



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

**ANÁLISE E OPTIMIZAÇÃO DOS PROCESSOS LOGÍSTICOS DE
TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO DA CERVEJA 2M DA CERVEJAS DE
MOÇAMBIQUE: CASO DE ESTUDO DA CERVEJARIA DE
MARRACUENE**

Autor: Elvis João Jucundo

Maputo, Outubro de 2024



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

**ANÁLISE E OPTIMIZAÇÃO DOS PROCESSOS LOGÍSTICOS DE
TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO DA CERVEJA 2M DA CERVEJAS DE
MOÇAMBIQUE: CASO DE ESTUDO DA CERVEJARIA DE
MARRACUENE**

Autor: Elvis João Jucundo

Supervisor: Engº Roberto David

Maputo, Outubro de 2024



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE TRABALHO DE
LICENCIATURA**

Declaro que o estudante Elvis João Jucundo entregou no dia ____/____/2024 as três cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _____, intitulado: **Análise e Optimização dos Processos Logísticos de Transporte e Distribuição da Cerveja 2M da Cervejas de Moçambique: Caso de estudo da Cervejaria de Marracuene.**

Maputo, ____ de _____ de 2024

Chefe da Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Elvis João Jucundo, declaro sob palavra de honra que o presente trabalho é resultado da minha investigação e que foi concebido para ser submetido apenas para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, ____ de _____ de 2024

O Autor

(Elvis João Jucundo)

DEDICATÓRIA

À minha avó

Isaura António Zandamela

Dedico este trabalho a minha avó, pois ela é o meu maior exemplo de amor incondicional, sacrifício, coragem, sabedoria e resiliência. A realização dos meus sonhos nunca poderá ser comparada com teu esforço. Por isso, ser-lhe-ei sempre grato pelo apoio. Seguindo os seus passos, pretendo tornar-me um homem íntegro e justo, comprometido em honrar os seus feitos na minha educação.

AGRADECIMENTOS

Endereço o meu profundo agradecimento ao meu tio António Victor Camilo, a quem tenho a honra de chamar de Pai, desde que me tornei órfão de mãe (sua irmã) aos 9 anos de idade, por ter exercido com excelência este papel na minha vida e educação, sendo ele quem direcionou e aconselhou-me a seguir a minha formação neste curso. Muito Obrigado Pai!

Agradeço em segundo lugar à minha Família, isto é, aos meus Tios, Tias, Primos, Primas, Avôs e Avós, que foram parte extremamente importante durante minha formação. Agradeço por toda ajuda e apoio. Aos meus 2 colegas e grandes amigos que considero parte da família, o Luís Moiane e a Vilma Chimuaga, o meu “Muito Obrigado” pois os 5 anos foram mais leves com vocês ao meu lado, e pelas incontáveis vezes que não me permitiram desistir nem aceitar as pequenas derrotas no meu percurso.

Agradeço ao meu supervisor, o Docente e Engenheiro Roberto David pelo seu carisma e disposição para ajudar e transmitir o seu conhecimento para os seus estudantes. Por todo apoio, compreensão e paciência. Muito Obrigado!

Os meus agradecimentos finais endereço aos meus Amigos da vida e aos Docentes da Faculdade de Engenharia, que graças aos seus esforços hoje vejo um futuro brilhante e firme.

RESUMO

A distribuição é uma actividade importante em qualquer cadeia de abastecimento e a necessidade de explorar uma forma simples e económica de a fazer é sempre bem-vinda por qualquer organização. O mesmo acontece na indústria cervejeira, onde é efectuada uma grande distribuição para satisfazer as necessidades crescentes dos clientes. O Problema de Transbordo é uma extensão do Problema de Transporte Clássico, onde o transporte de bens e serviços passam por um ponto intermédio (pontos de transbordo) entre a origem (fábrica) e os destinos (clientes retalhistas). O objectivo principal desta investigação era obter o custo mínimo de transporte de 4000 caixas (época de inverno) e 6000 caixas (época de verão) da cerveja 2M 550 mL da fábrica da Cervejas de Moçambique (CDM) em Marracuene (origem) através dos armazéns da Handling (pontos de transbordo) até os clientes retalhistas distribuídos pela cidade e província de Maputo (destinos). Para tal, foi realizado um estudo de caso na Cervejeira de Marracuene. Os dados primários como os custos unitários envolvidos no transporte da cerveja 2M 550 mL foram obtidas através de entrevistas com as equipas do departamento de logística da fábrica em alusão e os dados secundários como as distâncias percorridas foram obtidas pelo *Google maps*. Foram avaliadas três principais técnicas de resolução do Problema de Transporte (método do Canto Noroeste, método do Menor Custo e método de Aproximação de Vogel), a fim de determinar qual produzia o custo total mínimo de transporte. Os resultados obtidos mostram que método de Aproximação de Vogel é o mais eficiente entre os 3 métodos, pois apresenta o menor custo de transporte para a solução básica inicial e viável de 628.700,00 e 941.000,00 MZN para as épocas de inverno e verão, respectivamente. Todas as técnicas de resolução do Problema de Transporte produziram, após a optimização, o mesmo custo mínimo de 614.500,00 e 920.700,00 MZN para as épocas de inverno e verão, respectivamente. A solução óptima obtida indica que a fábrica da CDM de Marracuene deve distribuir directamente aos clientes retalhistas 3150 caixas da cerveja 2M e 850 caixas através do armazém da Handling de Zimpeto na época de inverno. Por outro lado, na época de verão, a fábrica deve distribuir 1350 caixas da cerveja 2M através do armazém da Handling de Zimpeto e 4650 caixas de cerveja 2M. O modelo desenvolvido será útil para a tomada de decisões estratégicas por parte dos gestores logísticos da CDM na alocação óptima de seus produtos aos vários clientes.

Palavras-chave: Cervejas de Moçambique; Handling; Problema de Transporte com Transbordo; Método de aproximação de Vogel.

ABSTRACT

Distribution is an important activity in any supply chain and the need to explore a simple and economical way of doing it is always welcomed by any organization. The same is true in the brewing industry, where a great deal of distribution is carried out to satisfy the growing needs of customers. The Transshipment Problem is an extension of the classic transportation problem, where the transportation of goods and services passes through an intermediate point (transshipment points) between the origin (factory) and the destinations (retail customers). The main objective of this research was to obtain the minimum cost of transporting 4,000 cases (winter season) and 6,000 cases (summer season) of 2M 550 mL beer from the Cervejas de Moçambique (CDM) factory in Marracuene (origin) through Handling's warehouses (transshipment points) to the retail customers distributed throughout the city and province of Maputo. To this end, a case study was carried out at the Marracuene Brewery. Primary data such as the unit costs involved in the transportation of 2M 550 mL beer were obtained through interviews with the teams in the logistics department of the plant in question and secondary data such as the distances traveled were obtained from Google maps. Three main techniques for solving the Transportation Problem (northwest corner method, least cost method and Vogel's approximation method) were evaluated in order to determine which produced the minimum total transportation cost. The results obtained show that the Vogel Approximation method is the most efficient of the three methods, as it has the lowest transportation cost for the initial and feasible basic solution of 628,700.00 and 941,000.00 MZN for the winter and summer seasons, respectively. All the techniques for solving the transport problem produced, after optimization, the same minimum cost of 614,500.00 and 920,700.00 MZN for the winter and summer seasons, respectively. The optimal solution obtained indicates that the CDM plant in Marracuene should distribute 3150 cases of 2M beer directly to retail customers and 850 cases via the Handling warehouse in Zimpeto in the winter season. On the other hand, in the summer season, the plant must distribute 1350 cases of 2M beer through the Zimpeto warehouse and 4650 cases of 2M beer. The model developed will be useful for strategic decision-making by CDM's logistics managers in the optimal allocation of their products to the various customers.

Keywords: Cervejas de Moçambique; Handling; Transportation Problem; Transshipment Problem; Vogel Approximation Method.

ÍNDICE

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA	I
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	II
DEDICATÓRIA.....	III
AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABELAS	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XII
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Problema de pesquisa.....	2
1.3. Justificativa	3
1.4. Objectivos	4
1.4.1. Objectivo geral.....	4
1.4.2. Objectivos específicos	4
1.5. Hipóteses.....	4
1.6. Estrutura do trabalho.....	4
CAPÍTULO II: REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1. Conceitos Básicos	6
2.1.1. Gestão da cadeia de suprimentos	6
2.1.2. Gestão logística.....	6
2.1.3. Gestão de transportes	7
2.1.4. Gestão da demanda	7

2.2. A indústria cervejeira em Moçambique	7
2.3. Modelo problema de transporte com transbordo	8
2.3.1. Formulação do modelo matemático.....	9
2.3.2. Variantes do problema de transporte com transbordo.....	10
2.3.2.1. Problema de transbordo desequilibrado.....	10
2.3.2.2. Problema de transbordo com fluxo deficiente	11
2.3.2.3. Problema de transbordo com fluxo melhorado.....	12
2.3.3. Métodos de solução do problema de transbordo.....	13
2.3.3.1. Método do canto noroeste.....	13
2.3.3.2. Método do menor custo	14
2.3.3.3. Método de aproximação de Vogel.....	14
2.4. Estudos empíricos anteriores	15
CAPÍTULO III: DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO	17
3.1. Localização e caracterização da fábrica.....	17
3.2. Organograma organizacional da fábrica de Marracuene	18
3.3. Processos logísticos de transporte e distribuição.....	18
3.3.1. Capacidade de produção	18
3.3.2. Processo de distribuição.....	19
CAPÍTULO IV: METODOLOGIA	21
4.1. Tipo de Investigação	21
4.2. Métodos.....	21
4.3. Colecta de Dados	21
4.3.1. Entrevistas.....	21
4.3.2 Dados secundários	22
4.3.3. Dados do trabalho de campo.....	22

4.3.3.1. Rotas de distribuição da fábrica aos armazéns da Handling.....	22
4.3.3.2. Demandas dos clientes.....	24
4.4. Modelo problema de transporte com transbordo	24
4.4.1. Pressupostos e notação.....	24
4.4.2. Representação matemática do problema.....	26
4.4.3. Análise de dados	27
CAPÍTULO V: RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. Apresentação dos resultados	28
5.1.1. Solução básica inicial para estação de fraca demanda (inverno).....	28
5.1.2. Solução básica inicial para estação de alta demanda (verão)	29
5.1.3. Soluções otimizadas.....	30
5.2. Discussão dos resultados.....	32
5.2.1. Comparação das soluções básicas iniciais	32
5.2.2. Comparação das soluções otimizadas	34
CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	36
6.1. Conclusões.....	36
6.2. Recomendações.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS	A

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localização da fábrica da CDM Marracuene obtida a partir do google earth.	17
Figura 2. Organograma da Cervejeira de Marracuene.....	18
Figura 3. Processo de distribuição aos distribuidores chaves (SellIn).....	20
Figura 4. Processo de distribuição directa aos clientes (SellOut).....	20
Figura 5. Camião Mercedes Benz Antos 1845. (a) simples e (b) personalizados para a CDM. ..	22
Figura 6. Fluxo da Cerveja 2M 550 mL a ser transportado e distribuídos por mês da fábrica CDM de Marracuene através dos armazéns da Handling para os clientes. Nota: dos apresentados ilustram apenas a época de inverno.....	25
Figura 7. O fluxo otimizado da cerveja 2M 550 mL da fábrica CDM de Marracuene para os clientes retalhistas para a época de inverno	31
Figura 8. O fluxo otimizado da cerveja 2M 550 mL na época de verão da fábrica CDM de Marracuene para os clientes retalhistas.....	32
Figura A-1. Mapa de distribuição da CDM. (a) Rota CDM-Michafutune; (b) Rota CDM - Handling Zimpeto	B
Figura A-2. Mapa de distribuição da CDM. (c) Rota CDM- Baixa; (d) Rota CDM - Handling Matola	C

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Capacidade de Produção de garrafas da 2M.....	19
Tabela 2. Capacidade de Produção em Caixas que comportam 12 garrafas cada.....	19
Tabela 3. Matriz de distância percorridas para a distribuição da cerveja 2M 550 mL	23
Tabela 4. Custo de transporte por caixa cerveja 2 M 550 mL por mês desde a CDM até os armazéns da Handling.....	24
Tabela 5. Custo de transporte por caixa cerveja 2 M 550 mL por mês desde os armazéns da Handling até aos clientes	24
Tabela 6. Problema de transbordo convertido num problema de transporte para época de inverno	26
Tabela 7. Problema de transbordo convertido num problema de transporte para época de verão.....	26
Tabela 8. Solução básica inicial viável para estação de inverno - método do canto noroeste	28
Tabela 9. Solução básica inicial viável para estação de inverno - método do menor custo.....	28
Tabela 10. Solução básica inicial viável para estação de inverno - método aproximação de Vogel	29
Tabela 11. Solução básica inicial viável para estação de verão - método do canto noroeste.....	29
Tabela 12. Solução básica inicial viável para estação de verão - método do menor custo	30
Tabela 13. Solução básica inicial viável para estação de verão - método aproximação de Vogel.....	30
Tabela 14. Solução otimizada para época de inverno	30
Tabela 15. Solução otimizada para época de verão.....	31
Tabela A-1. Marca dos produtos, Tamanho e tipo de garrafa.....	A
Tabela C-1. 6ª iteração para estação de inverno - método do canto noroeste.....	D
Tabela C-2. 6ª iteração para estação de verão - método do canto noroeste	D
Tabela C-3. 3ª iteração para estação de inverno - método do menor custo.....	D
Tabela C-4. 4ª iteração para estação de inverno - método do menor custo.....	E
Tabela C-5. 3ª iteração para estação de verão - método do menor custo.....	E
Tabela C-6. 4ª iteração para estação de verão - método do menor custo.....	E
Tabela C-7. 2ª iteração para estação de inverno - método aproximação de Vogel.....	F
Tabela C-8. 2ª iteração para estação de verão - método aproximação de Vogel.....	F

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AB InBev – Anheuser-Busch InBev SA/NV;

AH – Armazém Handling;

BDRs – Representantes da CDM no Mercado;

CDM – Cerveja de Moçambique;

CIC – Centro de Interação com Cliente;

CR – Cliente Retalhista;

DCs – Distribuidores Chaves;

GCS – Gestão da Cadeia de Suprimentos;

INE – Instituto Nacional de Estatística;

MZN – Metical;

POCs – Cliente Final - Ponto de Consumo;

PPL – Problemas de Programação Linear;

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A Indústria Cervejeira continua a ser um sector importante da economia de Moçambique, contribuindo para a obtenção de divisas, emprego e desenvolvimento socioeconómico durante muitos anos. A empresa Cervejas de Moçambique (CDM) dedica-se ao fabrico e fornecimento de Cerveja, maioritariamente para Moçambique. É a principal filial da Anheuser-Busch InBev SA/NV (AB InBev), uma importante fábrica de cerveja com sede em Lovaina, na Bélgica (CDM, 2023).

O mercado moçambicano consome, anualmente, 4 milhões de hectolitros de cerveja. A produção de cerveja em Moçambique tem mantido uma tendência crescente e registada desde 2015, ano em que foram produzidos cerca de 2,7 milhões de hectolitros da bebida, e em 2019 a produção cresceu até cerca de 3,5 milhões de hectolitros. A CDM em 2021 operacionalizou uma segunda fábrica no distrito de Marracuene com uma capacidade de 2,4 milhões de hectolitros por ano, com potencial para expandir essa capacidade para 6,7 milhões (Macuácuá, 2021).

Em Moçambique, o transporte de bens de consumo é feito essencialmente por meios rodoviários e ferroviários. Sendo que a grande percentagem da população utiliza o sistema de transportes da rede rodoviária. O grande número de utilizadores das estradas tem constituído a maior parte dos problemas da rede rodoviária. De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2023) a malha rodoviária de Moçambique possui uma extensão de 30.616 km, porém apenas 27% é composta por estradas pavimentadas.

Em 2022, havia 1.219.314 veículos matriculados em Moçambique, mais 65,7%, face a 2018. A maior parte do parque automóvel em circulação no País é na Cidade de Maputo (528.179) e na Província de Maputo (457.546) registando um aumento de 42,8% em relação a 2018 (INE, 2023). O grande número de utilizadores das estradas e falta de estradas asfaltadas (apenas 731 km, 44,8% na província de Maputo) tem constituído a maioria dos problemas da rede rodoviária. Pelo que, as redes de transportes em Moçambique têm dificultado a distribuição de factores de produção económica e de alimentos, bem como o transporte de exportações cruciais.

A CDM não é exceção e enfrenta muitos desafios no transporte das bebidas produzidas pela empresa. Esse facto tem gerado altos custos de distribuição de cerveja essencialmente devido a atrasos na entrega, má gestão de stocks, baixo nível de atenção, entre outras. Pelo que o presente visa a aplicação do modelo Problema de Transporte com Transbordo para a optimização do transporte da cerveja 2M produzida pela fábrica da CDM localizada no distrito de Marracuene, província de Maputo.

1.2. Problema de pesquisa

O transporte de bens e/ou serviços (desde as fábricas/armazéns até ao consumidor/destino final) é uma das principais preocupações de todos os fabricantes. Esta preocupação faz parte integrante do processo de produção (Agadaga e Akpan, 2019). Os gestores de distribuição estão constantemente a ser confrontados com esta necessidade crítica de transporte, para a qual têm de tomar as melhores decisões em benefício do consumidor e, ao mesmo tempo, considerar o lucro global da organização (Portugal-Nemotto *et al.*, 2022).

Devido à variabilidade da demanda e à incerteza do mercado, a concretização da distribuição e a redistribuição de bens exige flexibilidade tanto quanto possível, um tempo de resposta curto e o desenvolvimento de novas soluções inovadoras para chegar aos clientes. Contudo a CDM, após a mudança de localização da fábrica da cidade de Maputo para o distrito de Marracuene tem enfrentado problemas na distribuição da cerveja 2M para seus clientes através do atacadista Handling. Os principais problemas associados a distribuição da cerveja 2M são descritos a seguir:

- **Diversidade Geográfica:** a presença dos estabelecimentos do atacadista em várias localizações impõe desafios logísticos consideráveis devido a diferentes distâncias e condições de transporte;
- **Flutuações na Demanda:** o comportamento variável da demanda nos diferentes pontos de venda do atacadista e nos clientes institucionais introduz desafios na gestão de *stock* e na eficiência das operações logísticas.
- **Infraestrutura de Transporte Deficiente:** problemas com a qualidade das estradas, elevado congestionamento, falta de vias específicas ao transporte de cervejas afecta a eficiência e a pontualidade das entregas ocasionando custos operacionais mais elevados.

Diante dos desafios logísticos enfrentados pela CDM, o presente trabalho apresenta como ponto de partida a seguinte questão de investigação: Como minimizar os custos de distribuição da cerveja 2M 550ml da Fábrica de Marracuene considerando a diversidade geográfica, as flutuações na demanda e os problemas de infraestrutura de transporte?

1.3. Justificativa

A análise e a otimização dos processos de transporte e distribuição da cerveja 2M produzida pela Cervejaria de Marracuene através do modelo problema de transporte com transbordo é de extrema relevância para a CDM e para o meio académico.

A CDM como qualquer outra indústria busca manter os custos baixos e os lucros elevados, ao mesmo tempo que mantém a qualidade do produto. Ao se aplicar o modelo do Problema de Transporte com Transbordo para minimizar o custo total do transporte, a CDM poderá evitar congestionamentos no processo de distribuição, ao mesmo tempo que aumenta o seu o poder de tomada de decisão. Adicionalmente, com a realização deste estudo será possível determinar as melhores rotas para a distribuição de cervejas da CDM de Marracuene, contudo, os resultados obtidos poderão ser estendidos a maioria das empresas no sector de transporte de mercadorias na cidade de Maputo e em outras cidades moçambicanas.

Em Moçambique, pouca investigação foi efectuada, especialmente no que diz respeito à otimização dos processos logísticos de transporte e distribuição de bens e/ou serviços. E em outros países a maioria das pesquisas existentes concentra-se no controlo de *stock* em armazéns e em miniaaplicações de planos de viagem, em vez de adoptar uma abordagem abrangente. O presente estudo, por outro lado, focaliza o transporte do armazém central até os comerciantes. Diversos modelos matemáticos e algoritmos poderão ser desenvolvidos em busca de soluções não só para reduzir os custos de transporte, mas também para encontrar o custo mais baixo possível com base no uso eficiente dos recursos da área de distribuição.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo Geral

- Optimizar os processos logísticos de transporte e distribuição da cerveja 2M produzida pela Cervejaria de Marracuene;

1.4.2. Objectivos Específicos

- Analisar os processos logísticos actualmente praticados pela fábrica da Cervejas de Moçambique em Marracuene;
- Minimizar o custo de transporte e distribuição da cerveja 2M média através do modelo de Problema de Transporte com Transbordo para as épocas de inverno e verão;
- Comparar os custos mínimos de transporte obtidos pelas três técnicas de resolução do Problema Transporte (método do Canto Noroeste, método do Menor Custo e método de Aproximação de Vogel).

1.5. Hipóteses

Para atingir os objectivos da investigação e responder às questões de investigação, serão testadas empiricamente as seguintes hipóteses formuladas na forma nula:

- **H₀₁**: A aplicação do modelo de Problema de Transporte com Transbordo resultará em uma redução significativa nos custos de transporte e distribuição da cerveja 2M;
- **H₀₂**: Existe uma diferença significativa nos custos mínimos de transporte e distribuição da cerveja 2M obtidos pelas três variantes do modelo de Problema de Transporte: método do Canto Noroeste, método do Menor Custo e método de Aproximação de Vogel.

1.6. Estrutura do Trabalho

O presente trabalho é dividido em seis capítulos, nomeadamente: Introdução, Revisão da Literatura, Descrição do Caso de Estudo, Metodologia, Análise de Resultados e Conclusões. No primeiro capítulo, Introdução, será feita a contextualização no âmbito do estudo e é identificado o problema da investigação e as respectiva pergunta de pesquisa. Além disso, serão apresentados os objectivos do estudo. No capítulo II, Revisão de literatura, abordar-se-á a descrição dos modelos

matemáticos para a solução do Problema de Transporte com Transbordo, com artigos científicos com revisão por pares, livros, dissertações e teses, relatórios de entidades governamentais e organizações da sociedade civil e de organismos internacionais.

O capítulo III, apresentará a fábrica da CDM de Marracuene e os processos logísticos aplicados pela mesma para o transporte e distribuição da cerveja 2M. Na Metodologia, capítulo IV, descrever-se-á o tipo de estudo e os métodos de estudo e a abordagem de estudo. Neste capítulo também, apresentar-se-á as técnicas a serem utilizados para a análise de dados, bem como a sua interpretação. O capítulo V apresenta, interpreta, analisa e discute os resultados do estudo. O último capítulo tece as conclusões do estudo e dá as recomendações do estudo.

CAPÍTULO II: REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Conceitos Básicos

Nesta secção, definem-se os seguintes conceitos básicos usados neste estudo, nomeadamente: cadeia de suprimentos, logística, gestão de transporte e gestão de demanda.

2.1.1. Gestão da Cadeia de Suprimentos

O termo "gestão da cadeia de suprimentos" é um termo histórico que tem sido explicado por diferentes investigadores em diferentes contextos. Alguns investigadores defendem que este termo também é utilizado para explicar o seguimento da informação entre empresas e dentro das empresas (Dujak, 2019). Este termo também tem sido utilizado para explicar o processo logístico juntamente com o planeamento e o controlo de materiais (Wieland e Durach, 2021). Alguns investigadores também descreveram as questões estratégicas e organizacionais relativas ao seu sistema de gestão da cadeia de suprimentos (Tiwari *et al.*, 2018).

Ross (2013) definiu a Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS) como o processo de planeamento, implementação e controlo das operações da cadeia de suprimentos da forma mais eficiente possível. Envolve todo o movimento e armazenamento de matérias-primas, inventário de trabalho em processo e produtos acabados desde a fonte até ao ponto de consumo final.

2.1.2. Gestão Logística

A Gestão Logística tem sido vista como sendo o conjunto das actividades que incluem a gestão de transportes de entrada e de saída, a gestão de frotas, a armazenagem, o manuseamento de materiais, a satisfação de encomendas, a concepção de redes logísticas, a gestão de inventários, o planeamento da oferta/demanda e a gestão de prestadores de serviços logísticos terceiros (Prokop, 2017). É uma função integradora, que coordena todas as actividades logísticas, bem como integra as actividades logísticas com outras funções, incluindo marketing, vendas, fabrico, finanças e tecnologias da informação (Tsiatsis *et al.*, 2019). A gestão logística ajuda as empresas a gerir e monitorizar, de forma eficiente, bens, serviços e informações através de uma cadeia de abastecimento que ajuda a gerir custos e desperdícios. Uma gestão logística eficiente ajuda as organizações a funcionar no seu melhor e a maximizar os lucros (Wieland e Durach, 2021).

2.1.3. Gestão de Transporte

O transporte, de acordo com Alo *et al.* (2021) é definido como o movimento do inventário de um ponto para outro na cadeia de abastecimento. São as actividades que contribuem para o movimento de bens e serviços de um local para outro. Por conseguinte, os gestores de transportes devem assumir as suas responsabilidades, avaliando minuciosamente o seu modo de transporte antes de decidirem sobre a escolha a empregar para o transporte das suas mercadorias, a fim de satisfazerem os seus numerosos clientes a um custo mínimo. Isto aumentará a rentabilidade adequada da indústria, criando simultaneamente valor para o cliente.

2.1.4. Gestão da Demanda

A gestão da demanda, segundo Croxton *et al.* (2002) é o processo de gestão da cadeia de abastecimento que equilibra os requisitos dos clientes com as capacidades da cadeia de abastecimento. Com o processo correcto em vigor, a gestão pode fazer corresponder a oferta à demanda de forma proactiva e executar o plano com o mínimo de interrupções. O processo não se limita à previsão. Inclui a sincronização da oferta e da demanda, o aumento da flexibilidade e a redução da variabilidade (Alo *et al.*, 2021).

Um bom processo de gestão da demanda pode permitir que uma empresa seja mais proactiva em relação à demanda prevista e mais reactiva em relação à demanda imprevista. Uma componente importante da gestão da demanda é encontrar formas de reduzir a variabilidade da demanda e melhorar a flexibilidade operacional (Croxton *et al.*, 2002). A redução da variabilidade da demanda ajuda a um planeamento consistente e reduz os custos. O aumento da flexibilidade ajuda a empresa a responder rapidamente a eventos internos e externos (Donovan e Manuj, 2015).

2.2. A Indústria Cervejeira em Moçambique

Historicamente, a Indústria Cervejeira em Moçambique tem tido poucas empresas com uma presença internacional substancial, sendo a Cervejas de Moçambique (CDM) a maior empresa do sector. No entanto, nas últimas duas décadas, assistiu-se a uma consolidação crescente do sector, que levou ao aparecimento de multinacionais globais, como a Heineken (Borges, 2017).

O mercado moçambicano consome, anualmente, 4 milhões de hectolitros de cerveja. A produção de cerveja em Moçambique tem mantido uma tendência crescente registada desde 2015, ano em que foram produzidos cerca de 2,7 milhões de hectolitros da bebida, e em 2019 a produção cresceu até cerca de 3,5 milhões de hectolitros. A CDM em 2021 operacionalizou uma segunda fábrica no distrito de Marracuene com uma capacidade de 2,4 milhões de hectolitros por ano, com potencial para expandir essa capacidade para 6,7 milhões (Macuácuá, 2021). Por outro lado, a Heineken Moçambique, também em Marracuene, possui uma capacidade de produção de 800.000 hectolitros por ano desde 2019 (Afonso, 2019).

Cervejas de Moçambique (CDM), é líder no mercado de bebidas alcoólicas em Moçambique, subsidiária da AB InBev (líder mundial no negócio de cervejas e refrigerantes), uma empresa construída sobre um legado de tradição cervejeira com mais de 100 anos. A empresa produz e distribui marcas locais e internacionais que sejam as preferidas pelos consumidores (Borges, 2021). A CDM conta actualmente com 4 fábricas de produção, duas em Maputo, uma na Beira e outra em Nampula, empregando mais de 1000 colaboradores, mais de 20 marcas. Como subsidiária da AB InBev, as suas fronteiras estendem-se por mais de 100 mercados (Macuácuá, 2021).

2.3. Modelo de Problema de Transporte com Transbordo

O Problema de Transporte, foi introduzido já na década de 1940 e tem sido amplamente aceite ao longo dos anos, tendo muitos investigadores introduzindo várias melhorias para satisfazer suas necessidades específicas/actuais (Agadaga e Akpan, 2019). O Problema de Transporte refere-se a uma classe de Problemas de Programação Linear (PPL) que envolve a selecção das rotas de transporte mais económicas para a transferência de uma mercadoria uniforme de um certo número de fontes para um certo número de destinos (Khurana, 2015a).

Como todos os PPLs, o Problema de Transporte tem uma função objectiva e restrições. A função objectiva mais comum consiste em programar as expedições das origens para os destinos de modo a minimizar os custos totais de produção e de transporte (Agadaga e Akpan, 2017). E as restrições consistem no facto da mercadoria a transportar de forma óptima envolver normalmente uma determinada capacidade de bens em cada origem ou fonte e uma determinada necessidade de bens em cada destino (Agadaga e Akpan, 2019). De acordo com Skutella (2023) no problema de transporte, os pontos de origem/fornecimento só podem enviar mercadorias, mas não podem

recebê-las, ao passo que o ponto de destino ou o ponto de procura só podem aceitar mercadorias e não as enviar. Com a diversificação do tipo de mercadoria, da dimensão, da distância aos pontos de afluência, etc., este modelo de transporte torna-se limitado a certa altura (Khurana, 2015a).

Para ultrapassar esta limitação, foi introduzida uma variante do Problema de Transporte com um ponto intermediário. Este problema é conhecido como Problema de Transporte com Transbordo (Garg *et al.*, 2021). Este problema foi proposto pela primeira vez por Orden (1956). O modelo descrito por este autor levava em consideração a utilização de pontos intermédios através dos quais os carregamentos deviam ser autorizados a passar para o destino pretendido.

Um transbordo é definido como a transferência de *stock* entre dois locais ao mesmo nível do sistema de inventário/distribuição. O problema consiste em determinar as quantidades de reabastecimento e a quantidade a transbordar em cada período, de modo a satisfazer a demanda dinâmica determinística em cada local a um custo mínimo (Agadaga e Akpan, 2017; Khurana, 2015a). Embora o problema de transbordo seja uma extensão ou melhoria do problema de transporte, a sua solução óptima é encontrada convertendo facilmente o problema de transbordo num problema de transporte equivalente e resolvendo-o utilizando as técnicas habituais (Agadaga e Akpan, 2019).

2.3.1. Formulação do Modelo Matemático

A seguir é apresentado o modelo típico de transbordo. A formulação do problema de transbordo requer certos pressupostos básicos iniciais, que são:

- ➔ O sistema é composto por m origens e n destinos, em que $i = 1, \dots, m$ e $j = 1, \dots, n$;
- ➔ Existe um conjunto homogéneo de mercadorias disponíveis para expedição;
- ➔ A quantidade necessária de bens nos destinos é igual à quantidade produzida disponível nas origens;
- ➔ O transporte começa simultaneamente nas origens e é possível transportar de qualquer nó para qualquer outro (também para uma origem ou destino).
- ➔ Os custos de transporte são independentes da quantidade expedida.

O modelo geral de programação linear de um problema de transbordo é descrito na Eq. (2.1), cujo objectivo é minimizar:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} \quad \text{Eq. (2.1)}$$

Sujeito as seguintes restrições:

$$x_{rs} \geq 0; \forall r = 1, \dots, m, s = 1, \dots, n$$

$$\sum_{s=1}^{m+n} x_{i,s} - \sum_{r=1}^{m+n} x_{r,s} = a_i; \forall i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{r=1}^{m+n} x_{r,m+j} - \sum_{s=1}^{m+n} x_{m+j,s} = b_{m+j}; \forall j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_{m+j}$$

onde:

$C_{r,s}$: custo de transporte do nó r para o nó s ;

a_i : bens disponíveis no nó i ;

b_{m+j} : procura do bem no nó $(m + j)$.

x_{rs} : quantidade efectiva transportada do nó r para o nó s .

2.3.2. Variantes do Problema de Transporte com Transbordo

2.3.2.1. Problema de Transbordo Desequilibrado

Em alguns casos, o transbordo do fornecimento total (da origem) não é igual à demanda (no destino), tornando-se assim um problema de transbordo desequilibrado (Khurana, 2015a).

$$\sum_{i=1}^m a_i \neq \sum_{j=1}^n b_{m+j} \quad \text{Eq. (2.2)}$$

Este modelo é convertido num modelo equilibrado através da adição de uma oferta ou de uma demanda fictícia, consoante o local onde se verifica o défice (Agadaga e Akpan, 2017).

2.3.2.2. Problema de Transbordo com Fluxo Deficiente

Este modelo surge em situações em que um determinado nível de stock é reservado na origem por determinadas razões, como emergências. O fluxo total das expedições é limitado (Khurana, 2015a). O nível de restrição pode ser fixado no ponto Q , o que dá o seguinte modelo matemático, Eq. (2.3):

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=m+1}^{m+n} x_{ij} = Q \quad \text{ou} \quad \sum_{i=1}^{m+n} \sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} = Q' \quad \text{Eq. (2.3)}$$

onde, $Q' = Q + (m + n)T$ com $T = \max(\sum_{i=1}^m a_i, \sum_{j=m+1}^{m+n} b_i)$

Assim o modelo para este caso é dado pela Eq. (2.4):

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^{m+n} \sum_{j=1}^{n+m} t_{ij} x_{ij} \quad \text{Eq. (2.4)}$$

Sujeito as seguintes restrições:

$$\sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} \leq a_i + T; \quad \forall i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} = T; \quad \forall j = m + 1, m + 2, \dots, m + n$$

$$\sum_{i=1}^{m+n} x_{ij} = T; \quad \forall j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} \leq b_j + T; \quad \forall i = m + 1, m + 2, \dots, m + n$$

$$\sum_{i=1}^{m+n} \sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} = Q' \left(Q' < \min \left\{ \sum_{i=1}^m a_i + (m + n)T, \sum_{j=m+1}^{m+n} b_i + (m + n)T \right\} \right)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, m + n \quad (i \neq j)$$

Nota-se que certo fluxo com um total $\{\sum_{i=1}^m a_i + (m + n)T - Q'\}$ da reserva na fonte terá de ser mantido nas várias fontes, enquanto no destino, o total $\{\sum_{j=m+1}^{m+n} b_j + (m + n)T - Q'\}$ das folgas de destino será retido nos vários destinos. O modelo acima difere claramente do modelo geral, uma vez que tem em conta uma restrição adicional conhecida como restrição de fluxo prejudicada. A restrição de fluxo satisfaz o desejo do gestor de operações sem necessariamente alterar os fundamentos e padrões do modelo original de transbordo. Neste caso, é introduzido um destino extra para receber as reservas de origem e uma fonte extra para preencher as folgas de destino, o que dá ao modelo o equilíbrio necessário (Khurana, 2015a).

2.3.2.3. Problema de Transbordo com Fluxo Melhorado

Outro modelo digno de nota é o modelo de fluxo melhorado. Ao contrário do fluxo deficiente, em que as reservas são feitas na fonte, o modelo entra em ação com quantidades extra necessárias no(s) ponto(s) de procura (Agadaga e Akpan, 2017). O modelo de fluxo melhorado ocorre, portanto, quando, devido a uma demanda extra no mercado, o fluxo total tem de ser melhorado (aumentado), obrigando as fábricas (pontos de abastecimento) a aumentar as suas produções de modo a satisfazer a demanda extra. Neste caso, o valor Q' é maximizado. Em termos matemáticos:

$$\left(Q' > \max \left\{ \sum_{i=1}^m a_i + (m + n)T, \sum_{j=m+1}^{m+n} b_j + (m + n)T \right\} \right)$$

O modelo então, toma a forma mostrada na Eq. (2.5)

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^{m+n} \sum_{j=1}^{n+m} t_{ij} x_{ij}, i \neq j \quad \text{Eq. (2.5)}$$

Sujeito as seguintes restrições:

$$\sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} \geq a_i + T; \quad \forall i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} = T; \quad \forall i = m + 1, m + 2, \dots, m + n$$

$$\sum_{i=1}^{m+n} x_{ij} = T; \forall j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} \geq b_j + T; \forall i = m + 1, m + 2, \dots, m + n$$

$$\sum_{i=1}^{m+n} \sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} = Q' \left(Q' > \max \left\{ \sum_{i=1}^m a_i + (m + n)T, \sum_{j=m+1}^{m+n} b_j + (m + n)T \right\} \right)$$

$$x_{ij} \geq 0 \forall i, j = 1, 2, \dots, m + n (i \neq j)$$

$$t_{ij} \geq 0 \forall i, j = 1, 2, \dots, m + n$$

Para lidar com o aumento do fluxo no modelo acima, um problema de transporte relacionado tem de ser formulado acrescentando uma linha com disponibilidade igual a $Q' - \{\sum_{i=1}^m a_i + (m + n)T\}$ demanda igual a $\{Q' - \sum_{i=1}^m b_j + (m + n)T\}$. A inclinação dos modelos de fluxo deficiente e melhorado dá ao decisor mais opções de decisão para as necessidades desafiantes e dinâmicas do mercado. Estes foram discutidos extensivamente por Khurana *et al.* (2015).

2.3.3. Métodos de Resolução do Problema de Transbordo

A estrutura especial do problema de transporte, de acordo com Alo *et al.* (2021) permite assegurar uma solução básica de partida não artificial utilizando um dos três métodos: método do Canto Noroeste, método do Menor Custo e método de Aproximação de Vogel.

2.3.3.1. Método do Canto Noroeste

O método do Canto Noroeste é uma técnica de resolução do Problema de Transporte em que se começa na célula superior esquerda de uma tabela (o canto noroeste) e se atribuem sistematicamente unidades às rotas de expedição. A solução do Canto Noroeste parte do princípio de que todas as rotas possíveis com a oferta e a procura adequadas foram acordadas e que a afectação deve começar pela célula superior esquerda e trabalhar diagonalmente ao longo das rotas. O método do Canto Noroeste não tem em conta o facto de as rotas escolhidas serem baratas ou caras (de Paula e Freitas, 2015).

2.3.3.2. Método do Menor Custo

Trata-se de uma abordagem baseada nos custos para encontrar uma solução inicial para um problema de transporte. O método intuitivo efectua as atribuições iniciais com base no custo mais baixo (Alo *et al.*, 2021). Esta abordagem simples utiliza os seguintes passos:

- a) Identificar a célula com o custo mais baixo;
- b) Atribuir o maior número possível de unidades a essa célula sem exceder a oferta ou a demanda e, em seguida, riscar a linha ou coluna (ou ambas) que está esgotada por esta atribuição.
- c) Encontrar a célula com o menor custo a partir das células restantes (não riscadas);
- d) Repetir os passos (b) e (c) até que todas as unidades tenham sido atribuídas.

2.3.3.3. Método de Aproximação de Vogel

O método de Aproximação de Vogel é uma versão melhorada do método do Menor Custo e do método do Canto Noroeste que, em geral, produz melhores soluções viáveis básicas iniciais, entendidas como soluções viáveis básicas que apresentam um valor menor na função objectiva (minimização) de um problema de transporte equilibrado (Alo *et al.*, 2021). É também conhecido como Método das Penalidades ou Método do Arrependimento (De Sousa *et al.*, 2024). Para aplicar o método de Aproximação de Vogel, devem ser seguidos os seguintes passos:

- a) Calcular a diferença entre os dois custos mais baixos para cada linha e coluna;
- b) Identificar a linha ou coluna com o maior valor de diferença e considerar a célula com o custo mínimo nessa coluna ou linha e afectar o máximo possível, tendo em conta a procura e disponibilidade da oferta correspondente a essa célula. Em caso de empate na maior diferença de custo, atribui-se arbitrariamente;
- c) Eliminar a coluna ou linha que foi satisfeita;
- d) Identificar as diferenças e repetir o passo acima;
- e) Continuar até que todas as unidades tenham sido atribuídas.

2.4. Estudos Empíricos Anteriores

Dentre vários estudos existentes, destacam-se, as pesquisas cuja prioridade era aplicar o modelo Problema de Transporte com Transbordo para obter a rota de transporte de custo mínimo.

Hmiden *et al.* (2009) estudaram o Problema de Transbordo que se caracteriza pela incerteza relativa à procura dos clientes e ao prazo de transferência. Consideraram uma rede de distribuição de um fornecedor com vários locais de venda de um produto. Utilizaram pareceres de peritos para avaliar as exigências dos clientes e o prazo de transferência, que representaram através de conjuntos difusos. O objectivo do estudo era identificar uma política de transbordo que tivesse em conta a imprecisão dos pedidos dos clientes e dos prazos de transferência e determinar as quantidades de reposição aproximadas que minimizassem o custo total do inventário. Para atingir o seu objectivo, propuseram uma nova política de transbordo em que a decisão de transbordo é tomada dentro do período e os possíveis momentos de decisão de transbordo pertencem a um conjunto difuso. Para os julgamentos dos peritos, também consideram os tipos de comportamento do decisor (pessimista e otimista) para determinar o momento exacto da decisão de transbordo e a quantidade de transbordo.

Tadei *et al.* (2009) observaram na sua investigação que, em qualquer problema de transbordo o processo de transporte tem lugar em duas fases: das origens para as instalações de transbordo e das instalações de transbordo para os destinos finais. Do ponto de vista económico, o processo pode incorrer em três tipos de custos: o custo fixo de localização de uma instalação de transbordo, o custo de transporte de uma origem para um destino através de uma instalação de transbordo e o custo de operação de passagem em cada instalação de transbordo.

Al-Rajhi *et al.* (2013) estudaram o algoritmo de decomposição para resolver uma classe de problemas de transporte em várias fases. Observaram que em problemas de transporte com uma ou várias etapas, o critério único de minimização do custo total é geralmente considerado, mas em certas situações práticas isso pode não ser o caso, pois dois ou mais objectivos podem ser relevantes. Por exemplo, os objectivos podem ser a minimização do custo total, o consumo de certos recursos escassos, como a energia, a deterioração total das mercadorias durante o transporte, etc.

Khurana *et al.* (2015) consideraram um problema de transbordo com o objectivo de minimizar a duração do transporte. Propuseram um algoritmo que resolve o problema de transbordo original transformando-o num problema de transporte equivalente e a solução óptima do problema original é obtida a partir da solução óptima do problema de transporte transformado. O algoritmo envolve um número finito de iterações que é facilmente aplicável. O algoritmo encontra o tempo óptimo para o transporte das origens para os destinos com transbordo. Com esta variante de transbordo, os gestores dispõem de outra solução alternativa para uma série de problemas de distribuição da produção. (Khurana, 2015b), em outro estudo, utilizou a técnica de transbordo para encontrar o itinerário mais curto de um ponto de uma rede para outro ponto, o que é muito útil para reduzir o custo do transporte. O estudo centrou-se no itinerário mais curto, em vez do custo mínimo e da duração mínima como nos estudos anteriores. A autora formulou um problema de transbordo linear tridimensional. O problema de transbordo linear tridimensional foi formulado por um decisor externo, devido a restrições que podem, por vezes, resultar do orçamento de produção ou ser induzidas politicamente, o que resulta num fluxo restrito e melhorado no mercado. A solução óptima do problema especificado é obtida transformando-o num problema de transporte equivalente, acrescentando uma linha e uma coluna adicionais e evitando o trabalho de determinar uma rota de menor custo para cada par origem-destino.

Agadaga e Akpan (2019) consideraram um problema de transbordo com o objectivo de minimizar o custo de transporte de 10.000 caixas de bebida desde uma fábrica situada em Benim através de armazéns para a região de Sapele-Warri onde o produto é demandado. Os resultados do estudo demonstraram que o custo mínimo óptimo para esse caso foi de 103.350,00 nairas obtido quando os produtos forem enviados directamente da fonte para os destinos. Por outro lado, Alo *et al.* (2021) empregaram os métodos do canto noroeste, método do menor custo e método de aproximação de Vogel para determinar qual produzia o custo total mínimo de transporte de cerveja produzidos na Nigéria. O estudo concluiu que os métodos de aproximação de Vogel e do custo mínimo são mais adequados e apropriados do que o método do canto noroeste para determinar o custo total mínimo do transporte de produtos das fábricas para os destinos. O estudo recomendou, entre outras coisas, que o modelo de transbordo fosse utilizado como uma ferramenta comparativa pelos gestores da indústria para equilibrar correctamente os custos, o fornecimento e a demanda no mercado.

CAPÍTULO III: DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O presente estudo baseou-se num estudo de caso na fábrica da empresa Cervejas de Moçambique em Marracuene. Nesta secção vai-se descrever o contexto actual dos processos logísticos de transporte e distribuição da CDM.

3.1. Localização e Caracterização da Fábrica

A CDM produz e distribui marcas de cerveja locais e internacionais e possui actualmente 4 fábricas, duas em Maputo, a Mac-Mahon Brewery e a Cervejeira de Marracuene (em estudo), na Beira e em Nampula, empregando mais de 1000 trabalhadores apenas na área de abastecimento, e tem mais de 20 marcas de cerveja (ver Anexo A) e, como subsidiária da AB-InBev, as fronteiras se estendem por mais de 100 países.

A fábrica em estudo (Fig. 1) localiza-se em Maputo, distrito de Marracuene, Estrada Nacional Número 1, com as coordenadas -25.694348 e 32.658260. Foi construída em 2019 e iniciou o seu comissionamento para a produção em Fevereiro de 2020, opera em regime de turnos 24/12 e actualmente possui um total de quatro ciclos de trocas em dois turnos noturnos e dois diurnos. A imagem abaixo apresenta a localização da unidade Fabril e na área a vermelho é delimitada a área de produção.



Figura 1. Localização da fábrica da CDM Marracuene obtida a partir do *Google Earth*.

3.2. Organograma organizacional da fábrica de Marracuene

A Fig. 2 apresenta o organograma da estrutura organizacional da fábrica da CDM de Marracuene.

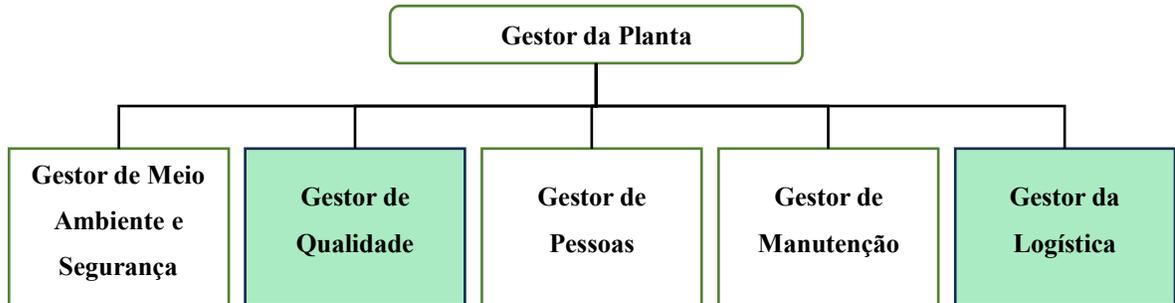


Figura 2. Organograma da Cervejeira de Marracuene.

- **Gestor da Planta** – Responsável pela gestão da fábrica (Distribuição e Logística);
- **Gestor do Meio Ambiente e Segurança** – Responsável pela gestão do Meio ambiente, segurança dos trabalhadores e segurança do processo;
- **Gestor de Qualidade** – Responsável pela gestão de aspectos de qualidade assegurada;
- **Gestor de Pessoas** – Responsável pelos Recursos Humanos;
- **Gestor de Manutenção** – Responsável pela gestão dos serviços técnicos e de manutenção;
- **Gestor da Logística** – Responsável por gerenciar os transportes, armazéns e distribuição.

3.3. Processos Logísticos de Transporte e Distribuição

3.3.1. Capacidade de Produção

A CDM anualmente produz acima de 3 milhões de hectolitros anuais e distribui marcas locais e internacionais para todo o país e além-fronteiras, para África do Sul, Portugal e Inglaterra. Actualmente detém uma quota de 94% do controlo do mercado moçambicano de cervejas. A fábrica de Marracuene possui uma capacidade de produção de 2,4 milhões de hectolitros por ano, e com uma produção de 24 horas e 6 dias por semana.

A CDM de Marracuene produz somente 2 tamanhos da cerveja 2M, que são 550 mL e 750 mL, e tem linhas de produção variáveis. A Tabela 1 apresenta a capacidade de produção dos dois tamanhos acima citados.

Tabela 1. Capacidade de Produção de garrafas da 2M

Tamanho das garrafas	Por hora (garrafas)	Diária (garrafas)	Semanal (garrafas)	Mensal (garrafas)
550 mL	79.992	1.919.808	11.518.848	46.075.392
750 mL	48.000	1.152.000	6.912.000	27.648.000
Total	127.992	3.071.808	18.430.848	73.723.392

Fonte: (CDM, 2023)

A Tabela 2 apresenta a capacidade de produção em número de caixas dos dois tamanhos acima citados.

Tabela 2. Capacidade de Produção em Caixas que comportam 12 garrafas cada

Tamanho das garrafas	Por hora (caixas)	Diária (caixas)	Semanal (caixas)	Mensal (caixas)
550 mL	6.666	159.984	959.904	3.839.616
750 mL	4.000	96.000	576.000	2.304.000
Total	10.666	255.984	1.535.904	6.143.616

Fonte: (CDM, 2023)

3.3.2. Processo de Distribuição

O departamento de logística é responsável pelo transporte, armazenagem e distribuição dos produtos produzidos pela fábrica. As operações desse departamento são coordenadas por uma equipa composta por cerca de trinta (30) pessoas designadas CIC (Centro de Interação com Cliente), dividida em dois (2) grupos, uma virada ao *SellIn* e o outro ao *SellOut*. A equipa do *SellIn* é responsável por processar as encomendas dos pedidos feitos pelos Distribuidores-chaves (DCs), ou seja, os agentes CIC da equipa do *SellIn* recebem pedidos de encomendas dos armazenistas e registram no sistema designado *Syspro*. O principal DC é a Handling Moçambique.

A equipa do *SellOut*, por outro lado, dedica-se às vendas directas ao cliente final - Ponto de Consumo (POCs). Esses clientes podem ser barracas, discotecas, restaurantes, entre outros. A equipa do *SellOut* é reforçada pelos representantes da CDM no mercado (BDRs) e efectua em média 30 chamadas telefónicas diárias, por cada agente, com a finalidade de gerar encomendas nos POCs. Cada agente da equipa do *SellOut* tem uma base de clientes os quais liga diariamente, 30 clientes agendados por dia de semana, com a intensão de influenciar os POCs a comprar no armazém mais próximo.

A Fig. 3 ilustra a forma como os produtos são entregues aos DCs. Os DCs utilizam a sua própria frota para distribuir aos seus retalhistas. Estes retalhistas são diferentes dos que são servidos pela equipa de *SellOut*. Os DCs são servidos pela CDM um após o outro, uma vez que as encomendas dos DCs são muito grandes.

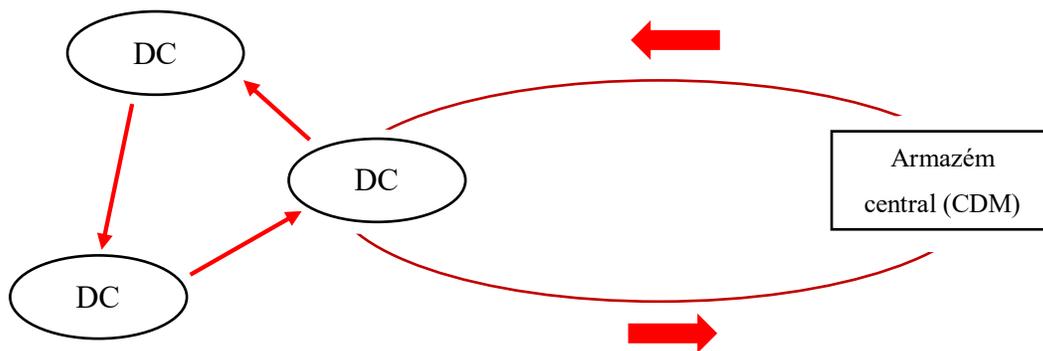


Figura 3. Processo de distribuição aos Distribuidores-chaves (*SellIn*)

Os POCs são visitados uma vez por semana pela equipa dos BDRs, e eles são responsáveis por criar a ligação entre os agentes CIC e os POCs. Essas visitas incluem, como outras atribuições dos BDRs, a colagem dos posters, fornecimento de materiais (geleiras, mesas, panos, sombreiros, copos, abre-garrafas, bandejas, *t-shirts*), controle e garantia do cumprimento do preço recomendado, verificação da disponibilidade dos produtos e de outras dificuldades que o cliente possa reportar. A Fig. 4 ilustra como a equipa de *SellOut* distribui os produtos aos clientes.

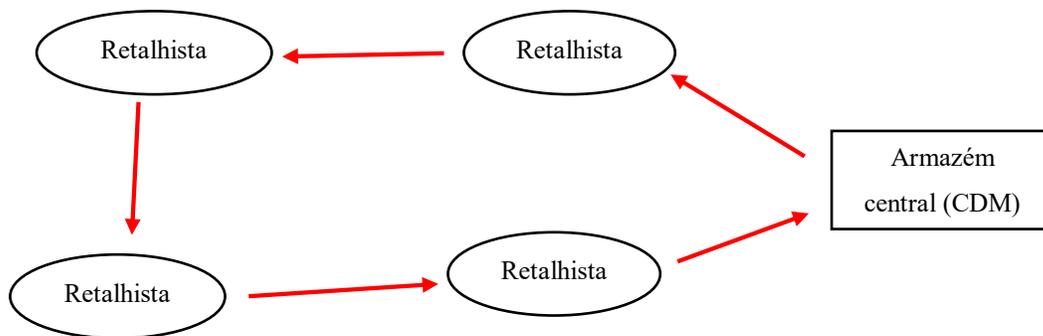


Figura 4. Processo de distribuição directa aos clientes (*SellOut*).

CAPÍTULO IV: METODOLOGIA

4.1. Tipo de Investigação

Para a efectivação do presente trabalho, foi feita uma pesquisa quantitativa baseada num estudo de caso da fábrica da Cervejas de Moçambique em Marracuene. A análise quantitativa coloca a tónica na contagem e na medição e, uma vez que o estudo consistiu em identificar o número de veículos, a capacidade de veículos, as distâncias percorridas, tempo de entrega, custos associados entre outros.

4.2. Métodos

Os dados recolhidos na fábrica da CDM em Marracuene foram devidamente resumidos em tabelas (Tabela 4 e Tabela 5, ver secção 4.3.3.2) para indicar a fonte, que é precisamente a fábrica citada, os pontos de transbordo (armazéns da Handling Moçambique) e os pontos de demanda (*Bottle stores*) que são os pontos de venda a retalho que estão a ser servidos pela fábrica. Estes dados de transbordo foram transformados num problema de transporte conforme indicado por Khurana *et al.* (2015).

4.3. Colecta de Dados

Os dados necessários para este estudo, tal como mencionado anteriormente, foram obtidos no departamento de logística da CDM em Marracuene, e as principais fontes foram nomeadamente: Entrevistas e Dados Secundários.

4.3.1. Entrevistas

O instrumento utilizado para a recolha de dados foi uma entrevista com os membros do departamento de planeamento e de logística da CDM em Marracuene, e com representantes da Handling Moçambique. Estas entrevistas permitiram conhecer as actividades diárias do departamento de logística da CDM em Marracuene. A CDM tem cerca de 50.000 clientes, entre clientes grossistas e clientes retalhistas, distribuídos ao longo do país, dos quais boa parte se encontra na capital Maputo, e alguns destes retalhistas serão utilizados como população para o estudo. Uma amostra de 8 clientes da população da base de clientes da CDM de Marracuene foi

seleccionada para observar o nível de melhoria em termos de minimização de custos que pode ser alcançado utilizando o modelo proposto no estudo.

4.3.2 Dados Secundários

Os dados secundários para o estudo foram obtidos a partir de duas fontes. Uma parte dos dados foi obtida a partir de percursos anteriores efectuados pela Handling Moçambique e a segunda foi a utilização do *Google maps* para calcular distâncias exactas para a matriz de distâncias utilizada para o modelo do Problema de Transporte com Transbordo.

4.3.3. Dados do Trabalho de Campo

4.3.3.1. Rotas de Distribuição da Fábrica aos Armazéns da Handling

I. Características da Frota

A CDM Marracuene utiliza o meio rodoviário para o transporte e distribuição de seus produtos na cidade e província de Maputo. O transporte é realizado através de camiões da marca *Mercedes Benz*, modelo *Curtainsider Truck Antos 1845 de 2016* com 7,5 a 9,5 toneladas (Fig. 5).

Estes veículos transportam cervejas em garrafas de vidro e/ou latas de alumínio em caixas plásticas e/ou caixas de papelão. A unitização de carga é feita em paletas e são carregadas através de empilhadeiras. Os camiões possuem uma capacidade máxima de carga de 30 paletas e cada paleta possui uma capacidade máxima 88 caixas e 65 caixas para as cervejas 2M 550 mL e 2M 750 mL, respectivamente.



Figura 5. Camião *Mercedes Benz Antos 1845*. (a) simples e (b) personalizados para a CDM. (Fonte *Auto Trader e CDM*, respectivamente)

II. Custos Associados ao Transporte

Por implicação económica, o processo de transporte na CDM de Marracuene pode incorrer em três tipos de custos: 1) Custo de transporte da fábrica para os armazéns da Handling; 2) Custo de transporte dos armazéns da Handling para os clientes retalhistas; 3) Custo das operações nos armazéns da Handling. Para o estudo o custo de transporte foi estimado com base no custo do Diesel (91,23 meticais (MZN) por litro e consumo de combustível de 6,7 km por litro, salário dos motoristas (40.000 a 50.000 MZN para motoristas da CDM e 30.000-35.000 para motoristas da Handling), manutenção dos camiões (a cada 20.000 km) e custo de pagamento de portagem por viagem (1160 MZN por veículo).

4.3.3.2. Distâncias Percorridas

Há 4 rotas principais para a distribuição das cervejas desde a fábrica até aos armazéns da Handling Moçambique. A Tabela 3 apresenta a matriz de distâncias considerando a distribuição desde a fábrica até cada um dos pontos (seja armazém ou retalhista). Também são apresentadas as distâncias entre os armazéns e dos armazéns aos retalhistas e de um retalhista para o outro retalhista. A matriz foi construída com base no cálculo da distância de um ponto ao outro utilizando a ferramenta *Google maps*.

Tabela 3. Matriz de distância percorridas para a distribuição da cerveja 2M 550 mL

	Fontes/destinos	Distância (km)												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	Planta de Marracuene	-	19	25	40	53	38	24,8	27,6	26,7	43,4	48,7	38,3	36,4
1	Handling de Michafutene	19	-	10,2	24	40,3	23	15	17	17	26	29	23	34
2	Handling de Zimpeto	25	10,2	-	14,2	23,1	14	4,8	7,6	6,9	13	19	13	16
3	Handling da Baixa	40	24	14,2	-	15,7	2	9,8	6,7	9	8,9	12	10	9
4	Handling da Matola	53	40,3	23,1	15,7	-	15	18	15	17	7,1	3,5	10	8,4
5	Bottle Store Muthombene	38	23	14	2	15	-	9,3	6,3	8,2	8,1	9,9	9,6	8,1
6	Manix Bottle Store EI	24,8	15	4,8	9,8	18	9,3	-	3	2,4	10,8	16,5	8,4	12,1
7	Sahara Bottle Store	27,6	17	7,6	6,7	15	6,3	3	-	2,3	8,8	13,4	5,5	9
8	Magwere Armazém	26,7	17	6,9	9	17	8,2	2,4	2,3	-	11,1	15,7	7,7	11,3
9	Bottle Store No Maff	43,4	26	13	8,9	7,1	8,1	10,8	8,8	11,1	-	7,5	2,5	1,9
10	Bottle Store Pierre, EI	48,7	29	19	12	3,5	9,9	16,5	13,4	15,7	7,5	-	7,7	5,3
11	Alex Bottle Store	38,3	23	13	10	10	9,6	8,4	5,5	7,7	2,5	7,7	-	5,2
12	Gunda Bottle Store	36,4	34	16	9	8,4	8,1	12,1	9	11,3	1,9	5,3	5,2	-

4.3.3.2. Demandas dos Clientes

Como mencionado anteriormente, o presente estudo será realizado em 8 clientes seleccionados dentro da gama de clientes da CDM. A demanda mensal na época de inverno desses clientes é de 48.000 garrafas da cerveja 2M 550 mL, e são embaladas em grupos de 12 em caixas, totalizando 4000 caixas. Durante a época de alta procura (verão), a demanda mensal é de 72.000 garrafas da cerveja 2M 550 mL e 6000 caixas. Por outro lado, a CDM através da Handling Moçambique fornece 4000 e 6000 caixas a estes clientes (criando assim um caso de fluxo balanceado), durante as épocas de inverno e verão respectivamente. Os dados mencionados são apresentados nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Custo de transporte por caixa de cerveja 2M 550 mL por mês desde a CDM até os armazéns da Handling

De	Para				Fornecimento	
	H. de Michafutene	H. de Zimpeto	H. da Baixa	H. da Matola	Inverno	Verão
Planta de Marracuene	MZN 81,75	MZN 107,57	MZN 172,11	MZN 228,04	3900 caixas	6000 caixas

Tabela 5. Custo de transporte por caixa cerveja 2M 550 mL por mês desde os armazéns da Handling até aos clientes

Para	De				Demanda	
	H. de Michafutene	H. de Zimpeto	H. da Baixa	H. da Matola	Inverno	Verão
Bottle Store Muthombene	MZN 98,96	MZN 60,24	MZN 8,61	MZN 64,54	1400 caixas	2000 caixas
Manix Bottle Store EI	MZN 64,54	MZN 20,65	MZN 42,17	MZN 77,45	400 caixas	600 caixas
Sahara Bottle Store	MZN 73,14	MZN 32,70	MZN 28,83	MZN 64,54	300 caixas	450 caixas
Magwere Armazém	MZN 73,14	MZN 29,69	MZN 38,72	MZN 7314	250 caixas	400 caixas
Bottle Store No Maff	MZN 111,87	MZN 55,93	MZN 38,29	MZN 30,55	200 caixas	450 caixas
Bottle Store Pierre, EI	MZN 124,78	MZN 81,75	MZN 51,63	MZN 15,06	600 caixas	900 caixas
Alex Bottle Store	MZN 98,96	MZN 55,93	MZN 43,03	MZN 43,03	250 caixas	450 caixas
Gunda Bottle Store	MZN 146,29	MZN 68,84	MZN 38,72	MZN 36,14	500 caixas	750 caixas

4.4. Modelo do Problema de Transporte com Transbordo

4.4.1. Pressupostos e Notação

Para maior clareza, os pressupostos e as notações subjacentes as aplicações do modelo de transbordo nas operações da CDM de Marracuene são enumeradas a seguir:

- **Quantidade de Fornecimento (Fonte)** – o fornecimento total a partir da fábrica da CDM é de 4000 e 6000 caixas de Cerveja 2M 550 mL, nas épocas de inverno e verão, respectivamente. A fábrica como fonte de fornecimento no modelo é um ponto que apenas pode enviar produtos para outros pontos, mas não pode receber quaisquer produtos;
- **Pontos de Transbordo (Armazéns)** – os pontos de transbordo são os armazéns da Handling em Michafutene, Zimpeto, Baixa e Matola. Os armazéns no modelo são pontos que podem receber produtos e também enviar produtos para outros pontos.
- **Pontos de Demanda (Clientes retalhistas)** – os pontos de demanda são clientes da CDM distribuídos pelas cidades de Maputo e Matola e incluem: Bottle Store Muthombene, Manix Bottle Store EI, Sahara Bottle Store, Magwere Armazém, Bottle Store No Maff, Bottle Store Pierre, EI, Alex Bottle Store e Gunda Bottle Store. Estes clientes têm capacidades variáveis em função do seu consumo de caixas por mês e no modelo são pontos que só podem receber produtos de outros pontos, mas não podem enviar produtos.

Assim, o modelo proposto consiste num problema com 1 fonte, 4 transbordos e 8 pontos de escoamento (clientes), como se mostra na Fig. 6.

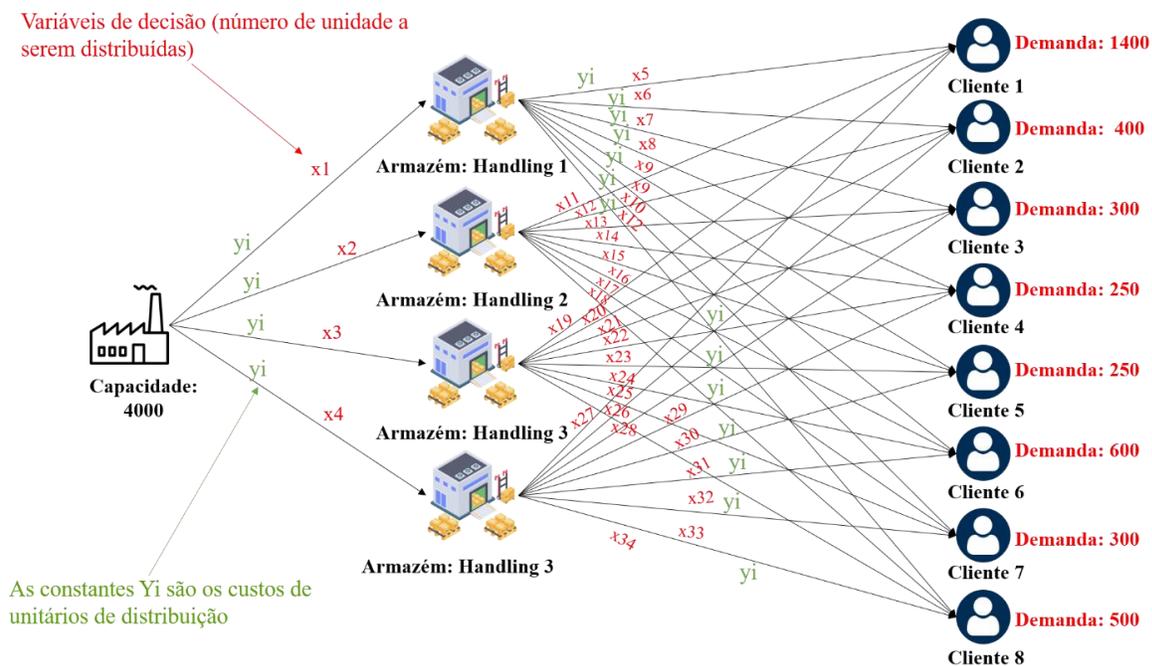


Figura 6. Fluxo da Cerveja 2M 550 mL a ser transportado e distribuídos por mês da fábrica CDM de Marracuene através dos armazéns da Handling para os clientes. **Nota:** dos apresentados ilustram apenas a época de inverno

O custo de transporte por caixa do produto foi apresentado nas Tabela 4 e 5 acima. Os valores nessas tabelas foram convertidos em Problema de Transporte, conforme as tabelas 6 e 7 abaixo.

Tabela 6. Problema de Transbordo convertido num problema de transporte para época de inverno

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	162	106	118	114	185	208	163	155	82	108	172	228	4000
AH1	99	65	73	73	112	125	99	146	0	43	102	172	4000
AH2	60	21	33	30	56	82	56	69	43	0	61	98	4000
AH3	9	42	29	39	38	52	43	39	102	61	0	67	4000
AH4	65	77	65	73	31	15	43	36	172	98	67	0	4000
Demanda	1400	400	300	250	250	600	300	500	4000	4000	4000	4000	

AH - representa armazém da Handling; CR - representa Clientes retalhista; os custos estão em MZN

Tabela 7. Problema de Transbordo convertido num problema de transporte para época de verão

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	162	106	118	114	185	208	163	155	82	108	172	228	6000
AH1	99	65	73	73	112	125	99	146	0	43	102	172	6000
AH2	60	21	33	30	56	82	56	69	43	0	61	98	6000
AH3	9	42	29	39	38	52	43	39	102	61	0	67	6000
AH4	65	77	65	73	31	15	43	36	172	98	67	0	6000
Demanda	2000	600	450	400	450	900	450	750	6000	6000	6000	6000	

AH - representa armazém da Handling; CR - representa Clientes retalhista; os custos estão em MZN

4.4.2. Representação Matemática do problema

Tendo em conta Eq. (2.1) a representação x_{ij} = quantidade a ser transportada do i ao nó j ; com $i = 1, 2, \dots, 5$ e $j = 1, 2, 3, \dots, 12$. Os custos estão em meticais (MZN).

$$\begin{aligned}
 \text{Minimizar } Z = & \text{MZN}162X_{11} + 106X_{12} + 118X_{13} + 114X_{14} + 185X_{15} + 208X_{16} + 163X_{17} \\
 & + 155X_{18} + 82X_{19} + 108X_{110} + 172X_{111} + 228X_{112} + \dots + 172X_{59} + 98X_{510} \\
 & + 67X_{511} + 0.00X_{512} \qquad \qquad \qquad \text{Eq. (4.1)}
 \end{aligned}$$

Sujeito as seguintes restrições:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} \dots X_{112} = 4000 \quad (\text{Restrição do ponto de abastecimento})$$

$$\left. \begin{array}{l} X_{11} + X_{21} + \dots + X_{51} = 1400 \\ X_{12} + X_{22} + \dots + X_{52} = 400 \\ X_{13} + X_{23} + \dots + X_{53} = 300 \\ \vdots \\ X_{18} + X_{28} + \dots + X_{58} = 500 \end{array} \right\} (\text{Restrições dos pontos de demanda})$$

$$\left. \begin{array}{l} X_{19} - X_{21} - X_{22} - X_{23} - X_{24} - \dots - X_{212} = 0 \\ X_{110} - X_{31} - X_{32} - X_{33} - X_{34} - \dots - X_{312} = 0 \\ X_{111} - X_{41} - X_{42} - X_{43} - X_{44} - \dots - X_{412} = 0 \\ X_{112} - X_{51} - X_{52} - X_{53} - X_{54} - \dots - X_{512} = 0 \end{array} \right\} (\text{Restrições dos pontos de transbordo})$$

4.4.3. Análise de Dados

Os dados do estudo foram imputados e organizados no *Microsoft Excel*. De seguida utilizou-se o *software TORA Operations Research Windows Versão 2.00* para análise do modelo Problema de transporte.

CAPÍTULO V: RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas secções que se seguem apresentam-se os resultados obtidos após aplicação do modelo Problema de Transbordo transformado em Problema de Transporte para as duas estações do ano (inverno e verão). São apresentadas as soluções básicas iniciais dos métodos Canto Noroeste, Menor Custo e Aproximação de Vogel. E, para otimizar, foi utilizado o módulo de optimização linear integrado no Microsoft Excel.

5.1. Apresentação dos resultados

5.1.1. Solução Básica Inicial para Estação de Fraca Demanda (Inverno)

A solução básica inicial viável usando o método do Canto Noroeste para a época de inverno é apresentada na Tabela 8. O custo total obtido com este método é de 630.550,00 MZN.

Tabela 8. Solução básica inicial viável para estação de inverno - método do canto noroeste

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	1400	400	300	250	250	600	300	500	0	0	0	0	4000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	0	4000
AH2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	4000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	4000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	4000
Demanda	1400	400	300	250	250	600	300	500	4000	4000	4000	4000	
Custo total (MZN)													630.550,00

A Tabela 9 apresenta a solução básica inicial viável para a época de inverno usando o método do Menor Custo. O custo total obtido com este método também foi de 630.550,00 MZN.

Tabela 9. Solução básica inicial viável para estação de inverno - método do menor custo

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	1400	400	300	250	250	600	300	500	0	0	0	0	4000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	0	4000
AH2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	4000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	4000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	4000
Demanda	1400	400	300	250	250	600	300	500	4000	4000	4000	4000	
Custo total (MZN)													630.550,00

Diferentemente dos métodos Canto Noroeste e Menor Custo, a solução básica inicial e viável do método Aproximação de Vogel apresenta um valor de 628.700,00 MZN para a época de fraca demanda (inverno), conforme mostra a Tabela 10.

Tabela 10. Solução básica inicial viável para estação de inverno - método aproximação de Vogel

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	1400	0	300	250	0	0	300	0	0	1750	0	0	4000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	0	4000
AH2	0	400	0	0	250	600	0	500	0	2250	0	0	4000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	4000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	4000
Demanda	1400	400	300	250	250	600	300	500	4000	4000	4000	4000	
Custo total (MZN)													628.700,00

5.1.2. Solução Básica Inicial para Estação de Alta Demanda (Verão)

A Tabela 11 apresenta a solução básica inicial viável para a época de alta demanda (verão) usando o método do Canto Noroeste. Para esta estação, o custo total foi de 946.350,00 MZN.

Tabela 11. Solução básica inicial viável para estação de verão - método do canto noroeste

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	2000	600	450	400	450	900	450	750	0	0	0	0	6000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	0	0	6000
AH2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	0	6000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	6000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	6000
Demanda	2000	600	450	400	450	900	450	750	6000	6000	6000	6000	
Custo total (MZN)													946.350,00

Segundo os dados apresentados na Tabela 12 a solução básica inicial viável para a época de verão usando o método do Menor Custo foi novamente igual ao custo obtido pelo método do Canto Coroeste. Por outro lado, A Tabela 13 mostra que o método de Aproximação de Vogel apresentou um custo total de 941.000,00 MZN inferior aos custos apresentados nas soluções básicas iniciais para os métodos canto noroeste e menor custo.

Tabela 12. Solução básica inicial viável para estação de verão - método do menor custo

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	2000	600	450	400	450	900	450	750	0	0	0	0	6000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	0	0	6000
AH2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	0	6000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	6000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	6000
Demanda	2000	600	450	400	450	900	450	750	6000	6000	6000	6000	
Custo total (MZN)													946.350,00

Tabela 13. Solução básica inicial viável para estação de verão - método aproximação de Vogel

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	2000	0	450	400	0	0	450	0	0	2700	0	0	6000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	0	0	6000
AH2	0	600	0	0	450	900	0	750	0	3300	0	0	6000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	6000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	6000
Demanda	2000	600	450	400	450	900	450	750	6000	6000	6000	6000	
Custo total (MZN)													941.000,00

5.1.3. Soluções Otimizadas

A partir das soluções básicas iniciais viáveis dos 3 métodos acima apresentados foi possível obter uma solução otimizada pelo módulo de otimização linear integrado no Microsoft Excel. Notou-se que no método de Aproximação de Vogel a solução ótima foi obtida após 3 iterações, no método do Menor Custo após 5 iterações e no método do Canto Noroeste foi necessário 7 iterações. As tabelas 14 e 15 apresentam as soluções otimizadas para as épocas inverno e verão, 614.500,00 MZN e 920.700,00 respectivamente.

Tabela 14. Solução otimizada para época de inverno

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	1400	400	300	250	0	0	300	500	0	850	0	0	4000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	0	4000
AH2	0	0	0	0	250	600	0	0	0	3150	0	0	4000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	4000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	4000
Demanda	1400	400	300	250	250	600	300	500	4000	4000	4000	4000	
Custo total otimizado (MZN)													614.500,00

Tabela 15. Solução otimizada para época de verão

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	2000	600	450	400	0	0	450	750	0	1350	0	0	6000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	0	0	6000
AH2	0	0	0	0	450	900	0	0	0	4650	0	0	6000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	6000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	6000
Demanda	2000	600	450	400	450	900	450	750	6000	6000	6000	6000	
Custo total otimizado (MZN)													920.700,00

No que diz respeito a otimização do custo mínimo para o transporte da cerveja 2M 550 mL, o modelo otimizado sugere as rotas de distribuição sugeridas nas Figs. 7 e 8, para as épocas de inverno e de verão. Nota-se que na solução otimizada somente o armazém de Zimpeto pode ser empregado como meio de transbordo para a distribuição de 850 e 1350 caixas de cerveja 2M 550 mL aos clientes Bottle Store No Maff e Bottle Pierre, EI.

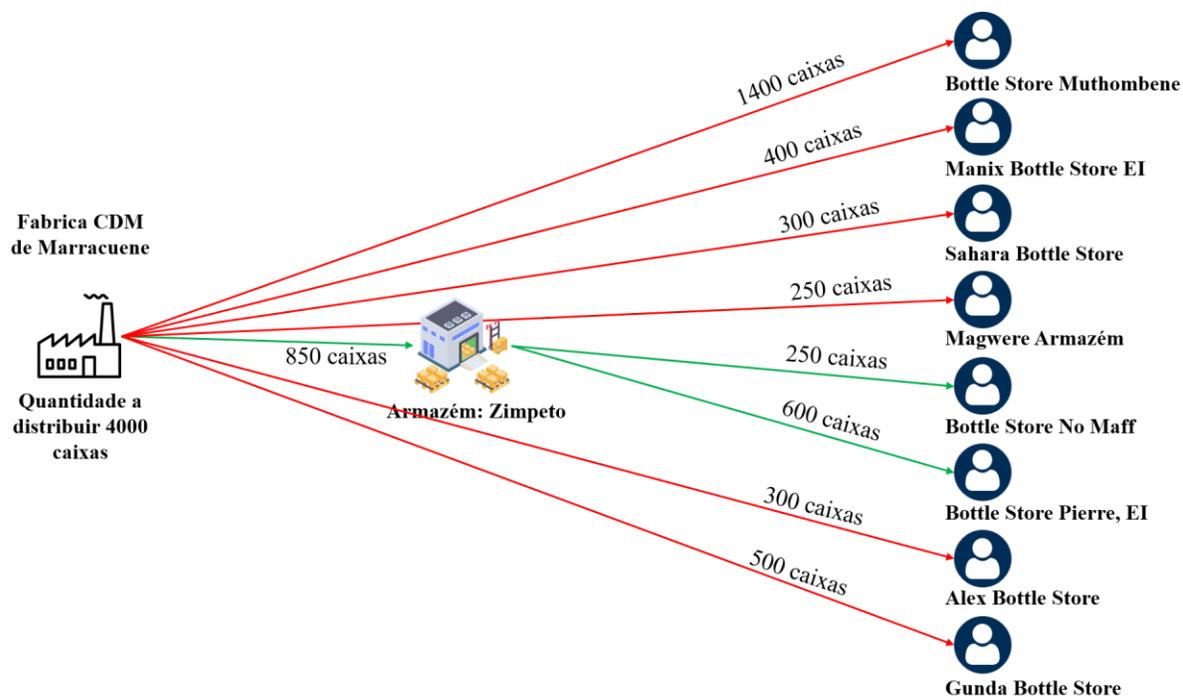


Figura 7. O fluxo otimizado da cerveja 2M 550 mL da fábrica CDM de Marracuene para os clientes retalhistas para a época de inverno

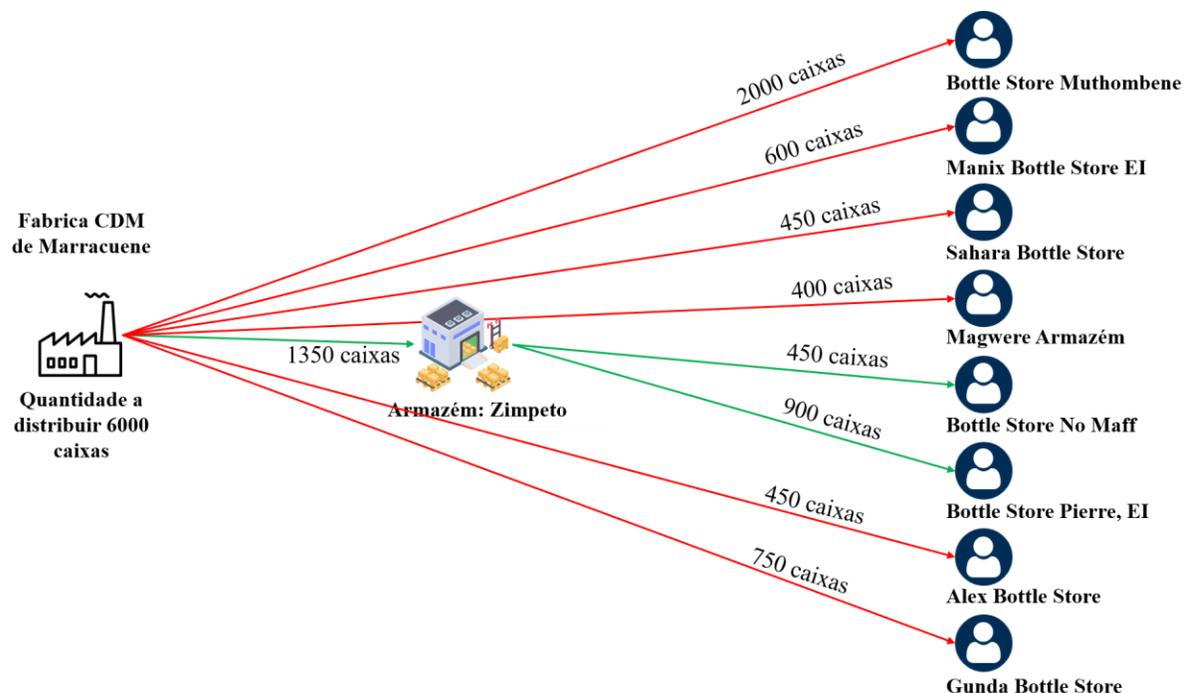


Figura 8. O fluxo otimizado da cerveja 2M 550 mL na época de verão da fábrica CDM de Marracuene para os clientes retalhistas

5.2. Discussão dos Resultados

5.2.1. Comparação das Soluções Básicas Iniciais

O resultado da solução básica inicial viável mostra que o custo total de transporte foi de 630.550,00 meticais para os métodos Canto Noroeste e Menor Custo, e 628.700,00 meticais para o método de Aproximação de Vogel durante a época de inverno. Nos métodos de Canto Noroeste e Menor Custo, a distribuição das 4000 caixas da cerveja 2M 550 mL, deve ser feita directamente para os clientes retalhistas. Neste sentido, a solução básica inicial destes modelos sugere que a fábrica de CDM de Marracuene deve priorizar a distribuição directa aos clientes sem intermediários (*SellOut*). Por outro lado, o modelo de Aproximação de Vogel, sugere que a distribuição directa de 2250 caixas aos clientes e de 1750 caixas através do armazém da Handling no Zimpeto. Este armazém, abasteceria 400, 250, 600 e 500 caixas da cerveja 2M 550 mL aos clientes Manix Bottle Store, Bottle Store No Maff, Bottle Store Pierre e Gunda Bottle Store, respectivamente.

Durante a época de verão, a solução básica inicial, de 946.350,00 meticais, estimada pelos métodos Canto Noroeste e Menor Custo é superior ao custo mínimo de 941.000,00 meticais obtido pelo método de Aproximação de Vogel. Os métodos Canto Noroeste e Menor custo novamente sugerem a distribuição directa a todos os clientes retalhistas pela fábrica da CDM de Marracuene, enquanto o método de Aproximação de Vogel sugere a distribuição da cerveja 2M 550 mL nos mesmos moldes que na época de inverno.

Os resultados obtidos neste estudo mostram que o método de Aproximação de Vogel fornece uma solução melhor em comparação aos métodos Canto Noroeste e Menor Custo. Resultados semelhantes foram verificados em outros estudos. No estudo de Alo *et al.* (2021), em uma fábrica que produz cervejas na Nigéria, os métodos de Menor Custo e da Aproximação de Vogel produziram o mesmo custo total (678 milhões de nairas) enquanto o método do Canto Noroeste produziu um custo superior de 745 milhões de nairas para a distribuição de 245 milhões de caixas de cervejas.

Outro estudo, realizado por Aliyu *et al.* (2019) mostrou que os três métodos produziram respostas variáveis. O método do Canto Noroeste estimou um custo de transporte de 2.336.000 nairas, o método do Menor Custo produziu um custo de transporte de 4.160.900 nairas e o método de Aproximação de Vogel gerou 2.331.800 nairas como custo de transporte. Demonstrando que o método de Aproximação de Vogel é o mais eficiente para encontrar a solução básica inicial viável uma vez que consegue estimar o custo mínimo de transporte. Soomro *et al.* (2014), por outro lado, determinaram que o método de Aproximação de Vogel e o método de Menor Custo geraram resultados similares.

De acordo com Rafi e Islam (2020) o método de Aproximação de Vogel é melhor do que o método do Menor Custo para minimizar o custo total de transporte por este ser é um método heurístico e é sempre preferível porque dá uma solução inicial que está mais próxima de uma solução óptima ou é a própria solução óptima. Para Adeyeye *et al.* (2022) o método de Aproximação de Vogel obtém a solução óptima ou a mais próxima da solução óptima com um tempo de cálculo mínimo. Por conseguinte, o método de Aproximação de Vogel é facilmente aplicado para encontrar a solução inicial básica viável para os problemas de transporte com diferentes fluxos.

Os resultados do presente estudo também mostram que mais cervejas são demandadas pelos clientes durante a época de verão em comparação ao período de inverno. Para os clientes amostrados neste estudo, a fábrica da CDM distribui cerca de 4000 caixas de cerveja 2M 550 mL durante o inverno contra 6000 caixas durante o verão (um aumento de 50%). De acordo com Ceretta *et al.* (2022) a cerveja é um negócio sazonal, uma vez que mais de 40% do volume de cerveja é consumido durante os meses de verão. As razões do aumento de consumo prendem-se certamente por factores como melhores condições climatéricas, realização de inúmeras festas populares, presença de turistas assim como o regresso dos emigrantes.

Consequentemente, o aumento na demanda acarreta maiores custos de transporte da Cerveja. Da época de inverno para o verão, o método de Aproximação de Vogel, estimou um aumento de 322,300 meticais (51,3%), enquanto os métodos método do Canto Noroeste e Menor Custo estimaram um aumento de 315.800,00 MZN (50,1%). No estudo de Mills-Lampthey (2009), no Gana, o custo do transporte de cerveja otimizado para todo o país foi de 2.272.455,9 cedis do Gana e de 3.439.329,8 cedis do Gana durante as épocas normal e de festas, respectivamente.

5.2.2. Comparação das Soluções Otimizadas

Após a optimização, os três métodos (método do Canto Noroeste, método do Menor Custo e método de Aproximação de Vogel) produziram o mesmo resultado de 614.500,00 meticais e 920.700,00 meticais, durante as épocas de inverno e verão, respectivamente. Isto indica que os três métodos podem ser utilizados para encontrar uma solução óptima para um determinado problema de transporte. Este facto também foi observado em outros estudos (Adeyeye *et al.*, 2022; Aliyu *et al.*, 2019). Contudo, o número de cálculos efectuados (iterações) para atingir as condições óptimas varia nos três métodos, neste sentido, o método de Aproximação de Vogel necessitou de apenas 3 iterações, o método do Menor Custo 5 iterações e o método do Canto Noroeste 7 iterações. Para Adeyeye *et al.* (2022) este método obtém a solução óptima ou a mais próxima da solução óptima, por isso, necessita de menos tempo de cálculo.

A solução óptima para a época de inverno obtida neste estudo (ver Fig. 7) indica que a fábrica da CDM deve distribuir directamente 1400 caixas a Bottle Store Muthombene, 400 caixas a Manix Bottle Store EI, 300 Sahara Bottle Store, 250 caixas a Magwere Armazém, 300 caixas a Alex Bottle Store e 500 caixas a Gunda Bottle Store, por outro lado, através do armazém da Handling no

Zimpeto devem ser distribuídas 250 caixas a Bottle Store No Maff e 600 caixas Bottle Store Pierre, EI. Na Fig. 8, a solução óptima indica que durante a época de verão a fábrica da CDM de Marracuene pode distribuir através armazém da Handling de Zimpeto cerca de 450 caixas a Bottle Store No Maff e 900 caixas Bottle Store Pierre, EI, e pode alocar directamente cerca de 2000 caixas a Bottle Store Muthombene, 600 caixas a Manix Bottle Store EI, 450 Sahara Bottle Store, 400 caixas a Magwere Armazém, 450 caixas a Alex Bottle Store e 750 caixas a Gunda Bottle Store através da equipa de *SellOut*.

A solução óptima obtida neste estudo mostra que os armazéns da Handling em Michafutene, na Baixa e na Matola foram excluídas das rotas de distribuição. Esse facto pode ser explicado pelas distâncias percorridas, que são directamente correlacionados ao custo, ou seja, quanto maior a distância que os camiões percorrem maior será o custo unitário da operação de distribuição. Além disso, o modelo não levou em conta a acumulação de produto nos armazéns em períodos de pouca procura. Por outro lado, nota-se que o armazém de Zimpeto é estrategicamente posicionado para alimentar alguns dos clientes retalhistas em análise e também o próprio armazém pode servir como ponto de retalho para clientes com menor demanda, o que resultaria em menores custos de operação de transporte.

Agadaga e Akpan (2019) também chegaram a uma conclusão similar. Nesse estudo, com o objectivo de transportar 10.000 caixas de refrigerantes Pepsi de 500 mL, o custo mínimo de 103.350,00 nairas foi obtido na solução óptima que eliminava os armazéns intermediários e a fábrica transportava os produtos directamente para os vários pontos de procura.

Do ponto de vista logístico, as soluções optimizadas indicam que a CDM poderá reduzir drasticamente o custo de transporte da cerveja 2M 550 mL (cerca de 25,3%) para os seus clientes. Adicionalmente, as rotas de distribuição levam a menores distâncias percorridas, menos tempo de distribuição e utilização de um sistema para o controlo das vendas.

CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

O objectivo deste estudo foi de analisar e otimizar os custos das operações de transporte e distribuição da cerveja 2M através do caso de estudo na fábrica CDM em Marracuene. Assim, de acordo com os resultados obtidos e as respectivas discussões, conclui-se que:

- Dos resultados da análise foi possível obter três soluções básicas iniciais e viáveis pelos métodos do Canto Noroeste, do Menor Custo e de Aproximação de Vogel. Os métodos do Canto Noroeste e Menor Custo produziram um custo mínimo de 630.550,00 e 946.350,00 meticais para as épocas de inverno e verão. Por outro lado, para as mesmas épocas, o método de Aproximação de Vogel gerou um custo mínimo de 628.700,00 e 941.000,00 meticais, respectivamente. Pelo que, o método de Aproximação de Vogel é o mais eficiente entre os 3 métodos, pois apresenta o menor custo de transporte.
- Todos os métodos descritos anteriormente, após a optimização, produziram um custo mínimo de 614.500,00 e 920.700,00 meticais para as épocas de inverno e verão, respectivamente. Com isso, todos os métodos aplicados podem obter a mesma solução óptima, porém, o método de Aproximação de Vogel necessitou apenas de 3 iterações, ou seja, menos tempo de cálculo em comparação aos outros métodos. A solução óptima obtida indica que a fábrica da CDM de Marracuene deve distribuir directamente aos clientes retalhistas 3150 caixas da cerveja 2M e 850 caixas através do armazém do Zimpeto na época de inverno. Entretanto na época de verão, a fábrica deve distribuir 1350 caixas da cerveja 2M através do armazém do Zimpeto e 4650 caixas de cerveja 2M directamente.
- Por fim, o modelo desenvolvido será útil para a tomada de decisões estratégicas por parte dos gestores logísticos da fábrica da CDM em Marracuene na alocação óptima de seus produtos aos vários clientes (retalhistas) a um custo mínimo de transporte.

6.2. Recomendações

Mediante os principais resultados e constatações do presente estudo, foram feitas as recomendações a seguir apresentadas:

- Recomenda-se que a fábrica da CDM de Marracuene adapte os resultados do modelo de transporte obtidos no estudo de modo a que o custo de transporte da cerveja 2M 550 mL possa ser minimizado;
- Recomenda-se o uso dos dados primários e das soluções derivadas, como uma fonte de informação para outros estudos relacionados com a optimização;
- Recomenda-se a elaboração de mais estudos noutros produtos da fábrica e a inclusão da fábrica da cidade de Maputo localizado no bairro do Jardim para saber como é feito o seu transporte aos retalhistas. Estes estudos poderão ajudar a reduzir os custos dos processos logísticos da CDM como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adeyeye, C., Adekola, S. e Kehinde, C. (2022). Comparison of methods of solving transportation problems (TP) and resolving the associated variations. *International Journal of Modern Statistics*, 2(2), 1–26.
2. Afonso, M. (2019, 14 de Março). Nyusi inaugura nova fábrica da Heineken e pede patrocínio para o “Moçambola.” Carta de Moçambique. Maputo, Moçambique. Acedido a 15 Janeiro de 2024, Em: <https://www.cartamz.com/index.php/empresas-marcas-e-pessoas/item/1297-nyusi-inaugura-nova-fabrica-da-heineken-e-pede-patrocinio-para-o-mocambola>.
3. Agadaga, G. O. e Akpan, N. P. (2017). Transshipment Problem and its variants: A review. *Mathematical Theory and Modeling*, 7(2), 19–32.
4. Agadaga, G. O. e Akpan, N. P. (2019). A Transshipment model of Seven-Up bottling company, Benin Plant, Nigeria. *American Journal of Operations Research*, 9(3), 129–145. <https://doi.org/10.4236/ajor.2019.93008>.
5. Aliyu, M. L., Usman, U., Babayaro, Z. e Aminu, M. K. (2019). A Minimization of the cost of transportation. *American Journal of Operational Research*, 1(1), 1–7.
6. Alo, E. A., Akinwumi, A. A. e Efunta, A. O. (2021). Effective logistic optimization through operations research transportation management techniques in the Nigerian breweries industry. *FUOYE Journal of Finance and Contemporary Issues*, 7(1), 71–78.
7. Al-Rajhi, J. M. S., Abdelwali, H. A., Ellaimony, E. E. M. e Swilem, S. A. M. (2013). A decomposition algorithm for solving a class of Bi-Criteria Multistage Transportation Problem with case study. *International Journal of Innovative Science Engineering and Technology*, 2(9), 1–25.
8. Borges, A. (2017, December 4). Heineken abre fábrica em Moçambique. *O PAÍS*. Acedido Em: <https://opais.co.mz/heineken-abre-fabrica-em-mocambique/>.
9. Borges, A. (2021, 10 de Maio). Sector de bebidas alcoólicas sofre prejuízos com restrições impostas pela COVID-19. *O PAÍS*. Acedido a 15 de Janeiro, Em: <https://opais.co.mz/o-sector-de-bebidas-alcoolicas-sofre-prejuizos-com-as-restricoes/>.
10. CDM. (2023). Relatórios Anuais e Documentos Institucionais. Cervejas de Moçambique. Maputo, Moçambique,

11. Ceretta, S. B. N., Vargas, E. J. de, Froemming, L. M., Günther, K. e Costa, V. B. (2022). Desbravando os consumidores de cerveja artesanal: Um estudo sobre hábitos e preferências de consumo. *Desenvolvimento Em Questão*, 20(58), e12026. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2022.58.12026>.
12. Croxton, K. L., Lambert, D. M., García-Dastugue, S. J. e Rogers, D. S. (2002). The demand management process. *The International Journal of Logistics Management*, 13(2), 51–66. <https://doi.org/10.1108/09574090210806423>.
13. de Paula, W. M. e Freitas, K. de P. (2015). Utilização do método do canto noroeste na programação de entregas de uma fábrica de Fortaleza, Ceará. *XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Brasil.
14. De Sousa, J. E., Pereira, F. R. R., Sousa, D. C. F., Campos, A. S., De Sousa, M. H. E. A. e Vieira, E. M. de M. (2024). O Método de aproximação de Vogel aplicado à otimização do fluxo de distribuição de um produto em uma distribuidora de bebidas. *Observatório de La Economía Latinoamericana*, 22(1), 3485–3493. <https://doi.org/10.55905/oelv22n1-183>.
15. Donovan, P. S. e Manuj, I. (2015). A Comprehensive theoretical model of the complex strategic demand management process. *Transportation Journal*, 54(2), 213–239. <https://doi.org/10.5325/transportationj.54.2.0213>.
16. Dujak, D. (2019). Supply chain management and logistics-relationship determined by competitiveness. *Economic and Social Development: Book of Proceedings*, 7(2), 258–267.
17. Garg, H., Mahmoodirad, A. e Niroomand, S. (2021). Fractional two-stage transshipment problem under uncertainty: application of the extension principle approach. *Complex e Intelligent Systems*, 7(2), 807–822. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00236-2>.
18. Hmiden, M., Ben Said, L. e Ghedira, K. (2009). Transshipment problem with uncertain customer demands and transfer lead time. *Proceedings of the International Conference on Computer e Industrial Engineering*. University of Technology of Troyes, France 6-8 July.
19. INE. (2023). *Estatísticas dos transportes e comunicações 2022*. Instituto Nacional de Estatística. Maputo, Moçambique.
20. Khurana, A. (2015a). Variants of transshipment problem. *European Transport Research Review*, 7(2), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s12544-015-0154-8>.
21. Khurana, A. (2015b). On a class of three-dimensional transshipment problems. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 7(4), 407–425.

22. Khurana, A., Verma, T. e Arora S. R. (2015). Solving time minimizing transshipment problem. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 7(2), 137–155.
23. Macuácuá, O. (2021). Selagem de cerveja vai trazer custo adicional de 5 milhões de dólares aos produtores nacionais. *O PAÍS*. Acedido 15 de Janeiro de 2024, Em: <https://Opais.Co.Mz/Selagem-de-Cerveja-Vai-Trazer-Custo-Adicional-de-Cinco-Milhoes-de-Dolares-Aos-Produtores-Nacionais/>.
24. Mills-Lamprey, G. (2009). *The optimal transportation problem of Accra Brewery Limited*. Master dissertation in Industrial Mathematics. Kwame Nkrumah University of Science and Technology. Accra Rd, Kumasi, Gana. 92 pp.
25. Orden, A. (1956). The transshipment problem. *Management Science*, 2(3), 276–285. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2.3.276>.
26. Portugal-Nemotto, S., Rojas-Salas, F. e Collao-Díaz, M. (2022). Distribution process model based on lean manufacturing and BPM to reduce costs in SMEs in the craft brewing sector. *Proceedings of the First Australian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Sydney, Australia.
27. Prokop, D. J. (2017). *Global supply chain security and management*. 1st edition, Butterworth-Heinemann. Oxford, United Kingdom. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800748-8.00001-7>.
28. Rafi, F. S. e Islam, S. (2020). A Comparative study of solving methods of transportation problem in linear programming problem. *Journal of Advances in Mathematics and Computer Science*, 45–67. <https://doi.org/10.9734/jamcs/2020/v35i530281>.
29. Ross, D. F. (2013). *Competing through supply chain management: creating market-winning strategies through supply chain partnerships*. 1st edition, Chapman and Hall. New York, USA.
30. Skutella, M. (2023). A note on the quickest minimum cost transshipment problem. *Operations Research Letters*, 51(3), 255–258. <https://doi.org/10.1016/j.orl.2023.03.005>.
31. Soomro, A. S., Tularam, G. A. e Bhayo, G. M. (2014). A comparative study of initial basic feasible solution methods. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(1), 285–289.
32. Tadei, R., Perboli, G. e Ricciardi, N. (2009). The capacitated transshipment location problem under uncertainty. *Centre Interuniversitaire de Recherchesur Les Reséauxd'enterprise*. Acedido em 5 de Fevereiro de 2024, em: <https://Www.Cirrelt.ca/DocumentsTravail/CIRRELT-2009-38.Pdf>.

33. Tiwari, S., Wee, H. M. e Daryanto, Y. (2018). Big data analytics in supply chain management between 2010 and 2016: Insights to industries. *Computers e Industrial Engineering*, 115(1), 319–330. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.11.017>.
34. Tsiatsis, V., Karnouskos, S., Höller, J., Boyle, D. e Mulligan, C. (2019). *Internet of Things*. 2nd Edition, Academic Press. New York, USA. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814435-0.00030-4>.
35. Wieland, A. e Durach, C. F. (2021). Two perspectives on supply chain resilience. *Journal of Business Logistics*, 42(3), 315–322. <https://doi.org/10.1111/jbl.12271>.

ANEXOS

ANEXO A. Marcas da Cervejas de Moçambique

Tabela 16. Marca dos produtos, Tamanho e tipo de garrafa

Marca	Tamanho da Embalagem	Tipo de Embalagem
2M	550 mL	Garrafa retornável
	250 mL	Garrafa não retornável
	330 mL	Lata
	750 mL	Garrafa retornável
2M Flow	250 mL	Garrafa não retornável
	330 mL	Lata
	490 mL	Garrafa retornável
Laurentina Preta	250 mL	Garrafa não retornável
	550 mL	Garrafa retornável
	330 mL	Lata
Manica	550 mL	Garrafa retornável
	330 mL	Lata
Impala Mandioca	550 mL	Garrafa retornável
	330 mL	Garrafa retornável
Impala Milho	500 mL	Garrafa retornável
	330 mL	Garrafa retornável
	330 mL	Lata
Dourada	500 mL	Garrafa retornável
	330 mL	Lata
Castle Lite	500 mL	Garrafa retornável
	340 mL	Garrafa não retornável
	330 mL	Lata
	250 mL	Garrafa não retornável
	500 mL	Garrafa retornável
Brutal Fruit	275 mL	Garrafa não retornável
	500 mL	Lata
Smirnoff	300 mL	Garrafa não retornável
Budweiser	330 mL	Garrafa não retornável
Stella Artois	250 mL	Garrafa não retornável
	330 mL	Garrafa não retornável
Corona	210 mL	Garrafa não retornável
	355 mL	Garrafa não retornável
2M	50 Lt	Barril

	30 Lt	Barril
Laurentina Preta	30 Lt	Barril
Castle Lite	30 Lt	Barril

ANEXO B. Rotas de distribuição da fábrica aos armazéns da Handling

ROTA 1: CDM → Handling Michafutene (19 km) e ROTA 2: CDM → Handling Zimpeto: (25 km).

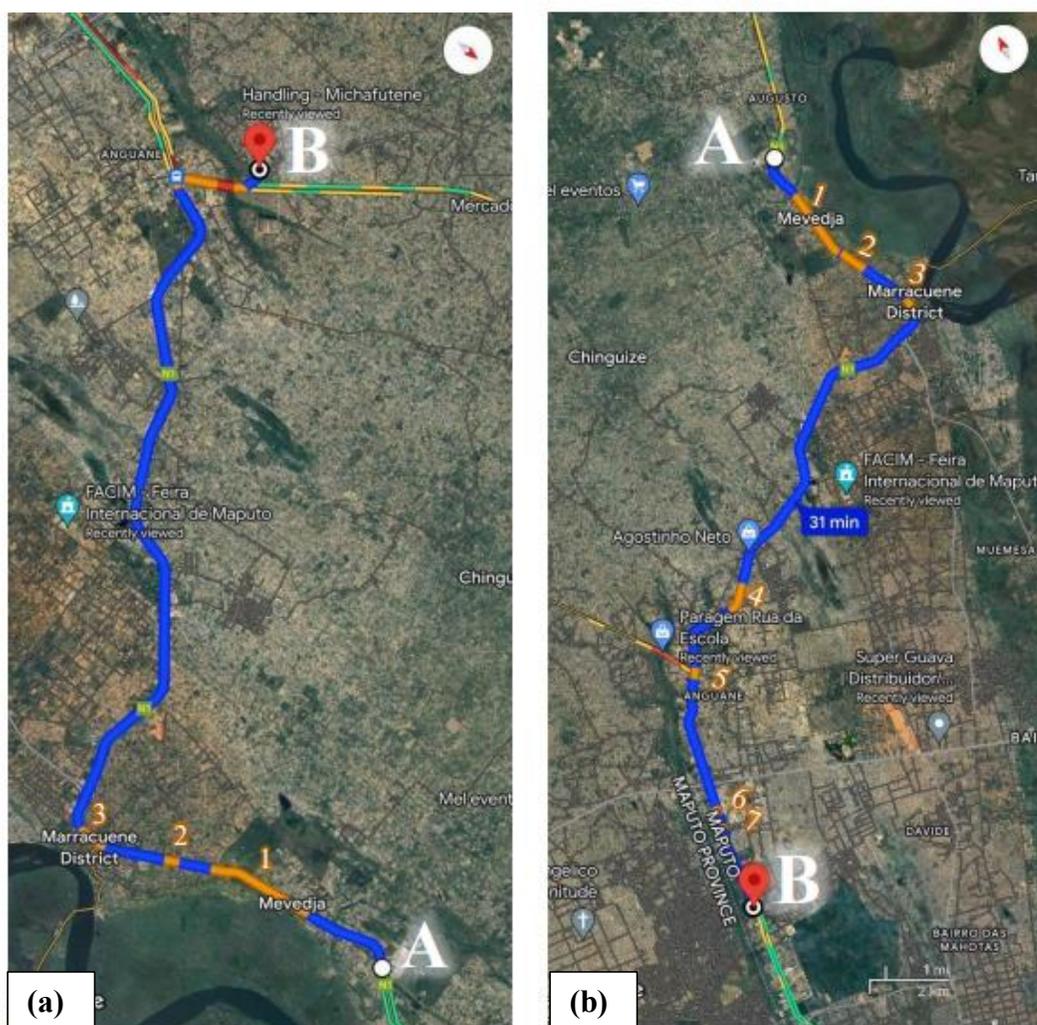


Figura A-1. Mapa de distribuição da CDM. (a) Rota CDM-Michafutene; (b) Rota CDM - Handling Zimpeto

Legenda: A – Fábrica CDM B – Handling Michafutene ● Local sem tráfego
 ● Legenda Trajecto ● Local de tráfego moderado ● Local de tráfego intenso

ROTA 3: CDM → Handling Baixa (40 km) e ROTA 3: CDM → Handling Matola (53 km).



Figura 9. Mapa de distribuição da CDM. (c) Rota CDM- Baixa; (d) Rota CDM - Handling Matola

- Legenda:** A – Fábrica CDM B – Handling Michafutene ● Local sem tráfego
 ● Legenda Trajecto ● Local de tráfego moderado ● Local de tráfego intenso

ANEXO C. Iterações dos modelos

C-1. Modelo do Canto Noroeste

Para o modelo do canto noroeste as iterações de 1 a 5 são similares, portanto, abaixo é apresentado a 6ª iteração. A 7ª e óptima iteração é apresentada nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 17. 6ª iteração para estação de inverno - método do canto noroeste

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	1400	400	300	250	0	600	300	500	0	250	0	0	4000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	0	4000
AH2	0	0	0	0	250	0	0	0	0	3750	0	0	4000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	4000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	4000
Demanda	1400	400	300	250	250	600	300	500	4000	4000	4000	4000	
Custo total (MZN)													625.300,00

Tabela 18. 6ª iteração para estação de verão - método do canto noroeste

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	2000	600	450	400	0	900	450	750	0	450	0	0	6000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	0	0	6000
AH2	0	0	0	0	450	0	0	0	0	6000	0	0	6000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	6000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	6000
Demanda	2000	600	450	400	450	900	450	750	6000	6000	6000	6000	
Custo total (MZN)													936.900,00

C-2. Modelo do Menor Custo

Tabela 19. 3ª iteração para estação de inverno - método do menor custo

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	1400	400	300	250	0	600	300	500	0	250	0	0	4000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	0	4000
AH2	0	0	0	0	250	0	0	0	0	3750	0	0	4000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	4000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	4000
Demanda	1400	400	300	250	250	600	300	500	4000	4000	4000	4000	
Custo total (MZN)													625.300,00

Tabela 20. 4ª iteração para estação de inverno - método do menor custo

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	1400	400	300	250	0	0	300	500	0	850	0	0	4000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	0	4000
AH2	0	0	0	0	250	600	0	0	0	3150	0	0	4000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	4000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	4000
Demanda	1400	400	300	250	250	600	300	500	4000	4000	4000	4000	
Custo total (MZN)												625.300,00	

Tabela 21. 3ª iteração para estação de verão - método do menor custo

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	2000	600	450	400	0	900	450	750	0	450	0	0	6000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	0	0	6000
AH2	0	0	0	0	450	0	0	0	0	5550	0	0	6000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	6000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	6000
Demanda	2000	600	450	400	450	900	450	750	6000	6000	6000	6000	
Custo total (MZN)												936.900,00	

Tabela 22. 4ª iteração para estação de verão - método do menor custo

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	2000	600	450	400	0	0	450	750	0	1350	0	0	6000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	0	0	6000
AH2	0	0	0	0	450	900	0	0	0	4650	0	0	6000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	6000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	6000
Demanda	2000	600	450	400	450	900	450	750	6000	6000	6000	6000	
Custo total (MZN)												920.700,00	

C-2. Modelo de Aproximação de Vogel

O modelo de aproximação de Vogel gerou 3 iterações, das quais 2 foram apresentadas (ver secção 5.1.2 a 5.1.3). Assim a baixo é apresentada a 2ª iteração para época de inverno e verão.

Tabela 23. 2ª iteração para estação de inverno - método aproximação de Vogel

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	1400	400	300	250	0	0	300	0	0	1350	0	0	4000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	0	4000
AH2	0	0	0	0	250	600	0	500	0	2650	0	0	4000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	4000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	4000
Demanda	1400	400	300	250	250	600	300	500	4000	4000	4000	4000	
Custo total (MZN)													625.500,00

Tabela 24. 2ª iteração para estação de verão - método aproximação de Vogel

De	Para												Fornecimento
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	AH1	AH2	AH3	AH4	
Fábrica CDM	2000	600	450	400	0	0	450	0	0	2100	0	0	6000
AH1	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	0	0	6000
AH2	0	0	0	0	450	900	0	750	0	3900	0	0	6000
AH3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	6000
AH4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	6000
Demanda	2000	600	450	400	450	900	450	750	6000	6000	6000	6000	
Custo total (MZN)													937.200,00