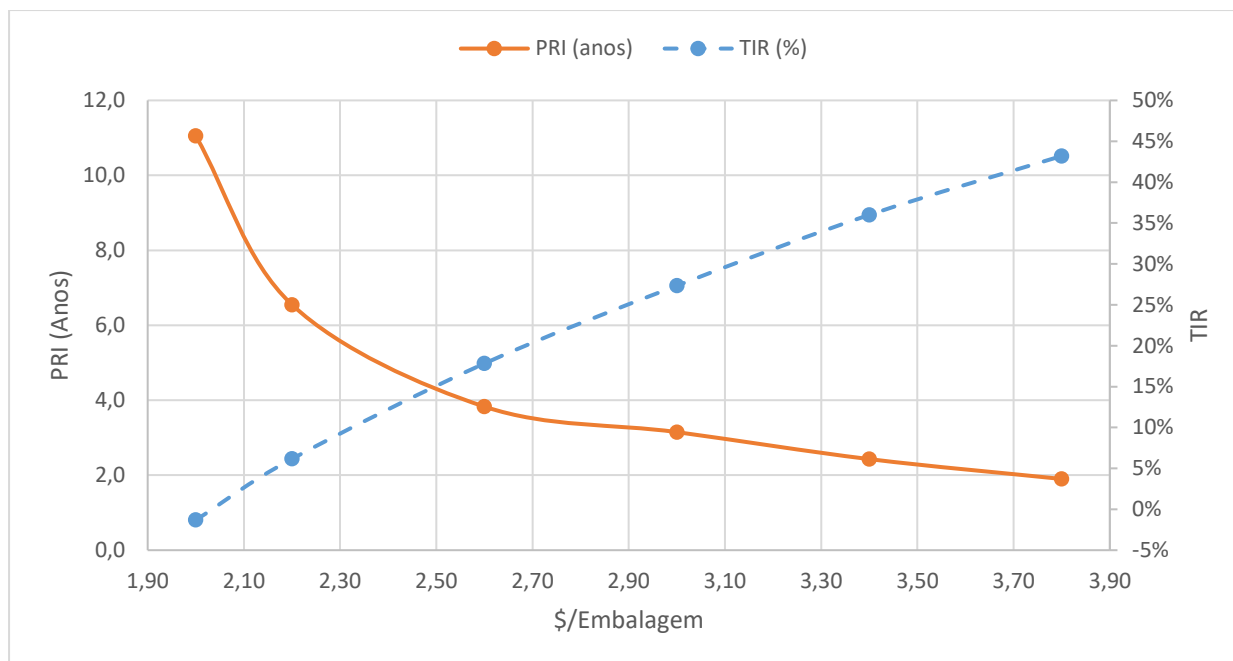


Figura 14 - Análise de sensibilidade do projecto a variações no preço de venda de cada embalagem

O projecto apresenta uma baixa sensibilidade às variações do preço da matéria-prima, o que representa uma vantagem significativa. Mesmo diante de um aumento de quase o dobro do valor inicial da matéria-prima (\$0.45/embalagem), o período de retorno do investimento (PRI) permanece relativamente estável sem variações bruscas, enquanto a taxa interna de retorno (TIR) mantém-se em níveis aceitáveis em comparação com as taxas de juros oferecidas em investimentos bancários. Essa estabilidade diante das variações de custo de matéria-prima fortalece a atractividade do projecto proporcionando uma base sólida para sua viabilidade económica a longo prazo.

Por outro lado, o projecto mostra elevada sensibilidade a variação do preço de venda de cada embalagem. O projecto mostra-se completamente inviável após uma redução de apenas 28.3% do preço de venda adoptado, apresentando um PRI superior a 11 anos e um TIR igual a -1% indicando que o projecto não é economicamente viável, significando que os fluxos de caixa projectados para o projecto não são suficientes para cobrir o investimento inicial (ver A7. Anexo 7), resultando em uma perda líquida de valor ao longo do tempo.

7. CONCLUSÕES

A análise detalhada do projecto de instalação de uma unidade de processamento de embalagens biodegradáveis para *notebooks* confirma a viabilidade económica desta iniciativa. O processo de produção escolhido envolve a utilização de bagaço de cana-de-açúcar como substrato e micélio como inóculo. A rota tecnológica escolhida para a unidade fabril resume-se na preparação do substrato, através do peneiramento e esterilização, na produção do inóculo por meio da fermentação em biorreactores de diferentes tamanhos, bem como na moldagem, crescimento do micélio, secagem do substrato inoculado e por fim, na expedição do produto acabado.

O empreendimento foi dimensionado para atender à demanda anual de 900 000 embalagens, operando em 270 dias por ano. A partir de aproximadamente 365 toneladas de bagaço de cana-de-açúcar é possível produzir 900 000 peças, com um custo de produção de \$1.74 por cada embalagem.

O projecto necessita de um capital de investimento total de \$1,358,471.90, ostentando os seguintes indicadores temporais de viabilidade económica: Valor Actual Líquido (VAL) igual a \$2,548,528.61, Taxa Interna de Retorno (TIR) de 23% e um período de retorno de investimento quase de 3.3 anos. No entanto, o projecto apresenta sensibilidade às variações no preço de venda das embalagens. Uma redução de 28,3% no preço de venda pode comprometer a viabilidade económica, resultando em um período de retorno do investimento superior a 11 anos.

Além dos benefícios económicos, a adopção de embalagens biodegradáveis oferece significativas vantagens ambientais como a redução do tempo de permanência no meio ambiente. A transição para materiais biodegradáveis contribui para a mitigação da poluição causada pelo plástico convencional. Utilizar resíduos agrícolas, como o bagaço de cana-de-açúcar, não só reduz a poluição, mas também promove uma economia circular e sustentável.

Referências bibliográficas

Grupo do Banco Mundial (WORLD BANK GROUP). *Que desperdício 2.0: Um instantâneo global da gestão de resíduos sólidos até 2050*, 2018

dos Muchangos LS, Tokai A, Hanashima A. *Application of material flow analysis to municipal solid waste in Maputo City, Mozambique*. Waste Management & Research. 2017;35(3):253-266. doi:10.1177/0734242X16678067

Sallwey, et. Al. *Challenges and opportunities in municipal solid waste management in Mozambique*, AIMS Environmental Science. 2017

Naga, Vihaan. *The History of Packaging: From Ancient Times to the Future*. PackagingGURUji, May 11, 2022. Disponível em: <https://packagingguruji.com/the-history-of-packaging/>. Acedido em 12 de Fevereiro de 2024

Poças, F., Moreira, R. *Segurança Alimentar e Embalagem*, ESBOÇO/UCP, Porto 2003

Castilho, Mario Sergio. *Manual de Boas Práticas de Fabrico de Embalagens Alimentares*, Instituto Superior de Educação e Ciências, 2012

BR Embalagens. *Inicial*, BR Embalagens., s.d. Disponível em: <https://www.brembalagens.com/produto/pote-de-vidro-267ml/>. Acedido em 16 Janeiro de 2024

Elo7. *Embalagem - Marmitinha ALUMÍNIO 20 UNID: Produtos Especiais*. Disponível em: www.elo7.com.br/embalagem-marmitinha-aluminio-20-unid/dp/582381. Acedido em: 19 de Fevereiro de 2024

Map Plásticos. *Embalagens Plásticas Para Doces*, s.d. Disponível em: www.mapplasticos.com.br/produtos/embalagens-plasticas/embalagens-plasticas-para-doces. Acedido em: 17 de Fevereiro 2024

PlásCart. *Multimedia, Maison Brand w/ BLP. Caixas e Placas de Cartão – Disponível em: plascart.pt/caixas-de-cartao.html* Acedido em: 19 de Fevereiro de 2024.

Saveth, Bradley. *Council Post: Embracing Sustainability: The Rise of Eco-Friendly Packaging Solutions.* Forbes, Forbes Magazine, 20 Feb. 2023. Disponível em: www.forbes.com/sites/forbesbusinesscouncil/2023/06/23/embracing-sustainability-the-rise-of-eco-friendly-packaging-solutions/?sh=3901c328271d. Acedido em: 17 de Fevereiro 2024

Tipa. *What Is Sustainable Packaging? Complete Guide (2023)*, 11 Mar. 2023. Disponível em: tipa-corp.com/sustainable-packaging/. Acedido em: 20 de Fevereiro de 2024

Ecycle. *Isopor é útil, mas tem grande impacto ambiental*, 2022. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/eps-isopor/>. Acedido em: 6 Janeiro de 2024.

Ecovative. *Packaging*, Disponível em: www.ecovative.com/pages/packaging. Acedido em 16 de Janeiro de 2024.

Osterwalder, A. and Pigneur, Y. *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game, Changers, and Challengers*. New Generation. Pearson, 2011

MIC. *Informação sobre Açúcar*, Maputo, 2022

APAMO. *Dinâmicas da Indústria Açucareira em Moçambique*, Maputo, 2022

Google Maps, Disponível em: <https://www.google.com/maps/place/Matola/@-25.9344225,32.4564084,13z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x1ee685eaf8463a1d:0x31a02ab3bc2dc83c!8m2!3d-25.9239093!4d32.465802!16zL20vMDU3amNx?entry=ttu>. Acedido em: 27 de Fevereiro de 2024

INE. *Estatísticas do Distrito de Cidade Da Matola*, 2012

Papaspyridi, et al. *Submerged Fermentation of the Edible Mushroom Pleurotus ostreatus in a Batch Stirred Tank Bioreactor as a Promising Alternative for the Effective Production of Bioactive Metabolites*. Molecules, v. 17, n. 3, p. 2714–2724, 2012.

Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6268715/>>. Acesso em: 18 de Janeiro de 2022.

Fernanda et. al., *Estudo da Viabilidade Técnica e Económica da Implementação De Unidade Fabril Para Produção de Embalagens Biodegradáveis a Base de Micélio*, Santa Maria, 2023

Peters, Max Stone, et al. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. McGraw-Hill, 2006.

Link Concursos. s.d. Disponível em: <https://linkconcursos.com.br/significado-taxas-reais-x-taxas-aparentes-ou-nominais/>. Acedido em: 20 de Fevereiro de 2024

Carp day (s.d.). Disponível em: <https://carpday.lv/en/products/massive-baits-corn-steep-liquor-1000-ml> Acedido em: 20 de Fevereiro de 2024

Babayemi et. al., *Garantir a sustentabilidade na utilização de plásticos em África: consumo, geração de resíduos e projecções*. Ciência Ambiental Europa, 2019

Gubanova et. al., *Reciclagem de Resíduos de Polímeros no Contexto do Desenvolvimento da Economia Circular*. Arquitectura, 2019

Kenneth Research. *Global biodegradable packaging market highlights over 2022 - 2031*, 2022. Disponível em: www.kennethresearch.com/report-details/biodegradable-packaging-market/10070753 . Acedido em: 14 Dez. 2023.

Deutsche Welle. *O que muda na UE, com a proibição dos artigos de plástico*, Deutsche Welle, 2021. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/o-que-muda-na-ue-com-a-proibi%C3%A7%C3%A3o-dos-artigos-de-l%C3%A1stico/a58146884> Acedido em: 31 Janeiro 2023.

Ncube et al., *Environmental Impact of Food Packaging Materials: A Review of Contemporary Development from Conventional Plastics to Polylactic Acid Based Material*, Materials (Basel, Switzerland) vol. 13, 2020

Christiansen, et. Al., *Environmental assessment of pvc and selected alternative materials*, 2019.

Pongrácz, Eva, *The Environmental Impacts of Packaging*, 2007

The Vanella Group, *The Negative Effects Of Plastic On The Environment*, 2022.
Disponível em: <https://www.vanellagroupmn.com/the-negative-effects-of-plastic-on-the-environment>.
acedido em 05 de Marco de 2024

Index Mundi, s.d. disponível em: https://www.indexmundi.com/pt/mocambique/numero_de_usuarios_do_internet.html,
acedido em 02 de Marco de 2024

Anexos

A1. Anexo 1 - Identificação dos equipamentos no fluxograma.

Equipamentos	Código
Elevador	E-101
Peneira	PE-101
Autoclave	A-201
Bomba peristáltica	P-201
Filtro Absoluto	FT-201
Tanque de armazenamento	TK-201
Compreensor	V-201
Biorreator	BR-301
Biorreator	BR-302
Biorreator	BR-303
Biorreator	BR-304
Biorreator	BR-305
Biorreator	BR-306
Biorreator	BR-307
Biorreator	BR-308
Biorreator	BR-309
Bomba peristáltica	P-301
Bomba peristáltica	P-302
Esteira	ET-401
Máquina de Moldes	MM-401
Prensa	PR-401
Rosca Transportadora	RT-401
Tanque de armazenamento	TK-401
Câmara de Fermentação	CF-501
Câmara de Fermentação	CF-502
Câmara de Fermentação	CF-503
Câmara de Fermentação	CF-504
Câmara de Fermentação	CF-505
Câmara de Fermentação	CF-506
Trocador de Calor	TC-501
Compreensor	V-501

Fontes: INE (2015) (Adaptado)



A3. Anexo 3 – Mapa dos custos fixos e variáveis

	Custo fixo de investimento (\$)	Custo variável (\$/Emb)
1. Matéria Prima		0.45
2. Mão de Obra Directa	225,022.95	
3. Mão de Obra de Supervisão Directa	45,004.59	
4. Manutenção e Reparação		0.12
5. Fornecimentos		0.02
6. Utilidades		0.25
7. Depreciação (Maquinaria + Construções)	132,991.85	
8. Taxas Locais	43,337.75	
9. Despesas Gerais Fabris	112,511.48	
10. Custos Administrativos	56,255.74	
11. Custos de financiamento	81,508.31	
TOTAL	696,632.68	0.84

A4. Anexo 4 - Estimativa dos custos operacionais.

Item	Descrição	Custo(\$/ano)
Matéria-prima	20% Custo do produto	401,646.06
Mão-de-obra directa	20% Custo directo de produção	225,022.95
Mão-de-obra de supervisão	20% C. Mao-de-obra directa	45,004.59
Manutenção e reparações	10% Capital Fixo	108,344.38
Fornecimento para as operações	20% Custo de manut. e repar.	21,668.88
Utilidades	20% Custo directo de produção	225,022.95
Patentes e Royalties	6% Custo total do produto	67,506.89
Custos directos de Produção		1,094,216.71
Depreciação	Maquinaria: 10% Invest Fixo 3% Construções	114,595.02
Taxas locais	4% Investimento fixo	43,337.75
Seguros	1% Investimento fixo	10,834.44
Encargos fixos	15% Custo total do produto	168,767.22
Despesas gerais fabris	10% Custo total do produto	112,511.48
Custos de Produção	Soma	1,375,495.40
Custos administrativos	5% Custo total do produto	56,255.74
Custos de pesquisa e desenvolvimento	5% Custo total do Produto	56,255.74
Custos de financiamento(juros)	6% Investimento total	81,508.31
Despesas gerais		194,019.79
Custo total do produto	Custo de produção + despesas gerais	1,569,515.19

A5. Anexo 5 - Mapa do break even point

Quantidade Produzida (Emb)	Receita (\$)	Custos totais de Exploração (\$)
0	0.00	696,632.68
50000	139,512.46	738,670.59
100000	279,024.92	780,708.49
150000	418,537.38	822,746.39
200000	558,049.84	864,784.30
250000	697,562.31	906,822.20
300000	837,074.77	948,860.11
350000	976,587.23	990,898.01
400000	1,116,099.69	1,032,935.91
450000	1,255,612.15	1,074,973.82
500000	1,395,124.61	1,117,011.72
550000	1,534,637.07	1,159,049.63
600000	1,674,149.53	1,201,087.53
650000	1,813,661.99	1,243,125.44
700000	1,953,174.46	1,285,163.34
750000	2,092,686.92	1,327,201.24
800000	2,232,199.38	1,369,239.15
850000	2,371,711.84	1,411,277.05
900000	2,511,224.30	1,453,314.96

A6. Anexo 6 - Mapas de Demonstração de Resultados e Fluxo de caixa

		Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
a	Receita bruta de venda		\$1,506,734.58	\$2,008,979.44	\$2,511,224.30	\$2,511,224.30	\$2,511,224.30
b	Despesas das vendas (1%)		\$15,067.35	\$20,089.79	\$25,112.24	\$25,112.24	\$25,112.24
c	Receita líquida (a-b)		\$1,491,667.23	\$1,988,889.65	\$2,486,112.06	\$2,486,112.06	\$2,486,112.06
d	Despesas variáveis		\$454,009.37	\$605,345.82	\$756,682.28	\$756,682.28	\$756,682.28
e	Margem bruta (c-d)		\$1,037,657.87	\$1,383,543.83	\$1,729,429.78	\$1,729,429.78	\$1,729,429.78
f	Despesas fixas		\$696,632.68	\$696,632.68	\$696,632.68	\$696,632.68	\$696,632.68
g	Resultado bruto (e-f)		\$341,025.19	\$686,911.15	\$1,032,797.10	\$1,032,797.10	\$1,032,797.10
h	Amortizações técnicas		\$114,595.02	\$114,595.02	\$114,595.02	\$114,595.02	\$114,595.02
i	Resultado líquido (g-h)		\$226,430.17	\$572,316.12	\$918,202.08	\$918,202.08	\$918,202.08
j	Encargos financeiros		\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
k	Resultado final antes dos Impostos (i-j)		\$226,430.17	\$572,316.12	\$918,202.08	\$918,202.08	\$918,202.08
l	Impostos a pagar		\$72,457.65	\$183,141.16	\$293,824.67	\$293,824.67	\$293,824.67
m	Resultado final depois dos Impostos (k-l)		\$153,972.51	\$389,174.96	\$624,377.41	\$624,377.41	\$624,377.41
n	Cash - flow antes dos Impostos		\$341,025.19	\$686,911.15	\$1,032,797.10	\$1,032,797.10	\$1,032,797.10
o	Cash - flow depois dos Impostos		\$268,567.54	\$503,769.99	\$738,972.44	\$738,972.44	\$738,972.44

		Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
a	Receita bruta de venda	\$2,511,224.30	\$2,511,224.30	\$2,511,224.30	\$2,511,224.30	\$2,511,224.30
b	Despesas das vendas (1%)	\$25,112.24	\$50,224.49	\$50,224.49	\$50,224.49	\$50,224.49
c	Receita líquida (a-b)	\$2,486,112.06	\$2,460,999.81	\$2,460,999.81	\$2,460,999.81	\$2,460,999.81
d	Despesas variáveis	\$756,682.28	\$756,682.28	\$756,682.28	\$756,682.28	\$756,682.28
e	Margem bruta (c-d)	\$1,729,429.78	\$1,704,317.54	\$1,704,317.54	\$1,704,317.54	\$1,704,317.54
f	Despesas fixas	\$696,632.68	\$696,632.68	\$696,632.68	\$696,632.68	\$696,632.68
g	Resultado bruto (e-f)	\$1,032,797.10	\$1,007,684.86	\$1,007,684.86	\$1,007,684.86	\$1,007,684.86
h	Amortizações técnicas	\$114,595.02	\$114,595.02	\$114,595.02	\$114,595.02	\$114,595.02
i	Resultado líquido (g-h)	\$918,202.08	\$893,089.84	\$893,089.84	\$893,089.84	\$893,089.84
j	Encargos financeiros	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
k	Resultado final antes dos Impostos (i-j)	\$918,202.08	\$893,089.84	\$893,089.84	\$893,089.84	\$893,089.84
l	Impostos a pagar	\$293,824.67	\$285,788.75	\$285,788.75	\$285,788.75	\$285,788.75
m	Resultado final depois dos Impostos (k-l)	\$624,377.41	\$607,301.09	\$607,301.09	\$607,301.09	\$607,301.09
n	Cash - flow antes dos Impostos	\$1,032,797.10	\$1,007,684.86	\$1,007,684.86	\$1,007,684.86	\$1,007,684.86
o	Cash - flow depois dos Impostos	\$738,972.44	\$721,896.11	\$721,896.11	\$721,896.11	\$721,896.11

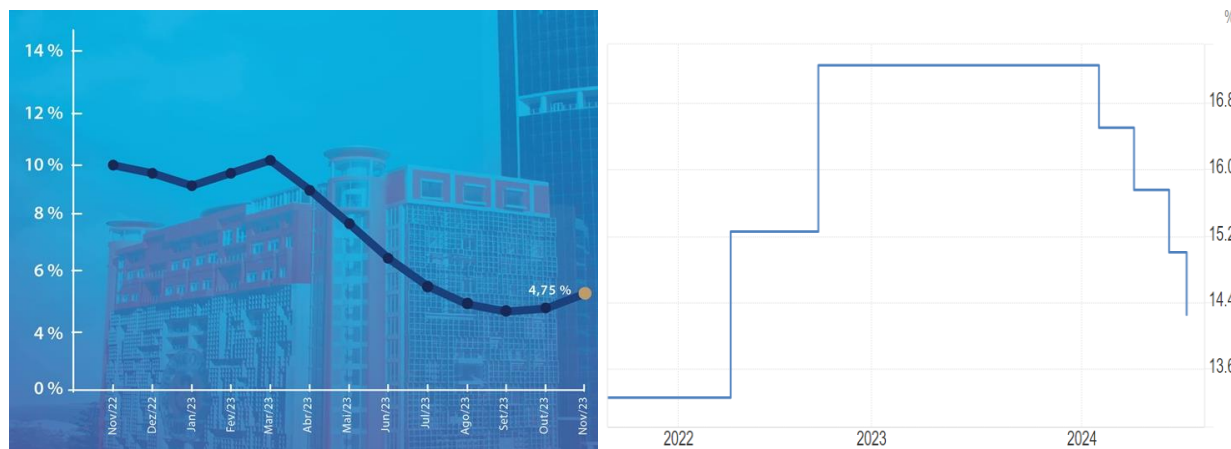
Ano	CashFlow (\$)	Investimento (\$)	Factor de act	CashFlow Act. (I) (\$)	Invest. Act. (II) (\$)	Soma (I-II) (\$)	CashFlow Actualizado cumulativo (\$)	Investimento Actualizado cumulativo (\$)	CashFlow Investimento (\$)
-1		800,081.61	1		800,081.61	(800,081.61)	0.00	800,081.61	(800,081.61)
0		558,390.29	0.922035398		514,855.61	(514,855.61)	0.00	1,314,937.23	(1,314,937.23)
1	268,567.54		0.850149276	228,322.50		228,322.50	228,322.50	1,314,937.23	(1,086,614.73)
2	503,769.99		0.783867726	394,889.03		394,889.03	623,211.53	1,314,937.23	(691,725.70)
3	738,972.44		0.722753791	534,095.13		534,095.13	1,157,306.66	1,314,937.23	(157,630.57)
4	738,972.44		0.666404579	492,454.62		492,454.62	1,649,761.27	1,314,937.23	334,824.05
5	738,972.44		0.614448612	454,060.59		454,060.59	2,103,821.86	1,314,937.23	788,884.63
6	738,972.44		0.56654337	418,659.93		418,659.93	2,522,481.80	1,314,937.23	1,207,544.57
7	721,896.11		0.522373042	377,099.07		377,099.07	2,899,580.86	1,314,937.23	1,584,643.64
8	721,896.11		0.481646436	347,698.69		347,698.69	3,247,279.55	1,314,937.23	1,932,342.33
9	721,896.11		0.444095063	320,590.50		320,590.50	3,567,870.05	1,314,937.23	2,252,932.83
10	721,896.11		0.409471369	295,595.79		295,595.79	3,863,465.84	1,314,937.23	2,548,528.61
Total	6,615,811.71	1,358,471.90		3,863,465.84	1,314,937.23	2,548,528.61			

A7. Anexo 7 - Análise de sensibilidade do Projecto

Matéria-prima (\$/Embalagem)	TIR (%)	PRI (anos)	VAL (\$)
0.40	25%	3.0	2908022.26
0.50	23%	3.3	2618133.25
0.60	21%	3.5	2328244.23
0.70	19%	3.7	2038355.22
0.80	17%	4.1	1748466.20
0.90	14%	4.4	1458577.19

Preço de venda (\$/Embalagem)	TIR (%)	PRI (anos)	VAL (\$)
2.00	-1%	11.1	-106950.05
2.20	6%	6.6	565111.02
2.60	18%	3.8	1909233.14
3.00	27%	3.2	3253355.26
3.40	36%	2.4	4597477.39
3.80	43%	1.9	5941599.51

A8. Anexo 8 – Histórico das taxas da inflação e taxas de juro em Moçambique



$$Taxa\ de\ actualz = \left(\frac{1 + \frac{Taxa\ de\ juro}{100}}{1 + \frac{Taxa\ de\ inflacao}{100}} - 1 \right) \times 100\% = \left(\frac{1 + \frac{13\%}{100}}{1 + \frac{4.19\%}{100}} - 1 \right) \times 100\% = 8.46\%$$

A9. Anexo 9 – Fórmulas dos indicadores de viabilidade económica

$$VAL = \sum \frac{\text{Fluxo de caixa líquido}}{(1 + \text{taxa de actualz})^{\text{tempo de vida do projecto}}} - \text{Investimento inicial}$$
$$0 = \sum \frac{\text{Fluxo de caixa líquido}}{(1 + \text{TIR})^{\text{tempo de vida do projecto}}}$$

A10. Anexo 10 – Terminologias e definições

- **Custos com as Utilidades** referem-se às despesas relacionadas ao consumo de serviços essenciais como: energia eléctrica, água e gás;
- **Depreciação linear** é um método simples de distribuir uniformemente o custo de um activo ao longo da sua vida útil. O valor depreciável é dividido igualmente por cada período, resultando em uma depreciação constante anual;
- **Economia circular** é um conceito estratégico que assenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais;
- **Fluxo de caixa** - é a movimentação financeira gerada pelas entradas e saídas de dinheiro ao longo do tempo, directamente relacionadas à execução do projecto. Ele permite avaliar a viabilidade económica e financeira do projecto, além de prever se haverá recursos suficientes para cobrir despesas nas diferentes fases
- **Gráfico de Posição Acumulada do Fluxo de Caixa** mostra a acumulação dos fluxos de caixa ao longo do tempo. Ele ajuda a visualizar quando os investimentos se tornam lucrativos, evidenciando o ponto de equilíbrio (break-even point);
- **Inóculo** é uma amostra de material orgânico que contém uma parcela de microorganismos, que, quando introduzidos em um novo sistema anaeróbio, têm a capacidade de multiplicar-se, consumindo um determinado substrato (resíduo orgânico) e gerando novos microorganismos;
- **Taxa composta de crescimento anual** representa a taxa média de crescimento anualizada para valores compostos durante um determinado período.