

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Aplicação de algoritmos de otimização para a melhoria do retorno do investimento em "*Glass Door Merchandiser*" de uma engarrafadora da Coca-Cola Company

Celina Morais Lima

Dissertação de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Matemática, Estatística e Computação Aplicadas à Indústria (MECAI)

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Celina Morais Lima

Aplicação de algoritmos de otimização para a melhoria do retorno do investimento em "*Glass Door Merchandiser*" de uma engarrafadora da Coca-Cola Company

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra – Mestrado Profissional em Matemática, Estatística e Computação Aplicadas à Indústria.
EXEMPLAR DE DEFESA

Área de Concentração: Matemática, Estatística e Computação

Orientador: Prof. Dr. Antônio Castelo Filho

USP – São Carlos
Maio de 2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)

M827a Morais Lima, Celina
 Aplicação de algoritmos de otimização para a
 melhoria do retorno do investimento em "Glass Door
 Merchandiser" de uma engarrafadora da Coca-Cola
 Company / Celina Morais Lima; orientador Antônio
 Castelo Filho. -- São Carlos, 2023.
 97 p.

 Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
 em Mestrado Profissional em Matemática, Estatística
 e Computação Aplicadas à Indústria) -- Instituto de
 Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade
 de São Paulo, 2023.

 1. Otimização. 2. Programação Inteira. 3. Coca-
 Cola. 4. ROI. 5. Geladeira. I. Castelo Filho,
 Antônio, orient. II. Título.

Celina Morais Lima

Application of optimization algorithms to improve return on investment in Glass Door Merchandiser in the Coca-Cola Company's bottling partner

Master dissertation submitted to the Institute of Mathematics and Computer Sciences – ICMC-USP, in partial fulfillment of the requirements for the degree of the Master – Professional Masters in Mathematics, Statistics and Computing Applied to Industry. *EXAMINATION BOARD PRESENTATION COPY*

Concentration Area: Mathematics, Statistics and Computing

Advisor: Prof. Dr. Antônio Castelo Filho

USP – São Carlos
May 2023

*Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.
Em especial, ao pesquisadores do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC).*

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, que sempre me motivou a continuar os estudos e a vida, não importa o que aconteça, serei eternamente grata por ter dividido a sua existência e ensinamentos comigo.

Ao meu pai que sempre me apoiou e contribuiu para os meus estudos.

Aos meus irmãos Cecília, Carolina, Mellky e Janete que além de serem minha família sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas.

À Sônia e à Meire, a primeira a quem sempre tive como uma segunda mãe, tenho um imenso carinho e respeito. A segunda uma amiga para toda a vida a quem sempre admirei e a quem minha mãe sempre depositou muito carinho e confiança.

Ao meu companheiro Alan, um cara que admiro e que me acompanha há anos nessa jornada de cursos e engenharias, me apoiando, aguentando os estresses, compartilhando os bons e maus momentos da vida.

Ao meu amigo Jeymyson, que se tornou um irmão, muito querido, praticamente da família hoje. Um cara que sempre admirei pela sua persistência e maturidade para a vida. Meu conselheiro e parceiro para todos os momentos, sempre me apoiando e me estimulando a crescer.

À Ana Beatriz, minha grande amiga, com seu ar leve e descontraído, sempre esteve presente, me aconselhando e motivando, minha parceira de viagem, restaurantes e de vida. Uma das pessoas que mais admiro nessa vida.

A Jô, Joice e Mariana, esse trio incrível de amigas que há anos faz parte da minha vida, aperfeiçoando sempre o conceito de amizade, e contribuindo muito para eu ser quem eu sou hoje.

Agradeço ainda à Universidade de São Paulo (USP) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela estrutura e apoio educacional oferecidos, e aos professores do programa Mestrado Profissional em Matemática, Estatística e Computação Aplicadas à Indústria (MECAI), especialmente ao meu orientador Antonio Castelo Filho pela paciência e conhecimento compartilhado.

*“As invenções são, sobretudo,
o resultado de um trabalho de teimoso.”
(Santos Dumont)*

RESUMO

LIMA, C. M. **Aplicação de algoritmos de otimização para a melhoria do retorno do investimento em "Glass Door Merchandiser" de uma engarrafadora da Coca-Cola Company.** 2023. 97 p. Dissertação (Mestrado – Mestrado Profissional em Matemática, Estatística e Computação Aplicadas à Indústria) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2023.

Para suportar o crescimento rápido das grandes organizações e a velocidade que os negócios acontecem cada vez mais as empresas necessitam fazer uso de dados e técnicas de advanced analytics para conduzir as tomadas de decisões necessárias para garantir uma boa gestão do investimento, possibilitando aumento de receita, ou seja, aumentando o aumento do crescimento top-line que é um dos objetivos estratégicos de várias empresas de bens de consumo.

Aumentar a receita da empresa, através de uma melhoria na gestão dos investimentos ainda é um dos grandes desafios para muitas empresas de bens de consumo. Em uma das engarrafadoras do sistema Coca-Cola no Brasil, um dos grandes desafios é a otimização dos investimentos, principalmente o aumento do Retorno do Investimento (ROI).

Análises de viabilidade financeira isoladamente, não são mais suficientes para se solucionar os problemas complexos de diversos setores das empresas, com o intuito de melhorar o aumento da receita. Então, a ciência de dados torna-se uma grande ferramenta que auxilia na resolução de problemas reais das empresas. Análises descritivas para o diagnóstico do parque de Glass Door Merchandiser (GDM), ou seja, fazendo uma identificação de perfis de clientes e geladeiras com retorno positivo, seguindo depois com análise preditivas, a partir da criação de algoritmos supervisionados de classificação como Arvore de Decisão capazes de prever os clientes com maior potencial de terem retorno do investimento, finalizando com análises de otimização para se identificar qual seria o maior ROI no parque de *GDM*, a partir do uso de modelos estatísticos e matemáticos, dentre eles, programação linear inteira, que é uma técnica que permite estabelecer a mistura ótima de diversas variáveis segundo uma função objetivo e satisfazendo um conjunto de restrições.

Palavras-chave: Otimização, Programação Inteira, Coca-Cola, ROI, Geladeira.

ABSTRACT

LIMA, C. M. **Application of optimization algorithms to improve return on investment in Glass Door Merchandiser in the Coca-Cola Company's bottling partner.** 2023. 97 p. Dissertação (Mestrado – Mestrado Profissional em Matemática, Estatística e Computação Aplicadas à Indústria) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2023.

To support the rapid growth of large organizations and the increasing speed at which business happens, companies increasingly need to leverage data and advanced analytics techniques to drive the necessary decision-making processes for effective investment management. This enables revenue growth, in other words, increasing top-line growth, which is a strategic objective for many consumer goods companies.

Increasing company revenue through improved investment management remains one of the major challenges for many consumer goods companies. One of the bottlers in the Coca-Cola system in Brazil faces the significant challenge of optimizing investments, particularly increasing Return on Investment (ROI).

Financial feasibility analyses alone are no longer sufficient to solve the complex problems across various sectors of companies in order to improve revenue growth. Therefore, data science has become a powerful tool that assists in addressing real-world business problems. Descriptive analyses for diagnosing the *Glass Door Merchandiser*, i.e., identifying customer and *GDMs* models with positive returns, are followed by predictive analyses using supervised classification algorithms such as Decision Trees, capable of predicting customers with the highest potential for ROI. Finally, optimization analyses are conducted to identify the highest ROI within the *GDM*, utilizing statistical and mathematical models, including integer linear programming. This technique allows for determining the optimal combination of various variables based on an objective function while satisfying a set of constraints.

Keywords: Optimization, Integer Programming, Coca-Cola, ROI, Glass Door Merchandiser.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução Histórica da Receita das Empresas de Bens de Consumo	34
Figura 2 – Funcionamneto do Sistema Coca-Cola	39
Figura 3 – Engarrafadoras do Sistema Coca Cola no Brasil	40
Figura 4 – Geladeira da Coca Cola	41
Figura 5 – Jornada de Dados	64
Figura 6 – Ranking de Priorização - Perfil de Clientes	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplo de Fluxo de Caixa	45
--	----

LISTA DE ALGORITMOS

Algoritmo 1 – Algoritmo Simplex	57
---	----

LISTA DE CÓDIGOS-FONTE

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de Geladeiras por Estado e Ano	68
Tabela 2 – Percentual de Alocação de Geladeiras por estado e ano	68
Tabela 3 – Quantidade e percentual de Alocação de Geladeiras por Ranking	69
Tabela 4 – Perfil de Clientes com geladeira por UF - Média	69
Tabela 5 – Perfil de Clientes com geladeira por UF - Mediana	70
Tabela 6 – Perfil de Clientes com geladeira por Ranking - Média	70
Tabela 7 – Perfil de Clientes com geladeira por Ranking - Mediana	70
Tabela 8 – Custos de Geladeira por UF (2020 a 2022)- Média	71
Tabela 9 – Perfil de Cliente sem Geladeira para 2023 - Ranking	71
Tabela 10 – Perfil de Cliente sem Geladeira para 2023 - UF	72
Tabela 11 – Perfil de Cliente sem Geladeira para 2023 - Ranking	72
Tabela 12 – Perfil de Cliente sem Geladeira para 2023 - UF	73
Tabela 13 – Custos da Geladeira em 2023 - UF	74
Tabela 14 – Alocação das Geladeira em 2023 - UF	75
Tabela 15 – Variáveis de Decisão - P1	76
Tabela 16 – Restrições de Quantidades e Percentual de Alocação	78
Tabela 17 – Variáveis de Decisão	80
Tabela 18 – Tabela de Restrições Problema 2	81
Tabela 19 – Tabela de Resultados - Parque de Geladeiras (Ano 2022)	88
Tabela 20 – Resultados Modelo de Otimização 1	89
Tabela 21 – Tabela de Resultados	90
Tabela 22 – Tabela de Resultados - Parque de Geladeiras (2022 e 2023)	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAPEX	Investimentos em bens de capital
DAs	Distribuidores Autorizados
GDM	Glass Door Merchandiser
GDM	Glass Door Merchandizer
MECAI	Mestrado Profissional em Matemática, Estatística e Computação Aplicadas à Indústria
OPEX	Operational Expenditures
Payback	Tempo Médio do Retorno do Investimento
PDV	Ponto de Venda
PI	Programação Inteira
PL	Programação Linear
PLI	Programação Linear Inteira
RI	Relação com os Investidores
ROI	Retorno do Investimento
ROI	Retorno sobre o Investimento
TIR	Taxa Interna de Retorno
UF	Unidade Federativa
USP	Universidade de São Paulo
VPL	Valor Presente Líquido
WACC	Custo Médio Ponderado de capital

LISTA DE SÍMBOLOS

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	33
1.1	Contexto	33
1.2	Motivação	34
1.3	Objetivos	36
1.3.1	<i>Objetivos Gerais</i>	36
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	36
1.4	Organização do trabalho	37
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	39
2.1	Sistema Coca Cola	39
2.1.1	<i>Sistema Coca Cola Brasil</i>	40
2.2	Geladeiras	40
2.2.1	<i>Investimento em Geladeiras</i>	42
2.2.2	<i>Lista Foco</i>	42
2.3	Gestão do Investimento	43
2.3.1	<i>Análise de Viabilidade Financeira</i>	44
2.3.1.1	<i>Valor Presente Líquido</i>	44
2.3.1.1.1	Fluxos de Caixa	45
2.3.1.2	<i>Payback</i>	45
2.3.1.2.1	Payback Simples	46
2.3.1.2.2	Payback Descontado	46
2.3.1.3	<i>Taxa de Juros</i>	47
2.3.1.3.1	Custo Médio Ponderado de Capital	48
2.3.1.4	<i>Retorno do Investimento</i>	48
2.3.2	<i>Investimento em Bens de Capital ou Ativos</i>	49
2.4	Métodos Quantitativos na Gestão de Investimento em Geladeiras	50
2.4.1	<i>Análise Descritiva</i>	50
2.4.2	<i>Análise Preditiva</i>	51
2.4.3	<i>Otimização</i>	52
2.5	Pesquisa Operacional	53
2.5.1	<i>Programação Matemática</i>	53
2.5.1.1	<i>Modelagem Matemática</i>	54
2.5.1.1.1	Procedimentos para Construção de um Modelo Matemático	54

2.5.1.2	<i>Programação Linear</i>	55
2.5.1.2.1	<i>Método Simplex</i>	57
2.5.1.3	<i>Programação Inteira</i>	58
2.5.1.3.1	<i>Métodos ‘branch-and-bound’ e ‘branch-and-cut’</i>	59
2.5.1.4	<i>Programação Não Linear</i>	59
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	61
3.1	Aspectos Gerais da pesquisa	61
3.2	Definição do Problema	62
3.2.1	<i>A Empresa e seus objetivos estratégicos</i>	62
3.2.1.1	<i>Aumentar Crescimento Top-line</i>	63
3.2.2	<i>Dados do Parque de Geladeiras</i>	63
3.2.2.1	<i>Prioridades do Negócio</i>	63
3.2.3	<i>Análise Diagnóstica do Parque da Geladeira</i>	66
3.2.3.1	<i>Alocação de Geladeiras</i>	66
3.2.3.2	<i>Perfil de Clientes com Geladeiras</i>	66
3.2.3.3	<i>Custos das Geladeiras</i>	67
3.2.4	<i>Análise Preditiva do Parque de Geladeira</i>	69
3.2.4.1	<i>Modelo Preditivo</i>	69
3.2.4.2	<i>Perfil de Clientes sem Geladeira 2023</i>	71
3.2.4.2.1	<i>Clientes com VPL Positivo</i>	71
3.2.5	<i>Investimento, Custos e Alocação das Geladeiras em 2023</i>	72
3.2.5.1	<i>Custos das Geladeira em 2023</i>	73
3.2.5.2	<i>Alocação de Geladeira 2023</i>	73
3.3	Modelagem do Problema - Otimizar o ROI do Parque de Geladeiras	75
3.3.1	<i>Problema 1: Maximizar a quantidade de geladeiras por UF</i>	76
3.3.1.1	<i>Variáveis de Decisão</i>	76
3.3.1.2	<i>Função Objetivo</i>	77
3.3.1.3	<i>Restrições</i>	77
3.3.1.3.1	<i>Restrição do Valor do Investimento</i>	77
3.3.1.3.2	<i>Restrição Quantidades de Geladeiras</i>	77
3.3.1.4	<i>Modelo de Otimização 1</i>	78
3.3.2	<i>Problema 2: Maximizar o ROI em cada UF</i>	79
3.3.2.1	<i>Variáveis de Decisão</i>	79
3.3.2.2	<i>Função Objetivo</i>	79
3.3.2.3	<i>Restrições do Problema</i>	81
3.3.2.4	<i>Modelo de Otimização 2</i>	81
3.3.3	<i>Maximizar o ROI do Parque de Geladeiras</i>	84

4	APLICAÇÃO DE ALGORITMOS DE OTIMIZAÇÃO NO PARQUE DE GELADEIRAS	87
4.1	Ambiente para Desenvolvimento dos Resultados	87
4.2	Análises Exploratórias do Parque de Geladeira	87
4.3	Resultados do Modelo de Otimização no Parque Geladeiras	88
4.4	Resultados do Modelo de Maximização do <i>ROI</i> do Parque de Geladeiras	90
5	CONCLUSÕES	91
5.1	Considerações sobre os Resultados	91
5.1.1	<i>Limitações e Trabalhos Futuros</i>	92
	REFERÊNCIAS	95
ANEXO A	PÁGINAS INTERESSANTES NA INTERNET	97

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

O planejamento estratégico é uma prática no mundo dos negócios muito importante devido aos benefícios que traz às organizações. Dentre esses benefícios, destaca-se a elevação da eficiência, eficácia e efetividade da organização, pois contribui para evitar a desorganização das operações, bem como para o aumento da racionalidade das decisões, reduzindo os riscos e aumentando as possibilidades de alcançar os objetivos traçados. (CHIAVENATO, 2014)

O aumento da produtividade das organizações aliado à manutenção dos indicadores de qualidade e performance financeira são objetivos permanentes no planejamento estratégico das empresas. Planejamento esse que desdobra-se em planejamentos táticos que por sua vez se desdobram em planejamentos operacionais.

Definido no nível institucional, o planejamento estratégico é genérico e sintético, ou seja, para toda a empresa. Tratado a longo prazo, geralmente 5 anos, e macro-orientado, abordando a organização como um todo. Já o planejamento tático é definido no nível intermediário, é menos genérico e mais detalhado, ele aborda quatro grandes planos: Financeiro, Marketing, Produção e Gestão de Pessoas. Tratado a médio prazo, em torno de 1 ano e aborda cada unidade organizacional isoladamente. Por fim, o planejamento operacional é definido no nível operacional ou de supervisão e trabalha no curto prazo, geralmente menos de 1 ano.

Em toda empresa, dentro do planejamento tático, o planejamento financeiro é um dos mais importantes, pois formaliza o método pelo qual as metas financeiras devem ser alcançadas, sendo uma declaração formal do que deve ser feito no futuro. Esse planejamento desdobra-se em: fluxo de caixa, plano de investimentos e plano de Aplicações. (CHIAVENATO, 2014)

O Plano de investimentos tem por função detalhar os investimentos planejados, especialmente os de ampliação do ativo permanente da empresa, que visam atingir as metas de produção e vendas fixadas para o futuro, as quais dependem da existência de capacidade de produção. São

previstas tanto aquisições de itens do ativo imobilizado, tais como novas máquinas, equipamentos ou móveis, como também aquisição de participação acionária em outras empresas. Além do valor de custo, no caso de itens dos ativos imobilizado e diferido, inclui o custo corrigido, a depreciação, a exaustão e amortização acumuladas. (ROSS *et al.*, 2016)

O desenvolvimento de um modelo robusto para o sucesso de uma estratégia empresarial pode ser realizado por meio de uma boa gestão dos investimentos associada a uma seleção de projetos, pois ambos juntos farão com que os objetivos estratégicos, tais como aumento de receita, aumento do lucro operacional e aumento de produtividade da organização sejam alcançados..

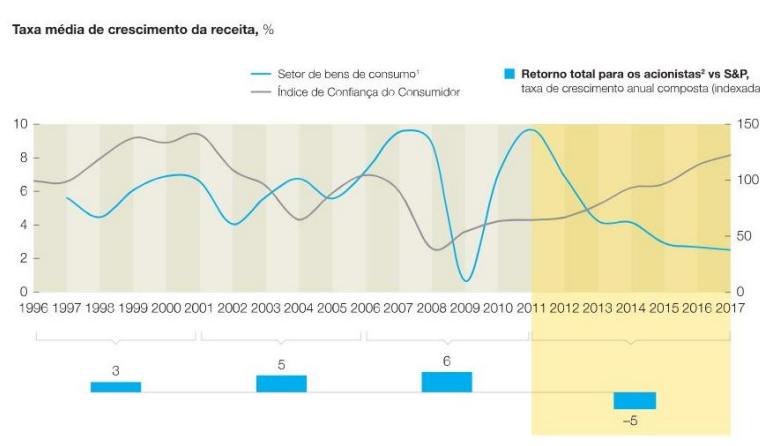
E para suportar esse planejamento estratégico, o crescimento rápido das informações e a velocidade com que os negócios acontecem, cada vez mais as empresas necessitam fazer uso de dados e técnicas de advanced analytics para conduzir as tomadas de decisões necessárias para garantir uma boa gestão do investimento, possibilitando um retorno satisfatório dos investimentos.

Desse modo, muitas empresas possui recursos financeiros limitados, fazendo com que as tomadas de decisões tenham que ser otimizadas ao máximo para que os retornos sejam expressivos.

1.2 Motivação

Segundo dados da consultoria [McKinsey & Company](#) (), a indústria de bens de consumo tem um longo histórico de geração de crescimento confiável de marcas populares. No entanto, o modelo que alimentou seu sucesso enfrenta agora grande pressão diante da mudança do comportamento do consumidor e do cenário de canais. Para vencer nas próximas décadas, as empresas desse setor precisam depender menos das marcas populares e dos canais offline e adotar um modelo operacional ágil focado na relevância da marca e melhoria de processos, e não em suas sinergias.

Figura 1 – Evolução Histórica da Receita das Empresas de Bens de Consumo



Fonte: [McKinsey & Company](#) ().

Por muitas décadas, foi inegável o sucesso do mercado de bens de consumo. Em 2010, esse mercado ostentava 23 das 100 maiores marcas do mundo e, havia 45 anos, vinha aumentando o retorno total ao acionista em quase 15% ao ano – atrás somente da indústria de base.

Além disso, os fatores que retardam o crescimento do setor de bens de consumo são estruturais em alguns aspectos: os consumidores estão mudando, os canais de vendas estão se fragmentando e os concorrentes menores e rápidos estão em ascensão. As barreiras competitivas das grandes empresas de bens de consumo foram corroídas. Toda grande empresa do setor deve ter uma estratégia para enfrentar essas tendências porque elas não estão prestes a desaparecer.

Dadas essas dificuldades, as taxas de crescimento das grandes empresas de bens de consumo continuarão sob pressão, a menos que elas combatam a inércia em seus modelos de crescimento atuais. E não há solução única para o desafio do crescimento; na verdade, são necessárias mudanças em múltiplas dimensões. Dentre estas dimensões podemos destacar *Advanced Analytics* e Automação, que vêm ganhando importância rapidamente no setor de bens de consumo. Com relação a *advanced analytics*, algumas empresas do setor estão buscando intensamente uma ampla gama de casos de uso, com a finalidade de melhorar processos e aumentar receita, inclusive muitos aspectos do marketing digital e da personalização de marketing, otimização de preços e promoções, eficácia da força de vendas, otimização do merchandising na loja e otimização do retorno de investimentos.

Aumentar a receita da empresa, através de uma melhoria na gestão dos investimentos ainda é um dos grandes desafios para muitas empresas de bens de consumo. Na empresa, que é objeto de estudo dessa pesquisa, uma das engarrafadoras do sistema Coca-Cola no Brasil, o mesmo ocorre, principalmente quando o assunto é o Retorno do Investimento (ROI). Atualmente, um dos maiores investimentos dessa empresa é em ativos de geladeira, em torno de 50. Essas geladeiras são fornecidas aos seus clientes, em forma de comodato, tendo como objetivo principal o aumento de vendas para esses clientes.

O aumento de vendas por sua vez aumenta a receita da empresa. O investimento nessas geladeiras, também tem como objetivo secundário fazer uma blindagem de mercado, ou seja, não deixar que empresas concorrentes aumentem seu share de mercado.

Um dos problemas atuais desse parque de geladeiras é que somente 60% em média dos clientes que receberam essa geladeira, conseguiram aumentar suas vendas o suficiente a ponto de darem o retorno do investimento.

O valor desse investimento a cada ano tem o intuito de aumentar a cobertura de clientes com geladeira e share da empresa, porém entre os desafios ainda temos a diminuição do custo médio total da geladeira, o aumento percentual de clientes com *ROI*, o aumento do Valor Presente Líquido (VPL) gerado por cliente e o .

Diante da motivação e problemática apresentada, essa dissertação tem por objetivo principal propor um modelo matemático de otimização do *ROI*, que possibilite uma melhor

gestão do investimento em ativos na empresa.

Técnicas de ciências de dados serão utilizadas em todo o processo, iniciando com análises descritivas para o diagnóstico do parque de geladeiras, ou seja, fazendo uma identificação de perfis de clientes e geladeiras com retorno positivo, seguindo depois com análise preditivas, a partir da criação de algoritmos supervisionados de classificação como Arvore de Decisão capazes de prever os clientes com maior potencial de terem retorno do investimento, finalizando com análises de otimização para se identificar qual seria o maior *ROI* no parque de geladeiras, a partir do uso de modelos estatísticos e matemáticos, dentre eles, programação linear inteira, que é uma técnica que permite estabelecer a mistura ótima de diversas variáveis segundo uma função objetivo e satisfazendo um conjunto de restrições.

1.3 Objetivos

A seguir, é exposto o objetivo geral dessa dissertação, bem como os objetivos específicos relacionados.

1.3.1 *Objetivos Gerais*

Desenvolver e analisar um modelo matemático de otimização, baseado em programação linear inteira com o objetivo de melhorar o retorno do investimento do parque de geladeiras de uma empresa, definindo a melhor distribuição de geladeiras em cada estado, selecionando clientes, cujo perfil apresentam o maior potencial de retorno do investimento, considerando as regras do negócio, opiniões dos tomadores de decisão e restrições de diferentes natureza.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

1. Determinar um percentual de alocação mínima e máxima para cada estado, possibilitando uma diversificação do investimento;
2. Determinar a quantidade de geladeiras por estado que maximiza a cobertura do parque, com foco na diminuição do custo médio da geladeira;
3. Determinar a quantidade de geladeiras por estado que maximiza a cobertura do parque, com foco na maximização do *VPL* e *ROI*;
4. Aumentar a estimativa de *VPL* por geladeira;
5. Melhorar o *Payback* do Parque de Geladeiras;
6. Criar uma lista preditiva e otimizada de clientes por estado para receber uma geladeira;
7. Identificar como o modelo pode auxiliar os gestores da empresa a fazer uma melhor gestão do investimneto e tomadas de decisão mais assertivas;

8. Aplicar o modelo na empresa, segundo suas regras de negócio e particularidades;

1.4 Organização do trabalho

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos. O Capítulo 1 apresenta o tema, trazendo o contexto e motivações para a orientação deste trabalho, mostrando tanto objetivos gerais, como específicos e a estrutura do mesmo.

Já no Capítulo 2, temos a fundamentação teórica necessária para condução deste trabalho. É subdividido em quatro seções. A primeira aborda o Sistema Coca Cola e a Companhia no Brasil. A segunda apresenta o tema de Geladeiras, a terceira analisa a gestão de investimentos e seus aspectos financeiros e, por fim, a quarta seção cita os Métodos Quantitativos na Gestão de Investimento em Geladeiras.

A metodologia de pesquisa encontra-se no Capítulo 3, sendo subdividida em três grandes seções que abordam o método de pesquisa utilizado, o problema e suas condições iniciais e, por último, as etapas para a modelagem do problema, definindo-se as variáveis de decisão, as restrições, as funções objetivas e os modelos de otimização propostos.

No Capítulo 4 aborda-se: a aplicação do modelo de otimização, os resultados e análise das restrições e as proposições de melhorias e ajustes, visando a otimização do retorno do investimento.

Finalmente, tem-se o Capítulo 5, com as conclusões, onde são realizados comentários sobre os objetivos e os resultados obtidos, as vantagens e limitações do modelo proposto e propostas para trabalhos futuros.

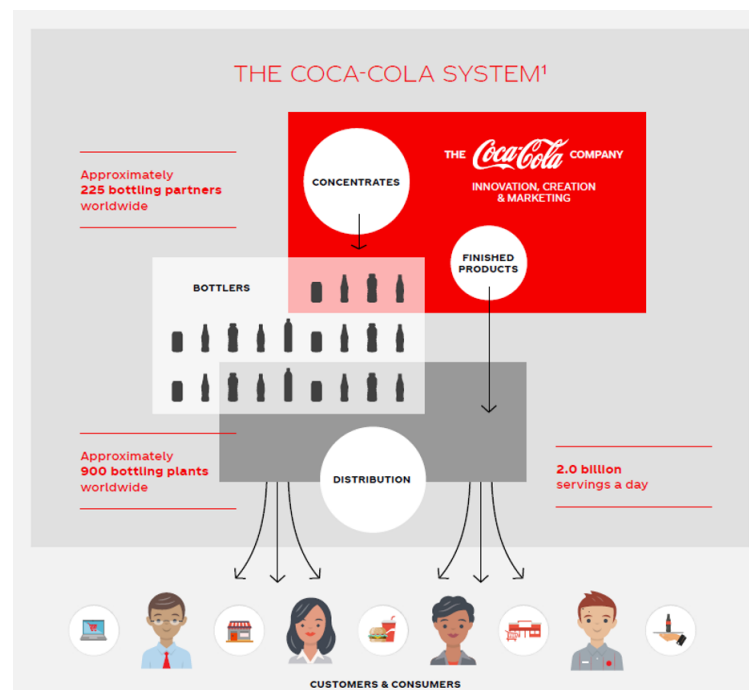
Adicionalmente, tem-se ainda as referências e os anexos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistema Coca Cola

O sistema Coca-Cola é uma empresa multinacional de bebidas que utiliza uma ampla rede de distribuição para levar seus produtos ao mercado.

Figura 2 – Funcionamento do Sistema Coca-Cola



Fonte: [The Coca-Cola Company \(2022\)](#).

2.1.1 Sistema Coca Cola Brasil

A Coca-Cola Brasil é uma das maiores engarrafadoras da The Coca-Cola Company no mundo, segundo os dados da companhia. Ela opera por meio de suas franquias engarrafadoras, que são empresas independentes responsáveis por fabricar, distribuir e comercializar os produtos da Coca-Cola em determinadas regiões do Brasil.

A Coca-Cola Brasil possui um modelo de negócios conhecido como Sistema Coca-Cola Brasil, que envolve diferentes engarrafadoras autorizadas a atuar em diferentes territórios. Essas engarrafadoras são responsáveis por operar as fábricas de engarrafamento e distribuição em suas respectivas regiões.

Algumas das principais engarrafadoras autorizadas da Coca-Cola Brasil são:

Figura 3 – Engarrafadoras do Sistema Coca Cola no Brasil



Fonte: Coca-Cola Brasil (2022).

- Coca-Cola Andina Brasil Ltda
- Coca-Cola FEMSA Brasil
- Coca-Cola SolarBr S.A.
- Refrescos Bandeirantes Ltda.:

2.2 Geladeiras

A distribuição de geladeiras da Coca-Cola é uma das estratégias que a empresa utiliza para promover e aumentar a visibilidade de suas marcas.

A distribuição de geladeiras da Coca-Cola é feita em parceria com vários estabelecimentos comerciais, como restaurantes, bares, supermercados e lojas de conveniência. Essas

geladeiras são projetadas especialmente para armazenar e refrigerar as bebidas da Coca-Cola, como refrigerantes, sucos, águas e energéticos. Esses estabelecimentos comerciais parceiros são chamados de clientes ou Ponto de Venda (PDV) dessas engarrafadoras.

As geladeiras, também chamadas de Glass Door Merchandizer (GDM), são fornecidas aos estabelecimentos como parte de acordos comerciais, nos quais a Coca-Cola garante o fornecimento regular de seus produtos em troca da disponibilidade de espaço nas geladeiras para a exposição e venda das bebidas da empresa. Isso proporciona uma vantagem competitiva para a Coca-Cola, já que seus produtos são mantidos em temperatura ideal e estão prontamente disponíveis para os consumidores.

Essas geladeiras costumam ser personalizadas com a marca e o logotipo da empresa, o que contribui para a identificação visual e a promoção da marca. Essa estratégia de distribuição é conhecida como marketing de ponto de venda e tem como objetivo aumentar a demanda e impulsionar as vendas dos produtos da Coca-Cola.

Figura 4 – Geladeira da Coca Cola



Fonte: [Coca-Cola Brasil \(2022\)](#).

É importante ressaltar que os detalhes específicos do programa de distribuição de geladeiras da Coca-Cola podem variar de acordo com o país e a região. A empresa adapta suas estratégias de distribuição de acordo com as necessidades e características de cada mercado em que atua.

O programa de distribuição de ativos geridos pelo departamento de planejamento Logístico, a qual correspondem alguns dos maiores investimentos da empresa, incluem:

- **Geladeiras;**
- **Chopeiras;**
- **Vasilhames.**

O foco da dissertação será direcionado apenas as geladeiras, que são descritas como geladeiras de diversos tipos e tamanhos, sendo responsáveis por trazer valor agregado, volume e receita adicional para a empresa. AS GDMs são instaladas nos diversos *PDVs* diretamente pela equipe da empresa nas capitais, regiões metropolitanas e grandes cidades, como também pelos Distribuidores Autorizados (DAs) nas outras cidades.

Essas geladeiras são voltadas para o armazenamento apenas de produtos do portfólio Coca-Cola e são divididas de acordo com sua capacidade, canal (Tradicional, Frio, AS5+, entre outros) e curva (A,B,C,D,E), onde o *PDV* está situado. Como a margem de contribuição desses produtos tem uma variação considerável, as GDMs, são divididas, conforme as categorias:

- Single Serve: Aporta os SKUs de embalagem pequena (Até 600 ml);
- Multi Serve: Aporta os SKUs de embalagens maiores, destinadas as famílias (Maior que 600 ml).

2.2.1 Investimento em Geladeiras

O investimento para a compra de novas *GDMs* é realizado em fases, o que leva a priorizar a entrega do ativo para os clientes com maior potencial de retorno no período de 12 meses. Esses clientes em potencial estão descritos na Lista Foco Preditiva, o que nos leva a concluir que o primeiro passo de todo o processo é a geração da Lista Foco Preditiva para posterior aquisição das *GDMs*. Todo esse processo de aquisição leva em consideração fatores como estado, unidade de negócio e diferentes modelos dos equipamentos. Porém, aqui nesse trabalho só será levado em consideração um modelo de equipamento, que é o modelo *Pivot*, por se mostrar o mais eficiente nas análises diagnósticas do parque de geladeira

No início de cada ano, já existe todo um planejamento de instalação, juntamente com a meta de cada estado. As *GDMs* são recebidas e se dá início a todo o processo de distribuição dessas geladeiras para os clientes presentes na lista foco preditiva.

O Processo de aquisição e instalação das geladeiras nos clientes é apresentado no fluxo abaixo:

2.2.2 Lista Foco

A lista foco é uma lista na qual consta todos os clientes que não possuem geladeira. Essa lista gera em torno de 100 mil clientes com potencial de retorno, porém para a geração da Lista Foco, os clientes são filtrados e ordenados de acordo com seu potencial. Essa lista possui uma oportunidade 4 a 5 vezes superior a capacidade de investimento anual para compra de *GDMs*. O objetivo da Lista Foco é reunir os clientes com os maiores potenciais de retorno, levando em consideração o cruzamento de diversas variáveis.

2.3 Gestão do Investimento

A gestão de investimentos em uma empresa é uma atividade crucial para otimizar a alocação de recursos financeiros e maximizar o *ROI*. Envolve o processo de tomar decisões estratégicas sobre como a empresa aloca seus recursos financeiros disponíveis em diferentes ativos, projetos ou oportunidades de investimento. (ROSS *et al.*, 2016)

Em qualquer empresa para se ter uma boa gestão de investimentos é necessário seguir os seguintes passos:

- **Estabelecimento de metas:** Definir claramente os objetivos financeiros da empresa, como maximizar o retorno sobre o investimento, minimizar os riscos ou atingir um determinado crescimento financeiro.
- **Avaliação de riscos:** Analisar os riscos associados a diferentes tipos de investimento, considerando fatores como volatilidade do mercado, risco político, risco financeiro, entre outros. Isso ajudará a determinar a tolerância ao risco da empresa e a selecionar os investimentos mais adequados.
- **Análise de oportunidades:** Identifique e avalie várias oportunidades de investimento disponíveis, como aquisições, expansões de negócios, lançamento de novos produtos ou investimentos em mercados financeiros. Realize análises financeiras detalhadas e estudos de viabilidade para cada oportunidade.
- **Tomada de decisão:** Com base nas metas da empresa, na avaliação de riscos e na análise de oportunidades, tomar decisões informadas sobre os investimentos a serem realizados. Isso pode envolver a priorização de investimentos, a alocação de recursos e a definição de estratégias de investimento.
- **Monitoramento e controle:** Acompanhar regularmente o desempenho dos investimentos realizados. Implemente sistemas de monitoramento e controle para avaliar se os investimentos estão alcançando os resultados esperados. Faça ajustes ou tomada de decisões corretivas, se necessário.
- **Diversificação:** Considerar a diversificação de investimentos para reduzir o risco global. Ao distribuir os recursos em diferentes tipos de ativos, setores ou regiões geográficas, a empresa pode minimizar a exposição a eventos adversos específicos.
- **Reavaliação periódica:** Realizar revisões regulares da estratégia de investimento da empresa e fazer ajustes conforme necessário. As condições do mercado e as metas da empresa podem mudar ao longo do tempo, portanto, é importante adaptar a gestão de investimentos de acordo.

A gestão de investimentos requer análise de dados, conhecimento do mercado financeiro, habilidades de tomada de decisão e compreensão dos objetivos da empresa.

Análise de viabilidade financeira são ótimas para determinar se a gestão de um investimento está sendo eficiente, viável ou lucrativa.

2.3.1 Análise de Viabilidade Financeira

A Avaliação de Viabilidade Financeira é um processo utilizado para determinar se um projeto, **investimento** ou negócio é economicamente viável. Seu objetivo é analisar se uma determinada empreitada tem a capacidade de gerar retornos financeiros satisfatórios. Nessa análise, são considerados diversos aspectos financeiros, como os investimentos iniciais, projeções de fluxo de caixa, custos operacionais, receitas esperadas, período de retorno do investimento, taxa de retorno sobre o investimento e outros indicadores financeiros.

Há vários métodos utilizados na análise de viabilidade financeira, como o Valor Presente Líquido *VPL*, que leva em conta o valor do dinheiro no tempo ao trazer os fluxos de caixa futuros a valor presente e subtrair o investimento inicial. O Retorno sobre o Investimento (ROI) é um indicador que calcula a porcentagem de retorno em relação ao valor investido inicialmente. A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de desconto que igual o valor presente dos fluxos de caixa ao investimento inicial, representando a rentabilidade do projeto. O *Payback* indica o tempo necessário para recuperar o investimento inicial.

Neste trabalho em particular, a análise de viabilidade financeira será fundamental para fornecer uma visão objetiva sobre a capacidade de um investimento gerar lucro e retornos satisfatórios. Essa análise é uma ferramenta crucial para que os gestores possam tomar decisões informadas sobre os investimentos da empresa.

2.3.1.1 Valor Presente Líquido

A Avaliação do *VPL* é uma abordagem financeira usada para determinar se um investimento é viável. Essa técnica compara o valor presente das entradas de dinheiro *receitas* com o valor presente das saídas de dinheiro (custos) ao longo do tempo. (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2017)

O cálculo do *VPL* envolve a estimativa dos fluxos de caixa futuros gerados pelo investimento, levando em consideração o valor do dinheiro no tempo. Isso significa que valores futuros são trazidos para o valor presente, utilizando uma taxa de desconto adequada. Essa taxa de desconto pode refletir Custo Médio Ponderado de capital (WACC) ou o custo de captação de recursos. (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2017)

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (2.1)$$

Onde:

VPL é o Valor Presente Líquido.

F_t representa o fluxo de caixa no período t .

r é a taxa de desconto.

n é o número total de períodos.

Se o VPL de um projeto de investimento for positivo, significa que o valor presente das entradas de caixa é maior do que o valor presente das saídas de caixa, o que indica uma possibilidade de retorno financeiro positivo. Um VPL negativo, por outro lado, indica que o projeto provavelmente gerará prejuízo. (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2017)

O VPL é considerado uma métrica de análise de investimentos mais abrangente do que outras, como o Payback, pois leva em conta o valor do dinheiro no tempo e considera todos os fluxos de caixa ao longo da vida útil do projeto. É extremamente útil para auxiliar na tomada de decisões de investimento, permitindo comparar projetos alternativos e selecionar aqueles com maior potencial de retorno. (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2017)

2.3.1.1.1 Fluxos de Caixa

Os fluxos de caixa representam uma sequência de valores que refletem os resultados financeiros esperados para um projeto em cada período de tempo. Por exemplo, eles podem indicar os investimentos iniciais negativos, quando os custos superam os retornos, indicando que o projeto ainda não está gerando lucro.

Quadro 1 – Exemplo de Fluxo de Caixa

Origem	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Investimentos	100	55			
Retornos		30	60	75	80
Fluxo de Caixa	-100	-25	60	75	80

Fonte:).

Garantir a precisão e a integridade dos fluxos de caixa é essencial para uma análise de investimentos adequada. Os valores projetados devem ser fundamentados em estimativas realistas, baseadas em dados confiáveis e considerando cuidadosamente todas as despesas e receitas associadas ao projeto. Somente assim é possível obter uma compreensão completa dos fluxos de caixa esperados e tomar decisões informadas sobre a viabilidade financeira do investimento.

2.3.1.2 Payback

Payback refere-se ao tempo necessário para obter o retorno do investimento em um

projeto. É o período no qual o projeto se torna financeiramente vantajoso.

O Payback é considerado um indicador de risco do projeto, por isso é importante que todo plano de projeto ou novo negócio busque minimizar o tempo de payback. Quanto mais curto for o período de payback, menor será o risco associado ao investimento e mais rápido será possível obter o retorno financeiro.

Em outras palavras, o tempo de payback é uma medida de eficiência e retorno sobre o investimento. Ele indica o prazo necessário para recuperar o capital investido inicialmente. Quanto mais curto for o tempo de payback, mais rápido o investidor ou a empresa poderão começar a colher os benefícios financeiros do projeto.

Ao considerar o payback em um projeto, é importante levar em conta fatores como a vida útil do investimento, os fluxos de caixa esperados ao longo do tempo e a estratégia financeira da empresa. Minimizar o tempo de payback pode ser fundamental para reduzir o risco financeiro e aumentar a atratividade do investimento.

No entanto, é importante ressaltar que o payback é apenas um indicador financeiro e não leva em conta outros aspectos, como a rentabilidade a longo prazo ou o valor do dinheiro no tempo. Portanto, é recomendado utilizar o payback juntamente com outras métricas financeiras para uma análise mais abrangente e precisa da viabilidade de um projeto.

2.3.1.2.1 Payback Simples

Para calcular o payback simples, basta somar o fluxo de caixa acumulado ano a ano a partir do ano 0 e observar em qual momento o resultado se torna positivo. No entanto, o payback simples não é amplamente utilizado na prática, pois não leva em consideração a correção do valor do dinheiro ao longo do tempo por meio de uma taxa de juros. Isso pode levar a uma avaliação inadequada da viabilidade do investimento. Para contornar essa limitação, é comum utilizar o conceito de payback descontado.

2.3.1.2.2 Payback Descontado

O payback descontado é uma técnica utilizada na análise financeira de investimentos para avaliar a viabilidade de um projeto considerando o valor do dinheiro no tempo. Ao contrário do payback simples, que não leva em conta a correção do dinheiro ao longo do tempo, o payback descontado considera uma taxa de desconto para trazer os fluxos de caixa futuros a valor presente. (Leandro Abreu - Rock Content, 2023)

No cálculo do payback descontado, são projetados os fluxos de caixa futuros que o investimento irá gerar, levando em consideração o período de tempo em que ocorrerão. Cada fluxo de caixa futuro é ajustado utilizando uma taxa de desconto, que pode ser determinada pela taxa de retorno mínima exigida pelo investidor ou pelo custo de capital da empresa.

Ao trazer os fluxos de caixa futuros a valor presente, é possível determinar o período necessário para que o investimento se pague, ou seja, o tempo necessário para que o VPL se torne positivo. O VPL é a diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa.

O payback descontado leva em conta o custo de oportunidade do dinheiro, pois considera que um valor recebido no futuro tem menos valor do que o mesmo valor recebido no presente, devido ao poder de compra e à possibilidade de reinvestimento. Dessa forma, o payback descontado oferece uma visão mais precisa da viabilidade financeira de um investimento, considerando o valor do dinheiro no tempo e a taxa de retorno exigida. (Leandro Abreu - Rock Content, 2023)

A fórmula do payback descontado calcula a soma dos fluxos de caixa descontados a uma taxa de desconto e divide pelo investimento inicial para obter o número de períodos necessários para recuperar o investimento, é dada por:

$$\text{Payback Descontado} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{\text{Fluxo de Caixa}_t}{(1+r)^t}}{I} \quad (2.2)$$

Onde:

Fluxo de Caixa_t é o valor do fluxo de caixa no período

n é o último período em que ocorre um fluxo de caixa,

r é a taxa de desconto,

I é o valor do investimento inicial.

2.3.1.3 Taxa de Juros

Os indicadores financeiros mencionados acima levam em consideração uma taxa de juros, que pode ser interpretada de duas maneiras:

1. Como o custo médio ponderado de capital: representa o custo médio dos recursos financeiros utilizados para financiar o projeto. Quanto maior a taxa de juros, mais difícil se torna considerar um projeto como viável, pois o custo de captação de recursos será mais elevado.
2. Como a taxa de rendimento alternativa: taxa representa a taxa de retorno que o dinheiro poderia alcançar se fosse investido em outra oportunidade. Se a taxa de juros for alta, é mais desafiador tomar a decisão de arriscar investir em um projeto específico, uma vez que a taxa de retorno alternativa é mais atrativa.

Em ambos os casos, uma taxa de juros elevada prejudica o desenvolvimento de um projeto, pois torna menos atraente ou até mesmo inviável investir em projetos ou novos negócios. Isso ocorre porque altas taxas de juros aumentam o custo do financiamento e diminuem o retorno

potencial dos investimentos produtivos. Como resultado, a especulação financeira tende a ser favorecida em detrimento da atividade produtiva.

2.3.1.3.1 Custo Médio Ponderado de Capital

O WACC, sigla em inglês para *Weighted Average Cost of Capital*, é uma métrica financeira usada para determinar o custo médio de financiamento de uma empresa. É calculado levando em consideração a proporção ponderada dos diferentes tipos de capital (dívida e patrimônio líquido) utilizados pela empresa. (ROSS *et al.*, 2016)

O *wacc* é uma medida importante para avaliar a viabilidade de um projeto de investimento, pois representa o retorno mínimo exigido pelos investidores e financiadores para financiar a empresa. O cálculo do *wacc* envolve três componentes principais: custo da dívida, custo do patrimônio líquido e estrutura de capital da empresa. (ROSS *et al.*, 2016)

$$WACC = \frac{E}{V} \cdot r_e + \frac{D}{V} \cdot r_d \cdot (1 - T) \quad (2.3)$$

Onde:

WACC - Weighted Average Cost of Capital

E - Valor de mercado do patrimônio líquido

V - Valor de mercado total (patrimônio líquido + dívida)

r_e - Custo de capital próprio

D - Valor de mercado da dívida

r_d - Custo da dívida

T - Taxa de imposto

Neste trabalho, para a simplificação dos resultados, foi utilizado o *wacc* de 12,6% para esse projeto, de acordo com as regras do setor financeiro da empresa.

2.3.1.4 Retorno do Investimento

O ROI é uma métrica financeira utilizada para avaliar a lucratividade de um investimento ou projeto. Ele mede a eficiência e o desempenho financeiro de um investimento, comparando o ganho obtido com o custo do investimento realizado. (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2017)

O cálculo do ROI é realizado da seguinte forma:

$$ROI = \frac{Receita - Investimento}{Investimento} \quad (2.4)$$

$$ROI = \frac{LucroLiquido}{Investimento} \quad (2.5)$$

Onde:

Receita é o toda o ganho gerado após o investimento.

Investimento representa o valor total dos custos para o investimento.

LucroLiquido é o valor presente líquido ou VPL.

O resultado do cálculo do ROI é geralmente expresso como uma porcentagem ou valor decimal. Um ROI positivo indica que o investimento gerou lucro, enquanto um ROI negativo indica que houve prejuízo.

O ROI é uma métrica amplamente utilizada em diversos contextos, seja para avaliar a rentabilidade de um negócio, o desempenho de um projeto ou o retorno sobre um investimento financeiro específico. Ele permite comparar diferentes investimentos e tomar decisões com base na relação entre o custo e o retorno esperado.(BREALEY; MYERS; ALLEN, 2017)

É importante ressaltar que o cálculo do ROI não considera outros fatores importantes, como o tempo de retorno do investimento, riscos associados ou o valor do dinheiro ao longo do tempo. Portanto, é necessário analisar o ROI em conjunto com outras informações e métricas, como o VPL para uma avaliação completa do investimento.(BREALEY; MYERS; ALLEN, 2017)

2.3.2 Investimento em Bens de Capital ou Ativos

Em empresas de bens de consumo os chamados bens de capital são os ativos que uma empresa possui objetivando produzir os bens de consumo.

O Investimentos em bens de capital (CAPEX), é a sigla em inglês de *Capital Expenditures*, referem-se aos gastos realizados por uma empresa para adquirir, melhorar ou manter ativos fixos que serão utilizados na produção de bens ou serviços. Esses ativos fixos podem incluir propriedades, equipamentos, máquinas, veículos, tecnologia, instalações e outros elementos que sejam necessários para o funcionamento do negócio.(BREALEY; MYERS; ALLEN, 2017)

Os investimentos em bens de capital são essenciais para o crescimento e desenvolvimento de uma empresa, pois permitem a expansão da capacidade produtiva, o aumento da eficiência operacional e a modernização dos processos. Esses investimentos podem ocorrer em diversos setores da economia, desde manufatura e indústria até serviços e infraestrutura.

Geralmente são planejados com base em projeções de demanda futura, estratégias de negócios e necessidades de atualização tecnológica. A decisão de investir, envolve uma análise cuidadosa dos custos e benefícios esperados, considerando o retorno sobre o investimento *ROI* e o período de recuperação do capital investido *Payback*.

É importante ressaltar que os investimentos em bens de capital são distintos dos gastos operacionais, ou Operational Expenditures (OPEX), que se referem às despesas regulares ne-

cessárias para a manutenção das operações diárias de uma empresa, como salários, aluguéis, suprimentos e despesas administrativas.

2.4 Métodos Quantitativos na Gestão de Investimento em Geladeiras

Na gestão de investimentos, existem vários métodos quantitativos que podem ser utilizados para auxiliar na tomada de decisões. Esses métodos envolvem o uso de técnicas matemáticas, estatísticas e computacionais para analisar dados financeiros e identificar oportunidades de investimento. A seguir, observa-se alguns dos principais métodos quantitativos utilizados nesse contexto:

1. Análise Descritiva;
2. Análise Preditiva;
3. Otimização;
4. Modelos de Precificação de Ativos;
5. Modelos de Valuation;
6. Algoritmos de Negociação (Algo Trading);
7. Modelos de Risco.

2.4.1 Análise Descritiva

A análise descritiva é uma técnica estatística amplamente utilizada na área de pesquisa e tomada de decisões. Ela envolve o uso de métodos e ferramentas estatísticas para descrever, resumir e interpretar dados. O principal objetivo da análise descritiva é extrair informações úteis e relevantes dos dados disponíveis, a fim de obter insights e compreender melhor o fenômeno em estudo. Por exemplo, a análise de regressão pode ser utilizada para identificar a relação entre o desempenho de um ativo e variáveis macroeconômicas.

As principais técnicas de análise descritiva são:

- **Medidas de tendência central:** incluem a média, mediana e moda, que representam valores típicos ou centrais dos dados. A média é a soma de todos os valores dividida pelo número de observações, a mediana é o valor central que divide os dados em duas partes iguais e a moda é o valor mais frequente nos dados;

- **Medidas de dispersão:** como o desvio padrão, a variância e o intervalo, que mostram a variabilidade dos dados. O desvio padrão indica o quanto os valores estão dispersos em relação à média, a variância é uma medida da dispersão dos dados em relação à média e o intervalo é a diferença entre o valor máximo e mínimo;
- **Gráficos descritivos:** incluem histogramas, gráficos de barras, gráficos de dispersão e diagramas de caixa. Esses gráficos ajudam a visualizar a distribuição dos dados, identificar padrões, tendências e valores discrepantes;
- **Tabelas de frequência:** são utilizadas para resumir e organizar dados categorizados. Elas mostram a frequência de ocorrência de cada categoria e podem ser acompanhadas por percentagens relativas ou absolutas;
- **Análise de correlação:** é usada para examinar a relação entre duas variáveis. O coeficiente de correlação, como o coeficiente de Pearson, mede a intensidade e a direção dessa relação. Valores próximos de +1 ou -1 indicam uma correlação forte, enquanto valores próximos de 0 indicam ausência de correlação;
- **Análise de regressão:** permite modelar e prever a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes. Através da regressão, é possível estimar os efeitos das variáveis independentes na variável dependente;
- **Estatísticas descritivas adicionais:** incluem medidas como assimetria e curtose, que descrevem a forma da distribuição dos dados, e testes de significância, como o teste t de Student, que ajuda a determinar se há diferenças significativas entre grupos de dados;

Essas técnicas de análise descritiva fornecem uma compreensão detalhada dos dados, permitindo a identificação de padrões, a comparação de grupos e a obtenção de insights importantes para a tomada de decisões informadas.

2.4.2 *Análise Preditiva*

Análise Preditiva consiste em analisar a evolução de uma variável ao longo do tempo, com o objetivo de identificar padrões e prever seu comportamento futuro. Essa análise pode ser utilizada para prever o preço de um ativo, prever um cliente com probabilidade de *ROI* ou identificar tendências de mercado.

Dentre as principais técnicas de análise preditiva, destacam-se:

- **Regressão:** A regressão é uma técnica estatística que busca modelar a relação entre variáveis dependentes e independentes. Ela permite fazer previsões de valores contínuos, identificando padrões e tendências nos dados.

- **Árvore de decisão:** A árvore de decisão é um modelo que utiliza estruturas hierárquicas de ramificações para tomar decisões com base em diferentes características dos dados. Ela é capaz de lidar com variáveis categóricas e numéricas, e pode ser utilizada para classificação e previsão.
- **Redes neurais:** As redes neurais são modelos computacionais inspirados no funcionamento do cérebro humano. Elas são capazes de aprender e identificar padrões complexos nos dados, sendo utilizadas em problemas de classificação, previsão e reconhecimento de padrões.
- **Máquinas de suporte vetorial (SVM):** As SVMs são algoritmos que buscam encontrar um hiperplano de separação ótimo entre classes de dados. Elas são frequentemente utilizadas em problemas de classificação, onde a separação linear não é suficiente.
- **Análise de séries temporais:** Essa técnica é aplicada quando há dependência temporal nos dados, permitindo fazer previsões com base em padrões históricos. É amplamente utilizada em áreas como economia, meteorologia e análise de dados de mercado.
- **Mineração de dados:** A mineração de dados refere-se ao processo de descoberta de informações úteis, padrões ocultos e conhecimento implícito em grandes volumes de dados. Essa técnica utiliza algoritmos de análise preditiva para explorar conjuntos de dados complexos.

Este tipo de análise desempenha um papel fundamental na tomada de decisões estratégicas, permitindo antecipar eventos futuros, identificar oportunidades de negócios, otimizar processos e mitigar riscos. Ela proporciona uma vantagem competitiva para as organizações, ao fornecer insights valiosos que podem impulsionar o crescimento e a eficiência operacional.

2.4.3 Otimização

Otimização é o processo de encontrar a melhor solução possível para um problema, geralmente com base em critérios específicos. Envolve a maximização ou minimização de uma função objetivo sujeita a restrições. A otimização é aplicada em diversas áreas, como engenharia, economia, logística, ciência da computação e muitas outras. Os métodos de otimização de portfólio de investimentos levam em consideração os objetivos do investidor, restrições de investimento e as características dos ativos. (LACHTERMACHER, 2007)

Dentro do campo da otimização, encontra-se a pesquisa operacional se concentra no desenvolvimento e aplicação de métodos matemáticos e estatísticos para resolver problemas complexos de tomada de decisão e otimização em organizações e processos industriais.

2.5 Pesquisa Operacional

A pesquisa operacional desempenha um papel fundamental na resolução de problemas complexos do mundo real, utilizando métodos e técnicas quantitativas para otimizar processos e tomar decisões embasadas em dados.

Uma das principais áreas de aplicação da pesquisa operacional é a logística, que envolve o gerenciamento eficiente de cadeias de suprimentos, transporte e distribuição. A otimização de rotas, a alocação de recursos e a gestão de estoques são exemplos de problemas logísticos que podem ser abordados com métodos da pesquisa operacional, resultando em redução de custos e aumento da eficiência operacional. (CHOPRA; MEINDL, 2016)

Outra área de destaque é a produção, onde a pesquisa operacional auxilia na programação da produção, no dimensionamento de lotes de produção e na alocação de máquinas e mão de obra. O uso de técnicas como a programação linear e a simulação possibilita a otimização dos processos produtivos, aumentando a produtividade e minimizando os custos de produção. (RUSSELL; TAYLOR, 2018)

A pesquisa operacional também tem um papel importante na gestão de recursos financeiros, auxiliando na tomada de decisões de investimento, alocação de capital e gerenciamento de riscos. Modelos matemáticos são utilizados para avaliar diferentes cenários e identificar estratégias que maximizem o *ROI* sobre o investimento e reduzam os riscos financeiros. (BRIGHAM; EHRHARDT, 2016)

Além disso, a pesquisa operacional é aplicada em setores como saúde, energia, telecomunicações e serviços públicos, contribuindo para a melhoria dos serviços prestados e a otimização dos recursos disponíveis.

Um dos métodos para formular os problemas complexos, é a programação matemática, através da modelagem matemática, que possibilita a criação de um modelo matemático que represente o problema a ser resolvido. A maioria desses problemas é formulada através de modelos matemáticos lineares, porém dependendo das características do problema existe diferentes técnicas de programação matemática que podem ser aplicadas.

2.5.1 Programação Matemática

A Programação Matemática é uma área da otimização que busca encontrar a melhor solução para problemas matemáticos sujeitos a restrições. Essa disciplina é amplamente utilizada em diversas áreas, como engenharia, economia, logística e ciência da computação, para resolver problemas complexos de tomada de decisão.

A programação matemática envolve a formulação de um modelo matemático que represente o problema a ser resolvido. Esse modelo consiste em uma função objetivo, que representa a medida de desempenho a ser maximizada ou minimizada, e um conjunto de restrições, que

definem as condições que devem ser satisfeitas.

2.5.1.1 Modelagem Matemática

A modelagem matemática é uma abordagem que utiliza conceitos e técnicas matemáticas para descrever e analisar sistemas do mundo real. Ela é uma poderosa ferramenta que permite compreender e prever o comportamento de fenômenos complexos, auxiliando na tomada de decisões e na solução de problemas em diversas áreas, como ciências naturais, engenharia, economia e biologia. (HILL; SELVARAJ, 2010)

Em suma, os fundamentos da modelagem matemática envolvem a identificação do problema, a escolha da abordagem matemática adequada, o estabelecimento de condições iniciais e de contorno, a análise dos resultados e a validação do modelo. Com uma compreensão sólida desses princípios, é possível utilizar a modelagem matemática como uma ferramenta valiosa na solução de problemas complexos e na tomada de decisões informadas.

2.5.1.1.1 Procedimentos para Construção de um Modelo Matemático

A construção de um modelo matemático envolve vários procedimentos que podem variar dependendo da natureza do problema e do objetivo do modelo. No entanto, existem algumas etapas gerais que são comumente seguidas no processo de construção de um modelo. A seguir, descrevo alguns procedimentos típicos:

1. *Definição do problema:* O primeiro passo é entender claramente o problema que será abordado pelo modelo. Identifique as variáveis relevantes, as relações entre elas e o objetivo do modelo.
2. *Formulação matemática:* Traduzir o problema em termos matemáticos. Isso envolve a definição das variáveis do modelo, a formulação de equações ou restrições que descrevam as relações entre as variáveis e a definição da função objetivo, se houver.
3. *Coleta de dados:* Reunir os dados necessários para o modelo. Isso pode envolver pesquisas, coleta de informações de fontes confiáveis ou uso de dados históricos.
4. *Calibração e validação:* Ajustar os parâmetros do modelo com base nos dados coletados. Verificar se o modelo é capaz de representar adequadamente o comportamento do sistema real. Isso pode envolver comparações com dados reais, testes de sensibilidade e análises estatísticas.
5. *Implementação computacional:* Converter o modelo matemático em um formato que possa ser resolvido computacionalmente. Isso pode envolver a programação do modelo em uma linguagem de programação específica ou o uso de software especializado em modelagem matemática.

6. Solução e análise: Resolver o modelo para obter os resultados desejados. Analisar os resultados para interpretar as informações fornecidas pelo modelo e avaliar se eles atendem aos objetivos estabelecidos.
7. Validação e verificação: Verificar se o modelo produz resultados consistentes e confiáveis. Realizar testes adicionais, verifique a sensibilidade dos resultados a mudanças nos parâmetros e validar o modelo em diferentes cenários.

É importante lembrar que a construção de um modelo matemático é um processo iterativo. À medida que você avança nas etapas acima, pode ser necessário revisar e ajustar o modelo, refinando as equações, coletando mais dados ou incorporando insights adicionais.([HILL; SELVARAJ, 2010](#))

Existem diferentes técnicas de programação matemática que podem ser aplicadas, dependendo das características do problema. Alguns dos métodos mais comuns incluem:

1. Programação Linear: É utilizado quando tanto a função objetivo quanto as restrições são lineares. O objetivo é encontrar a melhor combinação de variáveis que otimize a função objetivo sujeita às restrições lineares.
2. Programação Inteira: Nesse caso, as variáveis do modelo devem assumir apenas valores inteiros. Esse tipo de problema é mais complexo de ser resolvido, pois requer técnicas específicas para lidar com a natureza discreta das variáveis.
3. Programação Não Linear: Quando a função objetivo ou as restrições envolvem termos não lineares, utiliza-se a programação não linear. Nesse caso, as técnicas de otimização são aplicadas para encontrar a solução ótima.
4. Programação de Redes: É utilizada para resolver problemas que envolvem a alocação de recursos em redes, como problemas de roteamento, fluxo máximo e árvore geradora mínima.
5. Programação Dinâmica: É aplicada a problemas nos quais a solução ótima depende de decisões tomadas em diferentes estágios. Essa abordagem divide o problema em subproblemas menores e utiliza a recursividade para encontrar a solução global.

Essas são apenas algumas das técnicas mais comuns de programação matemática. Cada método possui suas características e requisitos específicos, e a escolha da técnica mais adequada depende do problema em questão.([LACHTERMACHER, 2007](#))

2.5.1.2 Programação Linear

A Programação Linear (PL) é uma técnica de otimização matemática que tem como objetivo maximizar ou minimizar uma função linear sujeita a um conjunto de restrições lineares.

Ela é amplamente utilizada em diversos campos, como economia, engenharia, logística, finanças e ciências da computação.

O problema de programação linear é formulado através de variáveis de decisão, uma função objetivo linear e um conjunto de restrições lineares. As variáveis de decisão representam as quantidades a serem determinadas ou otimizadas, a função objetivo é a medida de desempenho que se deseja maximizar ou minimizar, e as restrições são as limitações ou condições que as variáveis devem satisfazer.

A forma geral de um problema de programação linear é a seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar (ou Minimizar)} \quad & Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\ \text{sujeito a:} \quad & a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\ & a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\ & \dots \\ & a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \\ & x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \end{aligned}$$

Onde:

Z é a função objetivo que deve ser maximizada ou minimizada.

c_1, c_2, \dots, c_n são os coeficientes da função objetivo.

x_1, x_2, \dots, x_n são as variáveis de decisão.

$a_{11}, a_{12}, \dots, a_{mn}$ são os coeficientes das restrições.

b_1, b_2, \dots, b_m são os lados direitos das restrições.

$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$ representa a não-negatividade das variáveis de decisão.

As restrições podem ser do tipo \leq (*menorouigual*), \geq (*maiorouigual*) ou $=$ (*igual*).

A programação linear possui algoritmos eficientes para resolver problemas desse tipo, como o método Simplex e o algoritmo do ponto interior. Esses algoritmos encontram a solução ótima ou indicam que o problema é inviável (não tem solução) ou ilimitado (a função objetivo pode crescer ou decrescer indefinidamente).

Além disso, a programação linear pode ser estendida para problemas mais complexos, como programação linear inteira (quando as variáveis de decisão devem ser números inteiros) e programação linear multiobjetivo (quando há mais de uma função objetivo a ser otimizada).

A Programação Linear é uma ferramenta poderosa para a tomada de decisões em problemas de otimização com restrições lineares, permitindo encontrar soluções eficientes em diversos contextos.

2.5.1.2.1 Método Simplex

O Método Simplex é um algoritmo amplamente utilizado para resolver problemas de Programação Linear (PL) de forma eficiente. Ele foi desenvolvido por George Dantzig em 1947 e é uma das técnicas mais importantes para otimização linear.

Algoritmo 1 – Algoritmo Simplex

Entrada: Problema de Programação Linear na forma padrão

Saída: Solução ótima do problema

1: **procedimento**

2: $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$

3: **enquanto** Z não atingir a solução ótima **faça**

5: Selecionar a variável não básica que entrará na base

6: Atualizar as variáveis básicas e não básicas

7: Calcular a nova solução viável básica

8: **fim enquanto**

9: **retorna** Solução Ótima

▷ Tem-se Z_{\max} ou Z_{\min}

10: **fim procedimento**

O Método Simplex começa com uma solução viável básica inicial e, em cada iteração, busca melhorar iterativamente a solução até atingir a solução ótima. A solução é representada por um conjunto de variáveis básicas e não básicas. As variáveis básicas têm um valor positivo na solução ótima, enquanto as variáveis não básicas têm um valor zero.

Resumo geral do Método Simplex:

1. Formular o problema de Programação Linear na forma padrão (com todas as variáveis não negativas e todas as restrições como desigualdades menores ou iguais).
2. Determinar uma solução viável básica inicial.
 - Isso pode ser feito definindo algumas variáveis básicas e as restantes como não básicas, com valores iniciais zero.
3. Calcular os coeficientes das equações das restrições chamadas de "linha dos coeficientes".
 - Essas equações serão utilizadas para avaliar se uma variável não básica deve se tornar básica na próxima iteração.
4. Verificar se a solução atual é ótima.
 - Se todos os coeficientes da linha dos coeficientes forem não negativos, a solução atual é ótima.
5. Se a solução não for ótima, selecionar uma variável não básica para se tornar básica.

- Isso é feito escolhendo uma variável não básica que pode melhorar a solução ótima em uma direção favorável.
6. Atualizar as variáveis básicas e não básicas e calcule uma nova solução viável básica.
 - Isso envolve a substituição da variável não básica selecionada na etapa anterior por uma variável básica e recalculando os valores das variáveis básicas.
 7. Repetir os passos 4 a 6 até que a solução ótima seja alcançada.
 - Em cada iteração, a solução melhora até atingir a solução ótima.

É importante notar que o Método Simplex requer que o problema de Programação Linear tenha uma solução ótima e que as restrições estejam na forma padrão. Além disso, em casos específicos, podem ocorrer problemas de degeneração, ciclagem ou ilimitação, que podem exigir técnicas adicionais para resolver essas situações.

2.5.1.3 Programação Inteira

A Programação Inteira (PI), também conhecida como Programação Linear Inteira (PLI), é uma extensão da Programação Linear em que as variáveis de decisão são restritas a assumir apenas valores inteiros. Em outras palavras, a Programação Inteira envolve problemas de otimização em que as soluções devem ser números inteiros em vez de valores contínuos.

Um problema de Programação Inteira pode ser formulado da mesma maneira que um problema de programação Linear, porém a única diferença é que:

PL: x_1, x_2, \dots, x_n são as variáveis de decisão lineares.

PI: x_1, x_2, \dots, x_n são as variáveis de decisão inteira.

A Programação Inteira é uma classe de problemas NP-difíceis, o que significa que encontrar uma solução ótima pode ser computacionalmente desafiador.

Algoritmos especializados, como o ‘*branch-and-bound*’ e ‘*branch-and-cut*’, são comumente usados para resolver problemas de Programação Inteira.

Essa técnica é aplicada em diversos cenários, como em problemas de escalonamento, alocação de recursos, planejamento de produção, roteamento de veículos, entre outros, em que é necessário tomar decisões discretas. (LACHTERMACHER, 2007)

É importante ressaltar que a Programação Inteira é uma área vasta e complexa, com muitas variantes e técnicas avançadas de resolução. Dependendo da complexidade do problema, encontrar a solução ótima pode ser computacionalmente inviável em tempo razoável, e, nesses casos, pode ser necessário recorrer a heurísticas ou métodos aproximados.

2.5.1.3.1 Métodos "branch-and-bound" e "branch-and-cut"

Os métodos *BranchandBound* e *BranchandCut* são algoritmos utilizados para resolver problemas de otimização combinatória, em particular problemas de Programação Inteira (PI) ou Programação Linear Inteira (PLI). Esses métodos combinam estratégias de divisão e conquista (branching) com técnicas de corte (cutting) para encontrar soluções ótimas ou aproximações de soluções ótimas.

O método "Branch-and-Bound" é uma técnica geral para problemas de otimização que envolvem uma busca exaustiva em um espaço de soluções factível. A ideia principal é dividir o problema em subproblemas menores, conhecidos como "nós" da árvore de busca, por meio do branching. A cada nó, são feitas estimativas (bounds) superiores e inferiores para o valor da função objetivo. Com base nessas estimativas, é possível realizar "poda" (pruning) de ramos da árvore de busca que não levarão a uma solução ótima. Esse processo é repetido até que se encontre uma solução ótima ou a árvore de busca seja completamente explorada. (LACHTERMACHER, 2007)

O método "Branch-and-Cut" é uma extensão do "Branch-and-Bound" que incorpora técnicas adicionais de corte para reduzir o espaço de busca. Os cortes (cuts) são desigualdades válidas que podem ser adicionadas ao problema original para eliminar regiões inviáveis do espaço de soluções. Esses cortes podem ser obtidos a partir de propriedades do problema ou por meio de heurísticas, relaxação linear ou outras técnicas. O objetivo dos cortes é reduzir o espaço de busca, evitando que soluções inviáveis sejam consideradas ou exploradas.

Ambos os métodos, são algoritmos de busca exaustiva que exploram diferentes combinações de variáveis e restrições para encontrar a solução ótima ou uma boa aproximação para problemas de otimização combinatória. Eles são muito utilizados para resolver problemas de Programação Inteira ou Programação Linear Inteira em que a solução exata é desejada.

2.5.1.4 Programação Não Linear

A Programação Não Linear (PNL) é um ramo da otimização que lida com problemas de otimização em que a função objetivo ou as restrições são não lineares. Diferentemente da Programação Linear, em que as funções são lineares, a Programação Não Linear permite que as variáveis e as relações entre elas sejam modeladas de forma não linear.

Um problema de Programação Não Linear pode ser formulado da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} &\text{Maximizar (ou Minimizar)} && f(x) \\ &\text{sujeito a:} && g_i(x) \leq 0, \text{ para } i = 1, 2, \dots, m \\ &&& h_j(x) = 0, \text{ para } j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Onde:

$f(x)$ é a função objetivo a ser minimizada ou maximizada, e x é o vetor de variáveis de decisão.

$g_i(x) \leq 0$ são as restrições de desigualdade, que devem ser satisfeitas.

$h_j(x) = 0$ são as restrições de igualdade, que devem ser satisfeitas.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo demonstra quais os procedimentos realizados para se conseguir alcançar os objetivos propostos. Os métodos, técnicas e procedimentos em cada etapa para conseguir as informações necessárias, objetivando a solução do problema.

3.1 Aspectos Gerais da pesquisa

Neste trabalho foi utilizado o método de modelagem axiomática normativa com tratamento das variáveis de forma determinística e estática, que é uma abordagem específica na construção de modelos teóricos e conceituais.

O método visa estabelecer um modelo teórico que seja lógica e normativamente consistente, definindo as variáveis e relações com base em axiomas e princípios. No entanto, é importante ressaltar que essa abordagem pode ser limitada em termos de capturar a complexidade e a dinâmica do mundo real, uma vez que ignora a incerteza, a aleatoriedade e as mudanças ao longo do tempo.

Este trabalho caracteriza-se como um estudo de caso, com abordagem quantitativa, a partir da determinação de quantos e quais clientes em cada estado devem ser escolhidos para receber uma geladeira, com o objetivo final de maximizar o retorno do investimento no parque de geladeira para o ano de 2023, levando em consideração a restrição do investimento para o referido ano, a regra de negócio que obriga o investimento ser distribuído entre todos os estados de atuação da empresa, mesmo que de forma desigual, e haver somente uma instalação de geladeira por cliente. Esse estudo de caso, caracteriza-se como um problema complexo de pesquisa operacional, mais precisamente é um problema de otimização.

Para se resolver esse problema real, devido a sua complexidade um dos métodos que serão utilizados é a programação matemática, através da modelagem matemática, que busca compreender, propor e solucionar o problema criando um modelo matemático que represente o

problema a ser resolvido. Para poder criar esse modelo serão desenvolvidas as seguintes etapas:

1. Definição do problema;
2. Buscar informações e dados relacionados ao tema;
3. Selecionar variáveis;
4. Formular hipóteses;
5. Fazer simplificações;
6. Resolver o problema;
7. Analisar as soluções encontradas;
8. Validar o modelo.

3.2 Definição do Problema

Antes da construção e resolução do modelo matemático proposto, todas as condições iniciais serão definidas, a fim de se buscar a melhor compreensão do problema existente. Dessa forma serão apresentado as informações sobre a empresa, os objetivos estratégicos da mesma, a quantidade de capex que será disponibilizado em 2023 para o parque de geladeira, os custos atuais das geladeiras, os estados abrangidos

3.2.1 A Empresa e seus objetivos estratégicos

A SolarBR Coca-Cola é a segunda maior fabricante do Sistema Coca-Cola no Brasil, e uma das 15 maiores fabricantes da Coca-Cola no mundo. Uma das dez maiores empresas do Nordeste e figura entre as maiores empresas de bens de consumo do país.

Com capacidade para produzir mais de três bilhões de litros de bebida/ano para atender cerca de 400 mil pontos de venda, a Solar possui aproximadamente 15 mil colaboradores distribuídos pelas 13 fábricas e 44 Centros de Distribuição, em uma área territorial que representa 70% do Brasil, atuando na totalidade das regiões Norte, Nordeste, Estado do Mato Grosso e parte de Goiás e Tocantins.

Assim, como a maioria das empresas de bens de consumo, a Solar está tentando adotar um modelo operacional ágil focado na relevância da marca e melhoria de processos, com o intuito de aumentar receita, tornando seu crescimento *Top-Line* mais consistente e tendo uma melhor eficiência operacional, que são objetivos estratégicos.

Aumentar a receita da empresa, através de uma melhoria na gestão dos investimentos é um desafio.

3.2.1.1 Aumentar Crescimento Top-line

Um aumento no crescimento de top-line de uma empresa representa um aumento nas vendas ou receitas. Assim, uma empresa pode aplicar vários métodos para aumentar o top-line.

O termo top-line vem do fato de a empresa anunciar seus números de receita no ‘topo’ de sua demonstração de resultados. O top-line é um número de vendas brutas determinando quanto de receita a empresa produziu por um período específico.

Sendo assim, o objetivo da Solar é aumentar a sua receita, através da alocação correta do investimento em geladeiras de 2023 em cada estado onde operacionaliza, escolhendo também os clientes mais adequados para receber esse investimento, proporcionando o maior retorno do investimento após a instalação da geladeira no prazo de 5 anos.

3.2.2 Dados do Parque de Geladeiras

Para poder compreender qual o nível de retorno de investimento do parque atual, seus custos, cobertura e perfis de cliente que trouxeram retorno, ou seja, receita adicional, foi realizado uma jornada de análises nos dados. Essa jornada iniciou com o entendimento de diversas tabelas sobre o parque de geladeira como instalação, características e custo de cada equipamento. Em seguida, juntou-se a esses dados, os dados dos clientes, dados de vendas como volume, receita e margem de cada cliente com geladeira. O período analisado foi de Janeiro de 2020 a dezembro de 2022, 3 anos. Por fim adicionou-se dados de *Share*. Com esse dataset de criado, realizou-se todas as análises de performance financeira dos clientes e geladeiras. Possibilitando identificar qual o perfil de cliente e estados que traz o melhor retorno do investimento. A partir dessas informações criou-se algoritmos preditivos para prever, dentre os clientes que não possui geladeiras, os que teriam o perfil de cliente mais propenso a ter retorno do investimento positivo, e qual a média de retorno desse investimento. Todo esse processo está ilustrado na figura abaixo.

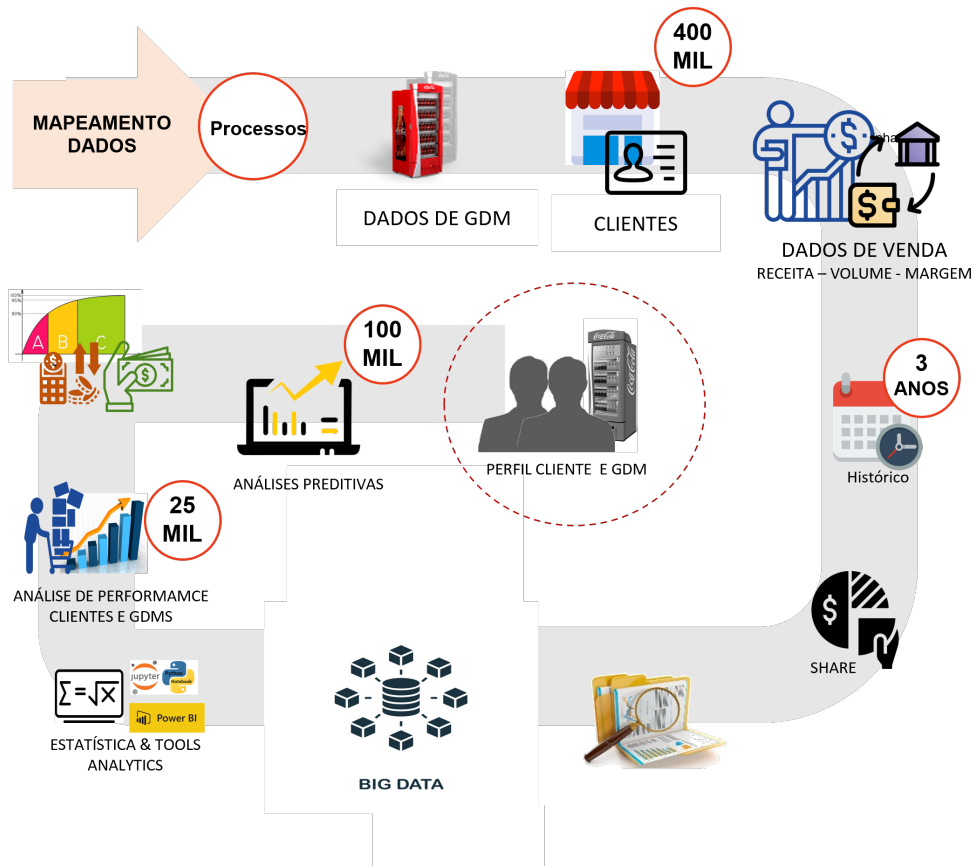
3.2.2.1 Prioridades do Negócio

Apesar do principal objetivo ser a melhoria da gestão investimento, através da maximização do *ROI*, existe uma estratégia de execução gelada para o parque de geladeira. Essa estratégia tem 4 prioridades bem definidas como:

1. Crescimento de Share;

- O share, ou market share, significa o percentual de participação que uma empresa tem no mercado. Fatia de mercado que um determinado produto possui em um período. Uma das estratégias por trás da distribuição de geladeiras é fazer a "blindagem", ou seja não perder fatia de mercado para produtos de empresas concorrentes. Análises no parque mostraram que clientes que possuem geladeira instalada possui um share

Figura 5 – Jornada de Dados



Fonte: Elaborada pelo autor.

maior que clientes que não possuem geladeiras. Então um cliente após receber a geladeira aumentam seu percentual de market share.

2. Aumento do Quantidade de Geladeiras por habitante;

- A quantidade de geladeiras por habitante crescem a cada ano, porém ainda é pouco quando comparados a outras engarrafadoras da Coca-Cola. A Solar opera em 70% do território brasileiro, tendo ainda uma parte da sua operação em estados que possuem uma baixa densidade demográfica, quando comprados a outrso estados brasileiros. Então é necessário atender aos estados que ainda possuem uma baixa cobertura de geladeiras, ou seja, aqueles estados que possuem uma população grande, porém possuem uma baixa alocação de geladeiras.

3. Aumentar Cobertura de Geladeira;

- Para se aumentar a cobertura de geladeiras no parque, primeiro tem que fazer a cobertura de geladeiras em cada estado, sendo a cobertura:

$$C\% = \frac{T_{GDM}}{T_{PDV}} \quad (3.1)$$

Onde:

$C\%$ é a cobertura percentual de geladeira.

T_{GDM} é o total de geladeiras instaladas.

T_{PDV} é o total de PDVs cadastrados.

A quantidade de geladeiras compradas para se instalar está diretamente relacionado a quantidade de CAPEX investido no Parque Geral para cada ano. Um fator importante e inversamente proporcional a cobertura de geladeiras no parque é o custo médio de geladeira. Então, uma maneira de se aumentar a cobertura de geladeiras de uma maneira geral é minimizando o custo médio da geladeira, isso é possível fazendo com que o investimento possa comprar o maior número possível de geladeiras, ou seja, maximizando a quantidade de geladeiras instaladas.

Porém, há um detalhe importante, pois para cada estado o custo total da geladeira é diferente, pois os estados tem custo de compra, instalação, manutenção e impostos diferentes.

4. Aumentar Giro Mínimo

- O Giro Mínimo é um indicador que mostra se o clientes tendo giro mínimo, ou seja, se o volume total comprando mensalmente por esse cliente possui uma margem de contribuição suficiente para pagar o custo da geladeira em até 5 anos.

5. Melhoria do ROI (Volume, Receita e Margem Adicionais);

- A melhoria do ROI implica diretamente no aumento de volume , receita e margem adicionais, ou seja, esses valores adicionais são oriundo de um investimento realizado, que neste caso é a instalação de uma geladeira no PDV. Essa instalação proporciona ter produtos gelados e mais exposto aos consumidores finais, auementando por sua vez as vendas.

$$V_{\text{incr}} = V_{\text{pos}} - V_{\text{ant}} \quad (3.2)$$

$$M_{\text{incr}} = M_{\text{pos}} - M_{\text{ant}} \quad (3.3)$$

$$R_{\text{incr}} = V_{\text{pos}} * M_{\text{pos}} - V_{\text{ant}} * M_{\text{ant}} \quad (3.4)$$

Onde:

V_{incr} é o volume incremental ou adicional.

V_{pos} é a média de volume um ano após instalação da geladeira.

V_{ant} é a média de volume um ano antes instalação da geladeira..

M_{incr} é margem incremental ou adicional.

M_{pos} é a média de margem um ano após instalação da geladeira.

M_{ant} é a média de margem um ano antes instalação da geladeira.

R_{incr} é a receita incremental ou adicional.

$V_{\text{pos}} * M_{\text{pos}}$ é a média de receita um ano após instalação da geladeira.

$V_{\text{ant}} * M_{\text{ant}}$ é a média de receita um ano antes instalação da geladeira.

Pode-se concluir que a Receita Incremental é o ganho do investimento. A partir da diferença entre receita incremental e dos custos (investimento + manutenção + instalação + wacc) pode-se fazer a fluxos de caixa projetados para os anos seguintes. O somatório desses fluxos de caixa vão resultar no Valor Presente Líquido, que representa o Lucro líquido do investimento para o período de 5 anos. Quanto maior for o *VPL*, maior será o *ROI*. Logo, para se maximizar o *VPL* e *ROI*, dentro de cada estado o modelo deverá escolher os clientes cujo perfil possuam a maior potencial de *VPL*.

A partir dessas prioridades definidas pelo negócio gerou-se um ranking de priorização que será atribuído a cada cliente de acordo com o seu perfil. Esse ranking mostra quais as faixas são recomendadas para se instalar uma geladeira e o porquê, como também quais as faixas não são recomendadas e o porquê, sendo extremamente importante para a tomada de decisão do negócio.

Os clientes que já possuem geladeira, foram categorizados segundo o ranking de Priorização acima, que considera retorno do investimento, giro mínimo e aumento de share.

3.2.3 Análise Diagnóstica do Parque da Geladeira

As Análises diagnósticas no parque de geladeira para os períodos de 2020, 2021 e 2022 permitiram entender alocação de geladeiras, a performance financeira do parque de geladeiras como um todo, custos e retorno dos equipamentos, assim como perfil dos clientes por Ranking e UF.

3.2.3.1 Alocação de Geladeiras

Entre os anos de 2020 e 2022, houve em torno de 25 mil instalações de geladeiras distribuídos em 10 estados no Brasil, em todo o território onde a empresa atua.

A BA é o estado com maior percentual de alocação de geladeiras, em torno de 26%, seguido de PE, MA e CE, com alocações respectivamente em torno de 15%, 12% e 10%. esses 4 estados juntos, detêm em torno de 63% de todas as instalações do parque de geladeiras.

3.2.3.2 Perfil de Clientes com Geladeiras

Para os anos de 2020 até 2022, a criação dos perfis de clientes que possuem geladeira levou em consideração seguintes variáveis financeiras como variação de share, variação de

Figura 6 – Ranking de Priorização - Perfil de Clientes



Fonte: Elaborada pelo autor.

volume, variação de margem, volume incremental e vpl. Foi encontrado os seguintes perfis por estado e ranking.

Todos os perfis de clientes gerados fopi analisado sempre a partir de duas métricas estatísticas de análise de tendência central, a primeira a **média** e a segunda a **mediana**. Essa análise foi necessária, pois como trata-se de um problema e dados reais, verificou-se que há vários outliers nos dataset, isso é verificado devido variação considerável entre as duas medidas. Para este trabalho, todos os dados utilizados para a resolução do problema será a mediana por se tratar de valores mais próximos dos reais.

3.2.3.3 Custos das Geladeiras

O custo total de uma geladeira durante o período de 5 anos no parque é o somatório dos custos do valor do equipamento, instalação, manutenção e custo de capital investido. Os custos de manutenção mensal levam em consideração os 60 meses, ou 5 anos, que é o período de depreciação do equipamento.

$$C_T = G + M + I + W \quad (3.5)$$

Tabela 1 – Quantidade de Geladeiras por Estado e Ano

UF	2020	2021	2022	Total
AL	494	733	1160	2387
BA	1516	2687	2367	6570
CE	479	656	1425	2560
MA	455	792	2109	3356
MT	329	350	391	1070
PB	335	519	956	1810
PE	973	1229	1529	3731
PI	255	286	643	1184
RN	233	272	469	974
SE	443	577	974	1994
TOTAL	5512	8101	12023	25636

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 2 – Percentual de Alocação de Geladeiras por estado e ano

UF	% 2020	% 2021	% 2022	% média	% total
AL	8.96	9.05	9.65	9.22	9.31
BA	27.50	33.17	19.69	26.79	25.63
CE	8.69	8.10	11.85	9.55	9.99
MA	8.25	9.78	17.54	11.86	13.09
MT	5.97	4.32	3.25	4.51	4.17
PB	6.08	6.41	7.95	6.81	7.06
PE	17.65	15.17	12.72	15.18	14.55
PI	4.63	3.53	5.35	4.50	4.62
RN	4.23	3.36	3.90	3.83	3.80
SE	8.04	7.12	8.10	7.75	7.78

Fonte: Elaborada pelo autor.

Onde: C_T Custo Total para manter e instalar uma geladeira.

G é o valor da geladeira

M é custo de manutenção para um período de 5 anos (60 meses).

I é o custo da instalação.

W é o custo de capital - 15%.

Os custos de manutenção, instalação e valor do equipamento são diferentes em cada Unidade Federativa (UF).

Entre os anos de 2020 e 2022, verifica-se um aumento no valor da geladeira em torno de 30% em média.

Para simplificação dos cálculos no presente trabalho, os custos de manutenção, instalação

Tabela 3 – Quantidade e percentual de Alocação de Geladeiras por Ranking

Ranking	2020	2021	2022	Total	%Total	%Média
1	1116	2042	3955	7113	27.75	26.12
2	557	1191	2019	3767	14.69	13.87
3	451	135	416	1002	3.91	4.44
4	242	187	332	761	2.97	3.15
5	1269	2360	2845	6474	25.25	25.27
6	983	1840	2144	4967	19.38	19.46
7	422	114	132	668	2.61	3.39
8	472	232	180	884	3.45	4.31

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4 – Perfil de Clientes com geladeira por UF - Média

UF	clientes	var_share	var_vol	var_mar	vol_incr (UC)	vpl(R\$)
AL	2387	0.15	0.47	0.57	11.39	6528.46
BA	6570	0.19	0.33	0.55	4.06	3032.77
CE	2560	0.16	0.51	0.65	10.61	6100.61
MA	3356	0.07	0.48	0.65	9.28	5201.44
MT	1070	0.17	0.74	0.77	19.77	12068.62
PB	1810	0.19	0.37	0.58	7.89	4536.23
PE	3731	0.19	0.45	1.09	9.32	5723.48
PI	1184	0.19	0.27	0.66	6.69	3078.63
RN	974	0.10	1.00	0.56	13.17	7044.10
SE	1994	0.18	0.50	0.57	15.02	6219.27

Fonte: Elaborada pelo autor.

e wacc serão os mesmo para todos os anos.

3.2.4 Análise Preditiva do Parque de Geladeira

Foi realizado a construção de algoritmos preditivos a partir dos dados históricos dos anos de 2020 e 2023, para se prever qual o perfil e características de potencial de retorno de cada cliente que ainda não possui uma geladeira instalada. A partir disso ter uma lista rankeada de todos os estados com os clientes potenciais para se receber uma geladeira.

3.2.4.1 Modelo Preditivo

O modelo preditivo criado foi um algoritmo classificação de árvore de decisão, cuja variável target era informar se cada cliente teria retorno do investimento ou não (0/1). Para a construção desse modelo se utilizou dados de observação de um ano de vendas, como receita, volume e margem, dados de cadastro e nível de serviço para cada cliente. A variável mais significativa para o modelo foi a variável de tendência de aumento de volume, uma nova feature construída com regressão a partir de uma observação das vendas 12 meses anteriores a instalação

Tabela 5 – Perfil de Clientes com geladeira por UF - Mediana

UF	clientes	var_share	var_vol	var_mar	vol_incr (UC)	vpl(R\$)
AL	2387	0.14	0.14	0.20	6.05	2942.18
BA	6570	0.10	0.06	0.29	1.95	797.74
CE	2560	0.18	0.05	0.20	2.45	1080.71
MA	3356	0.04	0.10	0.33	4.43	2226.16
MT	1070	0.06	0.15	0.21	7.38	4189.19
PB	1810	0.14	0.07	0.21	2.87	1140.62
PE	3731	0.13	0.08	0.25	4.57	2074.91
PI	1184	0.14	0.04	0.33	2.00	620.34
RN	974	0.08	0.18	0.23	6.49	3017.78
SE	1994	0.15	0.14	0.22	7.69	2507.90

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 6 – Perfil de Clientes com geladeira por Ranking - Média

ranking	clientes	var_share	var_vol	var_mar	vol_incr (UC)	vpl(R\$)
1	7113	0.26	0.62	0.42	38.02	17408.43
2	3767	-0.02	0.65	0.47	39.84	19982.25
3	1002	0.50	4.14	3.13	31.79	12648.63
4	761	-0.01	4.26	2.70	26.21	12426.87
5	6474	0.25	-0.23	0.30	-19.45	-6946.01
6	4967	-0.00	-0.23	0.36	-21.52	-8193.30
7	668	0.45	-0.10	2.43	-4.90	-1158.32
8	884	-0.02	0.05	2.14	-3.61	-931.91

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 7 – Perfil de Clientes com geladeira por Ranking - Mediana

ranking	clientes	var_share	var_vol	var_mar	vol_incr (UC)	vpl(R\$)
1	7113	0.19	0.39	0.24	20.66	9084.95
2	3767	0.00	0.40	0.29	21.33	10858.06
3	1002	0.23	1.14	1.19	19.53	7420.59
4	761	0.00	1.46	1.16	16.13	7293.98
5	6474	0.18	-0.18	0.21	-9.87	-3620.65
6	4967	0.01	-0.17	0.25	-9.85	-4000.00
7	668	0.20	-0.12	0.47	-1.65	-431.82
8	884	0.00	-0.06	0.52	-0.71	-172.97

Fonte: Elaborada pelo autor.

da geladeira. Esse modelo preditivo obteve uma acurácia de 85%, precisão de 83% e recall de 81%.

Em seguida a mesma categorização de ranking foi atribuída aos clientes sem geladeira conforme a figura 6.

Tabela 8 – Custos de Geladeira por UF (2020 a 2022)- Média

UF	G_2020	G_2021	G_2022	M	I	C _T _2020	C _T _2021	C _T _2022
AL	2056.07	2206.25	2853.02	888.0	100	3303.13	3472.24	4200.50
BA	2237.70	2156.75	2764.93	870.0	125	3514.65	3423.50	4108.31
CE	2229.49	2322.02	2891.85	900.0	115	3525.41	3629.59	4271.22
MA	2249.14	2301.54	2978.66	888.0	110	3530.53	3589.53	4351.97
MT	2261.74	2225.36	2827.43	960.0	130	3636.72	3595.76	4273.69
PB	2204.91	2230.46	3012.97	900.0	105	3487.73	3516.50	4397.60
PE	2227.34	2212.18	2876.36	930.0	115	3552.98	3535.91	4283.78
PI	2244.98	2452.34	2965.75	870.0	120	3517.85	3751.33	4329.43
RN	2373.07	2572.43	2870.31	870.0	100	3642.08	3866.56	4201.97
SE	2259.86	2322.10	2857.35	840.0	105	3489.60	3559.68	4162.38

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota – O valor do WACC para todos os estados é o mesmo de 12,6%.

Legenda – G₋: valor da geladeira, M: manutenção, I: instalação e C_T_: Custo Total

3.2.4.2 Perfil de Clientes sem Geladeira 2023

O modelo gerou uma lista de 103 mil clientes no total distribuídos em todos os estados.

Tabela 9 – Perfil de Cliente sem Geladeira para 2023 - Ranking

ranking	#clientes	vpl (R\$)	vol_incr (UC)	var_mar	var_vol	var_share	%clientes
1	9604	7881.16	18.39	0.40	0.71	0.32	9.29
2	9233	8750.87	16.95	0.43	0.81	-0.02	8.93
3	7475	9457.28	24.22	3.49	4.68	0.58	7.23
4	7727	6291.97	12.94	2.75	4.89	-0.01	7.47
5	16017	-2117.62	-6.30	0.21	-0.22	0.28	15.49
6	15863	-2108.07	-4.91	0.27	-0.21	-0.01	15.34
7	12965	-259.81	-1.01	2.18	-0.09	0.42	12.54
8	24497	-310.70	-0.83	2.12	0.01	-0.03	23.70

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota – Clientes Potenciais: 103381 e VPL Médio R\$: 3448.14

3.2.4.2.1 Clientes com VPL Positivo

Como o intuito do modelo final é termos apenas cliente que tenham potencial de ter um retorno do investimento, abaixo está somente os clientes que possuem um perfil de VPL positivo, ou seja maior que 0 (zero). A quantidade desses clientes é torno de 44042.

Tabela 10 – Perfil de Cliente sem Geladeira para 2023 - UF

UF	#clientes	vpl (R\$)	vol_incr (UC)	var_mar	var_vol	var_share	%clientes
AL	9205	-303.30	-0.49	1.09	0.97	0.14	8.90
BA	20978	-129.81	-0.67	1.04	1.04	0.21	20.29
CE	14252	-1111.17	-2.70	2.34	0.49	0.09	13.79
MA	15183	191.48	0.64	1.12	0.65	0.05	14.69
MT	6496	1137.13	4.19	1.30	1.23	0.21	6.28
PB	9196	-277.14	-0.54	0.99	0.57	0.18	8.90
PE	14315	-356.25	-0.70	2.08	0.56	0.20	13.85
PI	4834	214.16	0.98	0.99	0.65	0.32	4.68
RN	4211	83.47	-0.45	0.58	1.30	0.09	4.07
SE	4711	-138.95	-0.84	1.18	0.55	0.15	4.56

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota – Clientes Potenciais: 103381 e VPL Médio R\$: -69.04

Tabela 11 – Perfil de Cliente sem Geladeira para 2023 - Ranking

ranking	#clientes	vpl (R\$)	vol_incr (UC)	var_mar	var_vol	var_share	%clientes
1	9168	7881.16	18.39	0.40	0.71	0.32	20.83
2	8701	8750.87	16.95	0.43	0.81	-0.02	19.77
3	7232	9457.28	24.22	3.49	4.68	0.58	16.43
4	7398	6291.97	12.94	2.75	4.89	-0.01	16.81
5	407	385.18	0.63	0.16	-0.01	0.41	0.92
6	1063	302.04	0.58	0.21	-0.03	-0.03	2.42
7	2589	489.39	1.31	0.91	0.16	0.45	5.88
8	7454	453.11	0.98	1.18	0.19	-0.03	16.94

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota – Clientes Potenciais: 44012 e VPL Médio R\$: 4251.38

3.2.5 Investimento, Custos e Alocação das Geladeiras em 2023

Em 2022, os custos totais de investimento em geladeira foi em torno de R\$ 52 MM. Para o ano de 2023, o Investimento em geladeira sera o equivalente a 2022 acrescido da taxa de juros acumulada para o ano de 2022, que foi em torno de 5,7%, dando um montante em torno de R\$ 55 MM.

- Valor Investimento em 2022 : R\$ 51927729.6
- Quantidade de Geladeiras instaladas em 2022: 12023
- Custo Médio por Geladeira instalada em 2022: R\$ 4319.0
- Valor Investimento em 2023 : R\$ 54934345.1

Tabela 12 – Perfil de Cliente sem Geladeira para 2023 - UF

UF	#clientes	vpl (R\$)	vol_incr (UC)	var_mar	var_vol	var_share	%clientes
AL	4215	7779.84	13.86	1.47	2.22	0.19	9.58
BA	8959	6001.83	11.76	1.65	2.56	0.18	20.36
CE	3414	7725.22	17.21	1.20	2.31	0.16	7.76
MA	7867	7765.70	15.36	1.52	1.36	0.04	17.87
MT	3644	9039.18	16.95	1.69	2.13	0.27	8.28
PB	4122	3013.22	7.04	0.96	1.51	0.28	9.37
PE	5480	10169.44	22.94	1.84	1.68	0.32	12.45
PI	2475	6492.96	18.39	1.18	1.32	0.14	5.62
RN	1926	5232.72	8.07	0.81	2.69	0.07	4.38
SE	1910	6406.04	13.26	1.42	1.47	0.18	4.34

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota – Clientes Potenciais: 44012 e VPL Médio R\$: 6962.62

3.2.5.1 Custos das Geladeira em 2023

Em 2023, haverá um investimento de 55 MM de reais no parque de geladeiras. Os custos de geladeira para o ano de 2023 apresentam uma variação máxima entre o menor custo e maior de R\$ 305.00. Essa variação é crucial para se poder fazer uma maximização na cobertura do parque de geladeiras.

- Menor Custo em 2023 - BA: R\$ 4288.6
- Maior Custo em 2023 - PB: R\$ 4594.0
- Diferença Menor e Maior Custo: R\$ 305.5

3.2.5.2 Alocação de Geladeira 2023

Já para encontrar a alocação ideal para o ano de 2023, teve-se que observar a alocação histórica do parque para os anos de 2020, 2021 e 2022 e estabelecer algumas premissas.

Há tendência ano a ano, 2020 para 2021 e 2021 para 2022 a se ter a mesma proporção de geladeira por UF, excetuando BA e MA, o primeiro com uma queda em torno -13 p.p e o segundo com um aumento em torno + 8 p.p. entre o ano de 2021 para 2022.

Como atualmente em torno de 63% dos clientes do parque de geladeira de 2022 dão retorno. E tendo como objetivo principal termos a maximização do *ROI*. Adotaremos as seguintes premissas:

1. Todos os estados precisam ter instalação de geladeira.

Tabela 13 – Custos da Geladeira em 2023 - UF

<i>UF</i>	<i>G_2023</i>	<i>M</i>	<i>I</i>	<i>W</i>	<i>C_T_2023</i>
AL	3018.21	888.0	100	0.13	4386.50
BA	2925.02	870.0	125	0.13	4288.57
CE	3059.29	900.0	115	0.13	4459.76
MA	3151.12	888.0	110	0.13	4546.17
MT	2991.14	960.0	130	0.13	4458.02
PB	3187.42	900.0	105	0.13	4594.04
PE	3042.90	930.0	115	0.13	4471.31
PI	3137.47	870.0	120	0.13	4522.79
RN	3036.50	870.0	100	0.13	4389.10
SE	3022.79	840.0	105	0.13	4348.66

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota – O valor do WACC para todos os estados é o mesmo de 12,6%.

Legenda – *G_*: valor da geladeira, *M*: manutenção, *I*: instalação e *C_T_*: Custo Total

2. A cobertura ou alocação mínima (*%A_min*) em 2023 para cada UF será 50% da Alocação histórico (*%A_his*) de cada UF - Para casos de UF, onde o potencial do VPL médio para 2023 é abaixo da média: BA, PB, PI, RN e SE - ver ??;
3. A cobertura ou alocação mínima (*%A_min*) em 2023 para cada UF será 100% da Alocação histórico (*%A_his*) de cada UF - Para casos de UF, onde o potencial do VPL médio para 2023 é igual ou acima da média: AL, CE, MA, MT e PE - ver ??;
4. A cobertura ou alocação máxima (*%A_max*) em 2023 para cada UF poderá ser até 2 vezes a Alocação histórico (*%A_his*) - Para casos de UF, onde o potencial do VPL médio para 2023 é igual ou acima da média: AL, CE, MA, MT e PE - ver ??;
5. A cobertura ou alocação máxima (*%A_max*) em 2023 para cada UF poderá ser até 1 a Alocação histórico (*%A_his*) - Para casos de UF, onde o potencial do VPL médio para 2023 é abaixo da média: BA, PB, PI, RN e SE - ver ??;
6. A quantidade mínima de geladeiras para cada UF (*min_gdm*) será a quantidade de instalação realizada no ano de 2022 que deram retorno ($VPI > 0$).
7. A quantidade máxima de geladeiras para cada UF (*max_gdm*) será a quantidade de de clientes sem geladeira em 2023 que deram retorno ($VPI > 0$).

Tabela 14 – Alocação das Geladeira em 2023 - UF

<i>UF</i>	<i>C_T_2023</i>	<i>%A_his</i>	<i>%A_min</i>	<i>%A_max</i>	<i>min_gdm</i>	<i>max_gdm</i>
AL	4386.50	9.31	9.31	18.62	801	4215
BA	4288.57	25.63	12.81	25.63	1576	8959
CE	4459.76	9.99	9.99	19.97	797	3414
MA	4546.17	13.09	13.09	26.18	1340	7867
MT	4458.02	4.17	4.17	8.35	272	3644
PB	4594.04	7.06	3.53	7.06	563	4122
PE	4471.31	14.55	14.55	29.11	961	5480
PI	4522.79	4.62	2.31	4.62	369	2475
RN	4389.10	3.80	1.90	3.80	305	1926
SE	4348.66	7.78	3.89	7.78	671	1910

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.3 Modelagem do Problema - Otimizar o ROI do Parque de Geladeiras

A modelagem seguirá o processo de desenvolvimento da solução de problemas de programação linear inteira, onde se apresenta as variáveis de decisão, a função objetivo, as restrições do problema e quadro resumo com os modelo matemático proposto.

Diante de todos os dados apresentados na seção 3.2, o problema de Otimização do ROI do parque de geladeiras é uma problema de maximização e terá que ser modelado em duas etapas, já que observou-se nas tabelas 12 e 13 que o VPL médio potencial para 2023 e os custos de geladeira são diferente em cada UF, isso se dá, pois há práticas de preços, margens e particularidades específicas para cada estado, mercado e canal. Estamos tratando de uma granularidade a nível cliente, logo cada cliente tem cinco características que são específicas e determinam a qual perfil fará parte, fazendo com que VPL médio potencial por UF tenha uma variação máxima de R\$ 7156.00 entre as UFs com o maior VPL médio (PE) e menor VPL médio (PB).

- UF ou Unidade Federativa, corresponde aos Estados
- Mercado (Região geográfica delimitada, considerada sob o aspecto de consumo ou compra de um determinado produto - Ex.: FRIO, TRADICIONAL, ATACADO)
- Canal (Subcategoria dos mercados - Ex.: FRIO - Restaurante ou FRIO- Padaria;
- Faixa de Volume (Média do Volume de Compras - Tamanho do Cliente)
- Ranking - Classificação de cada cliente segundo as prioridades do negócio, como retorno, giro mínimo e crescimento de share.

Devido o valor do investimento ser limitado a 55 MM, a quantidade de geladeiras em cada UF será determinante para se alcançar o valor máximo do ROI do Parque de Geladeiras. Já

que, ao se aumentar a quantidade de geladeiras no parque com o mesmo valor investido, temos a oportunidade de ter um maior retorno do investimento, pois para cada geladeira é possibilidade de receita adicional. Porém, se não houver uma combinação ótima entre esses dois fatores, pode-se ter uma máxima cobertura, mas sem o máximo do ROI e vice-versa.

Assim, para haver a maximização do *ROI* do parque de Geladeiras, associado ao aumento da cobertura de geladeiras teremos que:

1. Fazer a Maximização da Cobertura do Parque Geladeiras, ou Minimização dos Custos Médio de Geladeira do Parque, descobrindo qual a quantidade ideal de geladeiras para cada estado ou UF;

Com a quantidade de geladeiras para cada UF definidas:

2. Fazer a Maximização do *VPL médio* em cada UF, descobrindo quais os clientes corretos para se dar uma geladeira para se ter um maior retorno do investimento para a UF;

Após termos o *VPL médio* máximo de cada UF;

3. Definir o *VPL médio Máx* do Parque de Geladeiras, que é o somatório dos *VPL médio máx* de cada UF;
4. Definir o valor máximo do *ROI* do Parque de Geladeira, que será a divisão do *VPL Médio Máx* pelo Investimento em 2023 no parque.

3.3.1 Problema 1: Maximizar a quantidade de geladeiras por UF

3.3.1.1 Variáveis de Decisão

As variáveis de decisão são as quantidades de geladeiras possíveis para cada UF. Todas as variáveis de decisão são inteiras.

Tabela 15 – Variáveis de Decisão - P1

Id	UF	Variável de Decisão	Descrição	C_T_{2023}
1	AL	G_1	Quantidade de GDMs para AL	4386.50
2	BA	G_2	Quantidade de GDMs para BA	4288.57
3	CE	G_3	Quantidade de GDMs para CE	4459.76
4	MA	G_4	Quantidade de GDMs para MA	4546.17
5	MT	G_5	Quantidade de GDMs para MT	4458.02
6	PB	G_6	Quantidade de GDMs para PB	4458.02
7	PE	G_7	Quantidade de GDMs para PE	4594.04
8	PI	G_8	Quantidade de GDMs para PI	4471.31
9	RN	G_9	Quantidade de GDMs para RN	4522.79
10	SE	G_{10}	Quantidade de GDMs para SE	4389.10

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.3.1.2 Função Objetivo

Para a maximização da quantidade de geladeiras do parque, deve-se levar em consideração o custo da geladeira em cada UF. Porém, deve-se levar em consideração as restrições do negócio e também o VPL médio de cada UF, que pode ser um fator contribuinte para a maximização do ROI do parque total.

O custo total da geladeira, que é o somatório do valor do equipamento, mais taxa, mais manutenção e mais instalação em cada UF, representa um parâmetro. Para simplificação, no modelo de otimização será utilizado já o custo total de geladeira por UF.

Dessa forma, a função ojetiva é:

$$MaxZ = \sum_{n=1}^{10} G_n \quad (3.6)$$

Onde:

$MaxZ$ é Função de Maximização da Quantidade de Geladeiras;

G_n é a variável de decisão que representa a quantidade de geladeiras;

n é o número do Id correspondente de cada UFs. Ver tabela 17

3.3.1.3 Restrições

3.3.1.3.1 Restrição do Valor do Investimento

O Investimento total é 55MM, logo o custo total representado pelo produto das variáveis de decisão de cada UF pelo custo da geladeira da UF não pode ultrapassar o valor do investimento inicial

$$r_1 : \sum_{n=1}^{10} C_n G_n \leq 55000000 \quad (3.7)$$

Onde:

r_1 restrição do valor do investimento;

G_n é a variável de decisão que representa a quantidade de geladeiras;

C_n é o custo da geladeira;

n é o número do Id correspondente de cada UFs.

3.3.1.3.2 Restrição Quantidades de Geladeiras

Quantidades Mínima e Máxima de Geladeiras

$$r_2 : G_n \geq Qmin_n \quad (3.8)$$

Tabela 16 – Restrições de Quantidades e Percentual de Alocação

Id	Rest	AL	BA	CE	MA	MT	PB	PE	PI	RN	SE
0	Qmin	801	1576	797	1340	272	563	961	369	305	671
1	Qmax	4215	8959	3414	7867	3644	4122	5480	2475	1926	1910
2	Amin	9.3	12.8	10	13.1	4.2	3.5	14.6	2.3	1.9	3.9
3	Amax	18.6	25.6	20	26.2	8.3	7.1	29.1	4.6	3.8	7.8

$$r_3 : G_n \leq Qmax_n \quad (3.9)$$

Alocação Percentual Máxima e Mínima

$$r_4 : \left(\frac{G_n}{G_{22}} \right) * 100 \leq Qmax_n \quad (3.10)$$

$$r_5 : \left(\frac{G_n}{G_{22}} \right) * 100 \geq Qmin_n \quad (3.11)$$

Onde:

G_n é a variável de decisão que representa a quantidade de geladeiras;

n é o número do Id correspondente de cada UF, com $n:[1,10]$;

G_{22} é o Total de Geladeiras do parque 2022, ou seja $G_{22} = 12023$.

Por se tratar de quantidades inteiras, todas as variáveis de decisão são maior ou igual a zero.

$$r_6 : G_n \geq 0 \quad (3.12)$$

3.3.1.4 Modelo de Otimização 1

O modelo de otimização para a maximização da cobertura do parque de geladeiras é expresso abaixo.

$$\text{Max}Z = \sum_{n=1}^{10} G_n$$

sujeito a:

$$r_1 : \sum_{n=1}^{10} C_n G_n \leq 55000000$$

$$r_2 : G_n \geq Q_{\min_n}$$

$$r_3 : G_n \leq Q_{\max_n}$$

$$r_4 : \left(\frac{G_n}{G_{22}}\right) * 100 \leq Q_{\max_n}$$

$$r_5 : \left(\frac{G_n}{G_{22}}\right) * 100 \geq Q_{\min_n}$$

$$r_6 : G_n \geq 0$$

com $n:[1,10]$

3.3.2 Problema 2: Maximizar o ROI em cada UF

Após definir-se as quantidades de Geladeiras para cada UF, ou seja, G_n , $sendon : [1, 10]$.

Para a Maximização do Retorno do Investimento, haverá um modelo de otimização do ROI para cada UF. Dessa Forma:

3.3.2.1 Variáveis de Decisão

Em cada UF, as variáveis de decisão podem ser tanto quanto seja o número de clientes, ou pdvs, Sendo que os valores dessa variável variam entre 0 e 1. A variável com valor “0” indicará que aquele cliente não receberá geladeira, já quando a variável é “1” indica que aquele cliente receberá uma geladeira.

Cada cliente só pode receber uma geladeira, pois é uma premissa do negócio.

3.3.2.2 Função Objetivo

Para a maximização do retorno do investimento em cada UF, um dos parâmetros que se levará em consideração é o vpl de cada cliente.

Dessa forma, teremos uma função ojetiva é para cada UF:

$$\text{Max}Z_n = \sum_1^m vpl_m AL_m \quad (\text{AL})$$

$$\text{Max}Z_n = \sum_1^m vpl_m BA_m \quad (\text{BA})$$

Tabela 17 – Variáveis de Decisão

Id	UF	Variável de Decisão	Descrição
1	AL	AL_m	Qtde de GDMs 0 ou 1 para cliente m
2	BA	BA_m	Qtde de GDMs 0 ou 1 para cliente m
3	CE	CE_m	Qtde de GDMs 0 ou 1 para cliente m
4	MA	MA_m	Qtde de GDMs 0 ou 1 para cliente m
5	MT	MT_m	Qtde de GDMs 0 ou 1 para cliente m
6	PB	PB_m	Qtde de GDMs 0 ou 1 para cliente m
7	PE	PE_m	Qtde de GDMs 0 ou 1 para cliente m
8	PI	PI_m	Qtde de GDMs 0 ou 1 para cliente m
9	RN	RN_m	Qtde de GDMs 0 ou 1 para cliente m
10	SE	SE_m	Qtde de GDMs 0 ou 1 para cliente m

Fonte: Elaborada pelo autor.

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m CE_m \quad (CE)$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m MA_m \quad (MA)$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m MT_m \quad (MT)$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m PB_m \quad (PB)$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m PE_m \quad (PE)$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m PI_m \quad (PI)$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m RN_m \quad (RN)$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m SE_m \quad (SE)$$

Onde:

$MaxZ$ é Função de Maximização do Valor Presente Líquido para cada UF;

UF_n é a variável de decisão que representa a quantidade de geladeiras para cada cliente n, pode ser 0 ou 1;

vpl_m é vpl potencial de cada cliente;

m é quantidade de clientes potenciais de cada UFs.

n é o número do Id correspondente de cada UFs.

3.3.2.3 Restrições do Problema

As restrições para o problema de maximização do vpl de cada UF são as quantidades de geladeiras destinadas para cada UF, um restrição do tipo teto, quantidades essas definidas no modelo de otimização anterior, assim como também a o total de geladeiras destinadas para cada UF ser maior que zero, ou seja, restringindo assim a possibilidade de não termos nenhum cliente no estado que não receba geladeira.

Tabela 18 – Tabela de Restrições Problema 2

Id	Restrição	Qtd_GDM
1	AL	G_1
2	BA	G_2
3	CE	G_3
4	MA	G_4
5	MT	G_5
6	PB	G_6
7	PE	G_7
8	PI	G_8
9	RN	G_9
10	SE	G_10

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.3.2.4 Modelo de Otimização 2

Cada UF terá um modelo de Otimização para a Maximização do VPL. Ao todo haverá 10 modelos de Otimização.

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m AL_m \quad (AL)$$

sujeito a:

$$r1 : \sum_1^m AL_m \leq G_1$$

$$r2 : \sum_1^m AL_m \geq 0$$

$$\text{Max}Z_n = \sum_1^m vpl_m BA_m \quad (\text{BA})$$

sujeito a:

$$r1 : \sum_1^m BA_m \leq G_1$$

$$r2 : \sum_1^m BA_m \geq 0$$

$$\text{Max}Z_n = \sum_1^m vpl_m CE_m \quad (\text{CE})$$

sujeito a:

$$r1 : \sum_1^m CE_m \leq G_1$$

$$r2 : \sum_1^m CE_m \geq 0$$

$$\text{Max}Z_n = \sum_1^m vpl_m MA_m \quad (\text{MA})$$

sujeito a:

$$r1 : \sum_1^m MA_m \leq G_1$$

$$r2 : \sum_1^m MA_m \geq 0$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m MT_m \quad (MT)$$

sujeito a:

$$r1 : \sum_1^m MT_m \leq G_1$$

$$r2 : \sum_1^m MT_m \geq 0$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m PB_m \quad (PB)$$

sujeito a:

$$r1 : \sum_1^m PB_m \leq G_1$$

$$r2 : \sum_1^m PB_m \geq 0$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m PE_m \quad (PE)$$

sujeito a:

$$r1 : \sum_1^m PE_m \leq G_1$$

$$r2 : \sum_1^m PE_m \geq 0$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m PI_m \quad (PI)$$

sujeito a:

$$r1 : \sum_1^m PI_m \leq G_1$$

$$r2 : \sum_1^m PI_m \geq 0$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m RN_m \quad (RN)$$

sujeito a:

$$r1 : \sum_1^m RN_m \leq G_1$$

$$r2 : \sum_1^m RN_m \geq 0$$

$$MaxZ_n = \sum_1^m vpl_m SE_m \quad (SE)$$

sujeito a:

$$r1 : \sum_1^m SE_m \leq G_1$$

$$r2 : \sum_1^m SE_m \geq 0$$

3.3.3 Maximizar o ROI do Parque de Geladeiras

Após a maximização do retorno do investimento de cada UF, pode-se ter a maximização do retorno do investimento do parque de geladeiras, através da seguinte expressão abaixo:

$$MaxZ_{total} = \sum_1^n MaxZ_n \quad (3.13)$$

Onde:

$MaxZ_{total}$ é a Função de Maximização VPL do Parque de Geladeiras;

$MaxZ_n$ é a Função de Maximização VPL para cada UF;

n é a representa cada Id correspondente a cada UF;

APLICAÇÃO DE ALGORITMOS DE OTIMIZAÇÃO NO PARQUE DE GELADEIRAS

4.1 Ambiente para Desenvolvimento dos Resultados

Todas as análises desenvolvidas no presente trabalho foram implementadas em python, através do Google Colaboratory, um ambiente de notebooks Jupyter, no qual todos os algoritmos desenvolvidos são executados em nuvem. Dessa maneira, algoritmos complexos que exigem um maior processamento e base de dados grande serão mais facilmente tratadas. Ter esse tipo de ambiente e esse tipo de processamento torna-se um aliado para resolução de modelos de otimização, principalmente em modelos onde se há um número grande de iterações do algoritmo.

Os scripts em linguagem de programação python se encontram estão depositados no GitHub.

O GitHub uma plataforma de desenvolvimento colaborativo que aloja projetos na nuvem utilizando o sistema de controle de versões chamado Git. A plataforma ajuda os desenvolvedores a armazenar e administrar o código e faz o registro de mudanças.([Ebac Online, 2023](#))

4.2 Análises Exploratórias do Parque de Geladeira

Os resultados das análises parque de geladeira de 2022 obtidos após as análise diagnósticas trouxeram os seguintes dados:

Todas as análises do Parque e dos clientes permi

Tabela 19 – Tabela de Resultados - Parque de Geladeiras (Ano 2022)

Indicadores Parque de Geladeiras	Resultados
Valor Investimento (R\$)	R\$ 52.000.000
Total de Geladeiras	12.023
Valor Médio de GDM (R\$)	R\$ 4.319,0
Menor Custo	R\$ 4.174,7
Maior Custo	R\$ 4.469,9
Diferença do Maior Custo	R\$ 150,9
Diferença do Menor Custo	R\$ -144,4
Diferença entre Menor e Maior Custo	R\$ 295,2
Retorno Financeiro- - VPL (R\$)	R\$ 130.901.759,4
Tempo Médio do Retorno do Investimento [Meses]	23,8
Valor Médio de Retorno por GDM (R\$)	R\$ 10.887,6
ROI	2,52

Nota – VPL calculado para um período de 5 anos

4.3 Resultados do Modelo de Otimização no Parque Geladeiras

Após a geração dos modelos de otimização explicitados na subseção 3.3.1.4, através de diversos algoritmos de programação linear inteira presentes na literatura, tornou-se possível a resolução do problema de otimização.

Em ambos os problemas de otimização apresentados neste trabalho, optou-se por utilizar os métodos de Branch-and-Bound e Branch-and-Cut, que são algoritmos utilizados para resolver problemas de otimização combinatória. Esses métodos combinam estratégias de divisão e conquista (branching) com técnicas de corte (cutting) para encontrar soluções ótimas ou aproximações de soluções ótimas. Esses métodos são utilizados para resolver problemas de programação inteira, onde as variáveis de decisão são restritas a serem números inteiros. Eles serão utilizados, principalmente pois nosso problema requer soluções discretas, ou seja, quando ele vai decidir a quantidade de geladeira, estamos falando de um número inteiro.

Conforme já mencionado na seção anterior todas as resoluções da dissertação foram em linguagem de programação python. Especificamente para a resolução dos modelos de otimização utilizou-se a biblioteca Pulp, que é uma biblioteca Python para modelagem e resolução de problemas de programação linear e inteira.

O Pulp oferece uma interface intuitiva e de fácil uso para modelagem e resolução de problemas de programação linear e inteira. Ele permite especificar as variáveis, as restrições e a função objetivo do problema de forma declarativa, e em seguida utiliza o solver subjacente para resolver o problema. O Pulp suporta vários solvers, incluindo o CBC (Coin-or branch and cut), que é um solver que utiliza a combinação do método Branch-and-Bound e Branch-and-Cut para resolver problemas de programação inteira.

A Pulp utiliza o método Simplex para resolver problemas de programação linear e pode utilizar métodos como o Branch-and-Bound e o Branch-and-Cut para resolver problemas de programação inteira, dependendo do solver escolhido. (Pulp)()

Há ainda vários solvers disponíveis na Pulp como GLPK, COIN-OR CLP/CBC, CPLEX, GUROBI, MOSEK, XPRESS, CHOCO, MIPCL, SCIP para a resolução de problemas de otimização.

Na tabela ?? está o resultado final que define as quantidades de geladeiras destinadas para cada UF no Parque de Geladeira de modo a se maximizar a cobertura do parque de geladeiras, tendo um menor custo médio da GDM para o Parque.

Houve um aumento de 3,6% na quantidade de geladeiras instalada no parque, comprando-se com o resultado do parque de 2022.

A função objetivo de maximização teve como resultado **12457** geladeiras distribuídas entre todas as UFs. Obedecendo assim a restrição 1. Para os estados BA, PB, PI, RN e SE tanto as restrições teto e piso foram obedecidas. BA, UF com menor custo de geladeira, quando não colocado as restrições de máximo e mínima percentual de alocação, tende a ter a maior quantidade de geladeira, em algumas simulações obteve mais de 50% das alocações. Por esse motivo é importante salientar como as restrições do negócio são importantes para se ter um melhor resultado.

Todos os percentuais de alocação ficaram dentro das restrições pré-estabelecidas e com os valores muito próximos as médias históricas de alocação, exceto para a UF de Alagoas (AL) que cresceu em torno de 8 p.p o percentual de alocação. .

Tabela 20 – Resultados Modelo de Otimização 1

Id	Restrição	Var.Dec.	Qtd_GDM	%
1	AL	G_1	2177	17%
2	BA	G_2	3081	25%
3	CE	G_3	1201	10%
4	MA	G_4	1574	13%
5	MT	G_5	502	4%
6	PB	G_6	563	5%
7	PE	G_7	1750	14%
8	PI	G_8	369	3%
9	RN	G_9	305	2%
10	SE	G_10	935	8%
			MaxZ	12457
				100%

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4 Resultados do Modelo de Maximização do ROI do Parque de Geladeiras

Após os resultados do modelo de otimização¹, que resultou no percentual de alocação e a quantidade de geladeiras destinadas para cada UF, pode-se resolver o modelo de otimização², que se divide em 10 modelos de otimização, um modelo para cada UF, onde cada cliente irá competir entre sim, e teremos uma variável binária para cada cliente, onde o critério de escolha do cliente será aquele que tem o maior potencial de retorno do Investimento. Serão construídos 10 modelos de Otimização, um para cada UF, para maximização do retorno do investimento, ou seja, o VPL total do Parque. Como foi criado 3 soluções para maximização de cobertura, essas três soluções foram testadas. Dessa forma teve-se no final 30 modelos de otimização descobrindo o Máximo valor de VPL possível para cada UF, sendo 3 modelos testados para cada uma UF.

Na tabela ??stá o resultado final para a otimização do retorno do investimento para o parque de geladeira. Com a Maximização do VPL total do Parque será possível obter-se o valor máximo para o ROI.

Tabela 21 – Tabela de Resultados

Id	Restrição	Var. Dec.	Qtd_GDM	%	Função Obj.	VPL_Máx
1	AL	G_1	2177	17%	MaxZ_AL	R\$ 32.298.078,89
2	BA	G_2	3081	25%	MaxZ_BA	R\$ 44.581.431,81
3	CE	G_3	1201	10%	MaxZ_CE	R\$ 26.148.661,51
4	MA	G_4	1574	13%	MaxZ_MA	R\$ 28.901.221,01
5	MT	G_5	502	4%	MaxZ_MT	R\$ 34.188.383,16
6	PB	G_6	563	5%	MaxZ_PB	R\$ 19.497.717,31
7	PE	G_7	1750	14%	MaxZ_PE	R\$ 39.364.736,62
8	PI	G_8	369	3%	MaxZ_PI	R\$ 5.599.977,18
9	RN	G_9	305	2%	MaxZ_RN	R\$ 5.652.047,99
10	SE	G_10	935	8%	MaxZ_SE	R\$ 9.842.116,22
		G_Total	12457	100%	MaxZ_Total	R\$ 246.074.371,70

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota – VPL calculado para um retorno em 5 anos

O modelo teve sucesso, pois quando se olha para os resultados do estado de pernambuco, que tem praticamente a metade das geladeiras do que tem o estado da Bahia, pode-se verificar que o modelo escolheu apenas os clientes com valor de vpl o maior possível.

O valor máximo para o VPL do parque foi de aproximadamente 246 MM, tendo um aumento de mais de 80%. Em seguida calculou-se o valor do ROI para o parque de 2023 e resultou em valor de 4,47, ou seja, aumentou em 77,4% o retorno do investimento.

CONCLUSÕES

5.1 Considerações sobre os Resultados

Após a aplicação dos algoritmos de Otimização Obteve-se êxito nos objetivos, principalmente quando faz-se a comparação entre os resultados do parque para 2022 e para 2023.

Tabela 22 – Tabela de Resultados - Parque de Geladeiras (2022 e 2023)

Resultados	Ano 2022	Ano 2023	%
Valor Investimento (R\$)	R\$ 52.000.000,00	R\$ 55.000.000,00	5,8%
Total de Geladeiras	12.023	12.457	3,6%
Custo Médio de GDM (R\$)	R\$ 4.319,00	R\$ 4.415,19	2,2%
Menor Custo de GDM (R\$)	R\$ 4.174,70	R\$ 4.288,57	2,7%
Maior Custo de GDM (R\$)	R\$ 4.469,90	R\$ 4.594,04	2,8%
Diferença Maior Custo (R\$)	-R\$ 150,90	-R\$ 178,85	18,5%
Diferença Menor Custo (R\$)	R\$ 144,30	R\$ 126,62	-12,3%
Diferença Menor e Maior (R\$)	R\$ 295,20	R\$ 305,47	3,5%
Retorno Financeiro - VPL(R\$)	R\$ 130.901.759,40	R\$ 246.074.371,70	88,0%
Payback [Meses]	23,8	13,41	-43,7%
Valor Médio VPL por GDM (R\$)	R\$ 10.887,60	R\$ 19.753,90	81,4%
ROI	2,52	4,47	77,4%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota – VPL calculado com o tempo de retorno em 5 anos

Conclui-se que o modelo de otimização foi eficiente, pois ao se comparar os resultados entre os dois anos percebe-se um aumento significativo nos resultados. Sendo o investimento, praticamente o mesmo, pois o único ajuste de um ano para o outro foi o acréscimo pela inflação. Sendo assim, pode-se afirmar que houve um crescimento da quantidade de geladeiras em torno de 4%, o equivalente a 434 geladeiras a mais. Sendo satisfatório o aumento da cobertura do parque de geladeira para o ano de 2023.

Valor médio de GDM não teve uma diminuição, porém o valor não está muito maior. Isso, ocorre, pois com problemas reais há várias restrições inerantes ao negócio que precisam ser obedecidas e consideradas para que se haja uma maior diversificação do investimentos nos diferentes mercados da empresa, haja vista, crescimento de share também é uma das prioridades estartégicas da empresa.

O Valor do Retorno Financeiro, o VPL que era um dos objetivos específicos ser maximizado em cada UF para poder ter sua maximização máxima dentro do parque de geladeiras teve um crescimento em torno de 90%, ou seja, excelente resultado. Demonstrando assim a eficiência da modelagem proposta e os benefícios que a mesma pode vir a trazer para as tomadas de decisões nas empresas.

O tempo médio de retorno para o ano de 2023, ou *Payback*, teve uma redução em 10 meses, quando se comparado ao *payback* de 2022. Dessa forma, pode-se afirmar que a maior parte do investimento é paga no 1º ano. Análises mais detalhadas a nível estado e cliente, podem ser realizadas, afim de poder saber quais clientes exatamente se pagam no 1º ano, e quais estados possuem o *payback* médio menor. Pois essas informações podem servir de *inputs* futuros para retroalimentar os modelos construídos, tanto preditivo como de otimização.

O Valor médio do Retorno Finnaceiro por GDM dentro do parque aumneto em torno de 9 mil reais, ou seja, teve um aumento de quase 100%.

Por fim, o ROI do parque de geladeiras, que já se mostrava um investimento rentável, teve um aumento de 77%, demonstrando assim a importância do uso de ciência de dados com análises diagnósticas, preditivas e de otimização na gestão dos investimentos. Não só na gestão dos investimentos como na jornada de tornar as empresas mais eficientes.

O objetivo geral do trabalho foi alcançado, tendo um modelo de otimização que foi proposto maximizando o retorno do investimento do parque de geladeiras, ao mesmo tempo que também maximizou a cobertura, ou seja, aumentou a quantidade de geladeiras distribuídas para os clientes no parque, praticamente com o mesmo investimento do ano anterior, obedecendo a todas as regras de negócio e restrições específicas.

5.1.1 Limitações e Trabalhos Futuros

As únicas limitações do modelo foi a não implementação da variável de crescimento de share, pois diante das análises ainda há poucos dados e não muito consistentes em relação ao share. O tempo para para a implemtação com essas informações poderia deixar o modelo mais complexo, não sendo possível se utilizar a programação linear, mas tendo que se recorrer a outras técnicas de otimização.

Há três sugestões para futuros trabalhos:

1. a primeira seria a inserção de mais variáveis de negócio como share, ruptura, nível de

serviço, limite de crédito, inadimplência, dentre outras, são boas oportunidades de melhorar o modelo;

2. Outra boa implementação para futuros trabalhos é atualizar e melhorar o modelo para que seja possível alocar mais de uma geladeira por cliente. Ou seja, um modelo que otimize a quantidade de geladeiras para cada tipo de cliente. Dessa forma, poderia maximizar mais ainda o *ROI*.
3. Implementar no mesmo modelo a variável de risco, para maximizar o *ROI*, mas ao mesmo tempo minimizando a taxa de risco;
4. Por fim, implementar a mesma problemática, mas com outros tipos de algoritmos, como análise Bayesiana.

REFERÊNCIAS

- BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. **Princípios de Finanças Empresariais**. Porto Alegre: Bookman, 2017. Citado nas páginas 44, 45, 48 e 49.
- BRIGHAM, E. F.; EHRHARDT, M. C. **Financial management: Theory and practice**. [S.l.]: Cengage Learning, 2016. Citado na página 53.
- CHIAVENATO, I. **Administração nos Novos Tempos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. Citado na página 33.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Supply chain management: Strategy, planning, and operation**. [S.l.]: Pearson, 2016. Citado na página 53.
- Coca-Cola Brasil. **Sistema Coca Cola Brasil**. 2022. <<https://www.cocacolabrasil.com.br/nossacompanhia/sistema-coca-cola-brasil>>. Acessado em: 31 de maio de 2023. Citado nas páginas 40 e 41.
- Ebac Online. **O que é GitHub: para que serve, como funciona e como utilizar**. 2023. <https://ebaconline.com.br/blog/o-que-e-github?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=course_0_all_google_perf-max_all_conversions_all&utm_content=c_20157410283ladg_lad_lph_lkey_ldev_clpst_lrgnid_1001538lplacement_&gclid=CjwKCAjwvdajBhBEEiwAeMh1U4rLahohAT1H_0vJ9yLGPGLoDeWAXsvto8sGHIIaqPkYDX7obJYbRoCYRoQAvD_BwE>. Acessado em: 31 de maio de 2023. Citado na página 87.
- HILL, M. T.; SELVARAJ, T. **Principles of Mathematical Modeling**. [S.l.]: Academic Press, 2010. Citado nas páginas 54 e 55.
- LACHTERMACHER, G. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões: Modelagem em Excel**. [S.l.]: Elsevier, 2007. Citado nas páginas 52, 55, 58 e 59.
- Leandro Abreu - Rock Content. **Payback Descontado**. 2023. <<https://rockcontent.com.br/blog/payback-descontado/>>. Acessado em: 31 de maio de 2023. Citado nas páginas 46 e 47.
- McKinsey & Company. **Agility at Scale: Solving the Growth Challenge in Consumer Packaged Goods**. <<https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/agility-at-scale-solving-the-growth-challenge-in-consumer-packaged-goods/pt-BR>>. Acessado em: 31 de maio de 2023. Citado na página 34.
- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D.; BRADFORD, D. **Princípios de Administração Financeira**. São Paulo: Atlas, 2016. Citado nas páginas 34, 43 e 48.
- RUSSELL, R. S.; TAYLOR, B. W. **Operations management: Creating value along the supply chain**. [S.l.]: Wiley, 2018. Citado na página 53.
- The Coca-Cola Company. **The World's Largest Beverage Distribution System**. 2022. <<https://investors.coca-colacompany.com/about/coca-cola-system>>. Acessado em: 31 de maio de 2023. Citado na página 39.

PÁGINAS INTERESSANTES NA INTERNET

<<https://coca-colafemsa.com/pt-br/glossario/>> Página em inglês com o glossário para diversos termos e definições utilizados no Sistema Coca Cola Brasil por todas as fabricantes pertencentes ao sistema;

<<https://ri.solarbr.com.br/servicos-aos-investidores/fale-com-ri/>> Página em português que fala dos resultados da SolarBr - canal voltado para Relação com os Investidores (RI);

<<https://investors.coca-colacompany.com/strategy/growth-strategy>> Página em inglês que fala da estratégia e resultados do Sistema Coca-Cola - canal voltado para *RI*;

<<https://pypi.org/project/PuLP/>> Página da biblioteca Pulp 2.7.0, um modelador de LP escrito em python.

