



# GESTÃO E ABASTECIMENTO DE COMPONENTES EM EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO NO SETOR AUTOMÓVEL

JOÃO DE FREITAS MARINHO CRUZ

junho de 2023

# GESTÃO E ABASTECIMENTO DE COMPONENTES EM EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO NO SETOR AUTOMÓVEL

João de Freitas Marinho Cruz

**2022/2023**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

página propositadamente em branco

isen

P.PORTO

# GESTÃO E ABASTECIMENTO DE COMPONENTES EM EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO NO SETOR AUTOMÓVEL

João de Freitas Marinho Cruz

1180522

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Norberto Miranda Torres e coorientação da Professora Doutora Marisa João Guerra Pereira De Oliveira

**2022/2023**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

página propositadamente em branco

isen

P.PORTO

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de expressar a minha profunda gratidão a toda a equipa da empresa Cardan S.A. por acreditar em mim e no meu potencial, por me terem proporcionado a oportunidade de elaborar esta dissertação . Quero destacar especialmente a simpatia e a forma como fui recebido de braços abertos dentro da organização.

Ao Professor Doutor Luís Norberto Miranda Torres, gostaria de dedicar um especial agradecimento pela orientação, disponibilidade e paciência demonstradas ao longo deste projeto. A sua sabedoria e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Professora Doutora Marisa João Guerra Pereira De Oliveira, agradeço por toda a colaboração, pelos valiosos conselhos e pela confiança depositada em mim, pela acessibilidade, pela prontidão e pelo profissionalismo com que me apoiou nesta jornada.

Aos meus pais, à minha família e amigos, que são as pessoas mais importantes da minha vida, gostaria de expressar o meu eterno agradecimento pela paciência, apoio e amor ao longo de todo o meu percurso.

página propositadamente em branco

## RESUMO

Este projeto foi desenvolvido na empresa Cardan S.A., no departamento de gestão e abastecimento de componentes e o principal objetivo é a melhoria do processo de previsão e abastecimento dos principais consumíveis às diversas unidades de produção da empresa. Para tal, será analisado o sistema de gestão de stocks atualmente implementado e apresentadas soluções viáveis para a resolução dos problemas, para que, após a implementação deste projeto, a empresa consiga obter um sistema de gestão de stocks mais otimizado de forma a reduzir o custo global de stocks. Inicialmente, foi necessária a realização de uma análise extensiva ao funcionamento do processo gestão de stocks atualmente implementado, de forma a identificar as falhas mais críticas associadas. Com esta análise foi possível verificar que existe uma elevada necessidade de melhoria relativamente à gestão e aprovisionamento de stocks. De forma a implementar melhorias no sistema de gestão de stocks da empresa, seguindo os conhecimentos obtidos no mestrado sugere-se que seja desenvolvida uma ferramenta que realize o cálculo da previsão da procura assim como o do stock de segurança e do ponto de encomenda dos produtos e que seja produzida uma ferramenta que permita executar o roteamento de forma a minimizar os custos. Estas propostas de melhoria favorecem não só a empresa a nível económico como também a nível organizacional, mantendo o sistema de stocks mais organizado e otimizado, ou seja, estas permitirão ao departamento de gestão e aprovisionamento de peças um maior controlo sobre os itens críticos, uma minimização da quantidade de stocks, uma diminuição da possibilidade de rotura de stocks e ainda uma redução nos custos de distribuição.

## PALAVRAS-CHAVE

“Logística”; “Gestão de Stocks”; “Previsão”; “Problemas de Roteamento”; “VRPTW”.

página propositadamente em branco

## ABSTRACT

This project was developed in the company Cardan S.A., in the department of management and supply of components and the main objective is to improve the process of forecasting and supply of the main consumables to the various production units of the company. To this end, the currently implemented stock management system will be analysed and viable solutions will be presented to solve the problems, so that after the implementation of this project, the company can obtain a more optimised stock management system in order to reduce the overall cost of stocks. Initially, it was necessary to carry out an extensive analysis of the functioning of the stock management process currently implemented, in order to identify the most critical flaws associated. With this analysis it was possible to verify that there is a high need for improvement regarding the management and provisioning of stocks. In order to implement improvements in the stock management system of the company, following the knowledge obtained in the master's degree, it is suggested that a tool be developed to calculate the demand forecast, as well as the safety stock and the point of order of the products, and that a tool be produced to perform the routing in order to minimise costs. These improvement proposals favour not only the company at an economic level but also at an organisational level, keeping the stock system more organised and optimised, i.e., they will allow the parts management and procurement department to have greater control over critical items, a reduction in the quantity of stock, a decrease in the possibility of stock-outs and also a drop in distribution costs.

## KEYWORDS

"Logistics"; "Stock Management"; "Forecasting"; "Routing Problems"; "VRPTW".

página propositadamente em branco

# ÍNDICE

Índice de Figuras .....	VII
Índice de Tabelas .....	IX
Lista de Siglas e Símbolos .....	XI
1. Introdução .....	13
1.1. Contextualização .....	13
1.2. Objetivos .....	13
1.3. Metodologia Utilizada .....	14
1.4. Descrição da Empresa .....	14
1.5. Estrutura da Dissertação .....	15
2. Revisão Bibliográfica .....	17
2.1. Indústria 4.0 e Logística .....	17
2.2. Cadeias de Abastecimento .....	18
2.3. Previsão de Procura .....	19
2.4. Modelos de Previsão .....	20
2.4.1. Exemplos de Utilização de Métodos de Previsão .....	20
2.4.2. Classificação de Modelos de Previsão .....	21
2.4.3. Métodos de Previsão .....	23
2.4.3.1. Média Móvel Simples .....	24
2.4.3.2. Média Móvel Ponderada .....	24
2.4.3.3. Amortecimento Exponencial Simples .....	25
2.4.3.4. Amortecimento Exponencial Duplo (Método de Holt) .....	25
2.4.3.5. Amortecimento Exponencial Triplo (Holt-Winters) .....	26
2.4.3.5.1. Método Holt-Winters com Tendência Linear e Sazonalidade Aditiva .....	26
2.4.3.5.2. Método Holt-Winters com Tendência Linear e Sazonalidade Multiplicativa ..	27
2.5. Erros de Previsão .....	28
2.5.1. Erro Médio Absoluto (MAE) .....	28
2.5.2. Erro Médio Percentual Absoluto (MAPE) .....	28
2.5.3. Erro Médio Quadrático (MSE) .....	29
2.5.4. Erro Quadrático Médio de Raiz (RMSE) .....	29
2.6. Gestão e Controlo de Stocks .....	30
2.6.1. Conceito e Importância dos Stocks .....	30
2.6.2. Modelos de revisão periódica .....	31
2.6.3. Modelos de revisão contínua .....	31
2.6.4. Quantidade Económica a Encomendar (QEE) .....	32
2.6.5. Ponto de Encomenda (PE) .....	32
2.6.6. Stock de Segurança (SS) .....	33
2.7. Problemas de Roteamento .....	33
2.7.1. Problema do Caixeiro-Viajante- TSP .....	34

---

2.7.2. Problema de roteamento de veículos- VRP .....	34
3. Desenvolvimento das Metodologias Implementadas .....	37
3.1. Contexto da empresa .....	37
3.2. Identificação dos problemas .....	37
3.3. Desenvolvimento de propostas de melhoria .....	38
3.3.1. Criação de uma ferramenta para facilitar o cálculo da previsão da procura dos diversos produtos.....	39
3.3.1.1. Exemplo de previsão de um produto .....	40
3.3.2. Ferramenta de auxílio ao cálculo do PE, SS e QEE .....	43
3.3.2.1. Exemplo de cálculo do PE e SS .....	44
3.3.3. Formulação da ferramenta de auxílio ao roteamento.....	45
3.3.3.1. Adaptação da ferramenta de roteamento ao contexto da organização.....	48
3.3.3.2. Cenário 1- Sem restrições temporais .....	49
3.3.3.3. Cenário 2- Imposição de uma janela temporal .....	51
3.3.3.4. Cenário 3- Imposição de duas janelas temporais.....	51
4. Análise de Resultados .....	53
5. Conclusão .....	55
5.1. Conclusões finais .....	55
5.2. Valor acrescentado para a organização .....	55
5.3. Limitações e trabalhos futuros.....	56
6. Referências.....	59
7. Anexos.....	63
7.1. Anexo 1- Organograma da Empresa Cardan .....	63
7.2. Anexo 2-Interface da ferramenta de cálculo de previsão (parte 1).....	64
7.3. Anexo 3-Interface da ferramenta de cálculo de previsão (parte 2).....	65
7.4. Anexo 4-Interface da ferramenta de cálculo do PE e SS .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Potencial impacto da Indústria 4.0 nas Operações e Arquitetura da Cadeia de Abastecimento .....	18
Figura 2- Ilustração de um exemplo de uma cadeia de abastecimento, .....	19
Figura 3- Classificação dos Modelos de Previsão .....	22
Figura 4- Exemplos de combinações entre a sazonalidade e tendência.....	23
Figura 5- Modelo de Revisão Periódica.....	31
Figura 6- Modelo de Revisão Contínua .....	32
Figura 7- Filtro com referência-PE-1680682480 .....	41
Figura 8- Gráfico com os dados de venda do produto PE-1680682480.....	42
Figura 9- Gráfico com as previsões e com os dados reais.....	43
Figura 10- Rota sugerida pelo modelo de roteamento atualmente implementado .....	50
Figura 11- Rota sugerida pelo modelo de roteamento desenvolvido .....	50
Figura 12- Organograma da Empresa Cardan .....	63
Figura 13- Interface da ferramenta de cálculo de previsão (parte 1) .....	64
Figura 14- Interface da ferramenta de cálculo de previsão (parte 2) .....	65
Figura 15- Interface da ferramenta de cálculo do PE e SS .....	66

página propositadamente em branco

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Identificação dos problemas .....	38
Tabela 2- Proposta de melhoria para cada problema.....	38
Tabela 3- Tabela dinâmica com os valores do item nº PE-1680682480 .....	41
Tabela 4- Erros obtidos através da ferramenta Excel para o componente .....	42
Tabela 5- Dados obtidos a partir da utilização da ferramenta.....	45
Tabela 6- Matriz distância das unidades produtivas.....	48
Tabela 7- Matriz tempo entre as unidades produtivas.....	49
Tabela 8- Sintetização dos resultados obtidos nos cenários estudados.....	53
Tabela 9-Propostas de melhoria e os ganhos respectivos para a empresa.....	55

página propositadamente em branco

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

### LISTA DE SIGLAS

ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
ERP	Enterprise Resource Planning
TMS	Transportation Management System
WMS	Warehouse Management System
AM	Additive Manufacturing
IoT	Internet of Things
GCA	Gestão de Cadeias de Abastecimento
ARIMA	Média Móvel Integral Autoregressiva
ANN	Rede Neural Artificial
MMS	Média Móvel Simples
MMP	Média Móvel Ponderada
AES	Amortecimento Exponencial Simples
AED	Amortecimento Exponencial Duplo
AET	Amortecimento Exponencial Triplo
MAE	Erro Médio Absoluto
MASE	Erro Médio Absoluto de Escala
MAPE	Erro Percentual Absoluto Médio
MdAE	Erro Mediano Absoluto
MSE	Erro Médio Quadrático
RMSE	Raiz de Erro Médio Quadrático
inRSE	Erro Médio Quadrático Integral Normalizado
QEE	Quantidade Económica a Encomendar
SS	Stock de Segurança
TSP	Travelling Sales Person
VRP	Vehicle Routing Problem
VRPTW	Vehicle Routing Problem with Time Windows
VRPPD	Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery
HFVRP	Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem
VRPTWS	Vehicle Routing Problem with Time Windows and Sharing

**LISTA DE SÍMBOLOS**

$\alpha$	Constante de amortecimento do nível
$\beta$	Constante de amortecimento da tendência
$\gamma$	Constante de amortecimento da sazonalidade
%	Porcentagem
€	Euros

# 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será realizada uma breve introdução sobre o projeto desta dissertação, para tal, serão evidenciados os principais objetivos do mesmo e ainda será demonstrado o seu enquadramento. Posteriormente, será delineada qual a metodologia que será aplicada no projeto e ainda será realizada uma breve apresentação da empresa. No final, é demonstrada a estrutura da presente dissertação.

## 1.1. Contextualização

A gestão de stocks é um aspeto crítico de qualquer empresa nos dias de hoje. Com o mercado cada vez mais exigente e competitivo, o controlo eficiente de stocks permite criar uma vantagem económica em relação à concorrência. Uma melhoria no sistema de gestão de stocks e no sistema de abastecimento de componentes permite à organização uma maior eficácia e consequentemente uma maior produtividade, o que gera um melhor aproveitamento dos recursos quer financeiros quer humanos da empresa. Para além disso, um bom controlo dos stocks proporciona uma melhor exatidão dos produtos encomendados, criando assim uma melhoria significativa no serviço e opinião do cliente. Posto isto, é crucial que, para evitar ruturas de stock e escassez de produto, exista um sistema de gestão de stocks eficiente. Por outro lado, é importante a organização possuir um sistema de planeamento de rotas pois permite minimizar os custos de distribuição.

O presente projeto foi desenvolvido na empresa Cardan S.A., no âmbito do estágio curricular do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, ramo de Gestão Industrial, o qual se foca numa análise e implementação de um sistema de gestão e abastecimento de stocks de componentes para o funcionamento das diversas unidades produtivas da empresa e consequentemente o desenvolvimento de soluções que visam a otimização do sistema implementado. Uma baixa eficiência no sistema de gestão de stocks causa diversos problemas, entre eles, a rotura de stocks em certas peças e excessos de stocks noutras, o que gera um elevado custo de encomendas de urgência num caso e armazenamento de peças em stocks no outro, sendo nenhuma delas vantajosa para a empresa. Deste modo, o objetivo deste estudo é apresentar melhorias de forma a reduzir o custo e otimizar os processos de abastecimento e gestão.

## 1.2. Objetivos

O principal objetivo desta dissertação é a melhoria do sistema de gestão e abastecimento de stocks de componentes, sendo assim possível obter uma gestão otimizada e eficiente.

Como tal, os objetivos definidos foram:

- Verificação da importância dos diversos produtos nas diversas unidades;
- Análise e desagregação da base de dados previamente existente;
- Criação de ferramenta de cálculo de previsão que permita realizar a comparação dos diversos métodos de previsão e identificar qual deve ser utilizado;
- Criação de modelos de roteamento de forma a otimizar as rotas seguidas pelos colaboradores;
- Criação de modelos automatizados de apoio à decisão com auxílio a macros para otimizar os métodos de previsão.

### **1.3. Metodologia Utilizada**

Com o auxílio do software utilizado na empresa, INCADEA, foi possível aceder aos dados de stocks existentes na empresa, aos produtos mais vendidos, aos prazos de encomenda e entrega dos diversos materiais, aos custos unitários dos produtos, aos produtos em espera para encomenda, ao número de encomendas com urgência e para stock. Com este software, foi possível identificar quais os custos mais significativos do departamento de gestão de stocks e aprovisionamento de peças da empresa e das diversas unidades produtivas.

Com o objetivo de consolidar os conhecimentos adquiridos durante o mestrado e este projeto possuir uma base científica, foi realizada uma investigação e revisão bibliográfica sobre os temas abordados, mais concretamente sobre a Logística e como esta se integra no mercado atualmente, sobre a gestão de aprovisionamentos, a previsão de vendas, a gestão de stocks e sobre os problemas de roteamento.

Posteriormente, foi verificado quais os produtos mais críticos para a organização, isto é, os mais vendidos de forma a focar o modelo de apoio à decisão nestes. De seguida, foi desenvolvida uma ferramenta que permite realizar previsões para o mês seguinte baseando-se no histórico existente. Para além disso esta ferramenta utiliza diversos métodos de previsão e compara os erros de cada método, devolvendo a previsão do método que apresenta menor erro.

Seguidamente, foi criada uma ferramenta que permite identificar qual o stock de segurança e o ponto de encomenda, de forma a manter um stock de segurança mínimo, tentando sempre evitar a rotura de stock.

Por fim, foi utilizado um modelo matemático de forma a solucionar qual deve ser a rota que deve ser seguida para minimizar os custos associados às deslocações entre unidades, tendo em conta as limitações temporais que podem ser apresentadas.

### **1.4. Descrição da Empresa**

A origem do Grupo Cardan remonta a 1966, em Guimarães, como filial da Garagem Sá da Bandeira, constituída por apenas oito colaboradores, tendo como principal atividade o comércio e a reparação de automóveis da marca SIMCA. Posteriormente, alargou a sua atividade na totalidade do Distrito de Braga, passando, desde então, a representar marcas integradas na CRYSLER, tais como a HILLMAN e a SUNBEAM. Para além da atividade de reparação e venda de viaturas novas, a Cardan amplificou as suas linhas de negócio, com a inauguração da “Central de Peças”, em 2000, destinada à distribuição e comercialização de peças e acessórios de automóveis. Além disso, em 2006, iniciou a atividade de aluguer de viaturas, assim como a disponibilização de soluções de mobilidade diversificadas e flexíveis, adequadas às diferentes necessidades de particulares e empresas.

À medida que a oferta de produtos e serviços foi crescendo, a Cardan foi alargando o conjunto de marcas representadas e a sua presença a outras regiões, estando presente, desde 2012, no Grande Porto e vales do Sousa e Tâmega, áreas geográficas onde tem vindo a incrementar o número de unidades instaladas. Atualmente, além da presença física nas principais regiões do Norte do País, o Grupo disponibiliza, nas suas plataformas digitais, uma oferta global de soluções

de mobilidade. A Cardan é, hoje, reconhecida como um dos maiores operadores do setor automóvel do Norte de Portugal, com mais de meio século de atividade e experiência acumulada.

Desde sempre, a Cardan tem como principais objetivos a evolução e o crescimento contínuo sustentado no rigor e compromisso, assim como o fornecimento de uma resposta adequada às expectativas e necessidade dos clientes e colaboradores. Neste sentido, surgem os três pilares que sustentam a atividade da Cardan:

- Missão: fornecer as melhores soluções de mobilidade e transporte;
- Visão: disponibilizar, de forma digital, uma oferta global de soluções de mobilidade;
- Valores: integridade, rigor, transparência e compromisso.

O organograma da empresa que está em vigor atualmente é apresentado no anexo 7.1.

## **1.5. Estrutura da Dissertação**

Em adição à “Introdução”, capítulo I, esta dissertação apresenta mais três capítulos.

No capítulo II, “Revisão Bibliográfica” elaborou-se uma revisão bibliográfica que se focou na logística e na sua evolução histórica, nos principais métodos de previsão e nos diversos sistemas de gestão de stocks e abastecimento de componentes, permitindo compreender os conceitos fundamentais, melhorando assim as bases para a realização do projeto.

No capítulo III, “Desenvolvimento das Metodologias Implementadas”, é referido qual o contexto deste projeto com o objetivo de identificar quais os problemas existentes na organização. De seguida são apresentadas e desenvolvidas propostas de melhoria para a resolução dos mesmos e é realizada uma análise dos resultados obtidos.

No quarto capítulo, “Conclusão”, são referidas quais as conclusões obtidas através desta dissertação, qual o valor acrescentado que este projeto trouxe para a empresa e quais foram as limitações deste trabalho e os trabalhos que podem ser desenvolvidos no futuro.

Por fim, são apresentadas as respetivas referências bibliográficas e anexos.

página propositadamente em branco

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão demonstrados uma série de conceitos estando eles alinhados com o tema desta dissertação. Entre eles destacam-se a Indústria 4.0 e a Logística, os sistemas de gestão de stocks, os sistemas de previsão e os problemas de roteamento. Todos estes temas serão importantes para o desenvolvimento desta dissertação.

### 2.1. Indústria 4.0 e Logística

Devido ao aumento significativo do mercado económico mundial, a logística tem sido um ponto crucial da cadeia de abastecimento mundial. O mercado global da logística está a crescer a um ritmo médio de 8% ao ano, o que cria uma elevada necessidade de evolução a nível tecnológico (Feng & Ye, 2021).

Segundo Tang & Veelenturf (2019), por vezes, a logística é menosprezada pelos gestores das empresas. Estes vêem a logística como sendo um custo sem perceber o que realmente esta consegue proporcionar. Esta tem como principal função permitir que os clientes recebam o produto correto no prazo correto. Empresas como a Blockbuster desvalorizaram o poder da logística e as facilidades que esta consegue proporcionar e foram ultrapassadas pelos seus concorrentes, esta perda de mercado pode mesmo levar à falência da organização.

A invenção da máquina a vapor e a difusão de poderosas ferramentas de produção mecânica marcaram o início da primeira revolução industrial. A utilização de eletricidade, que tornou possível o uso da correia transportadora e a da linha de montagem, definiu a segunda revolução industrial. A terceira revolução industrial assistiu à utilização generalizada das tecnologias eletrónicas, de informação e de comunicação, o que levou à automatização dos processos de fabrico (Barreto et al., 2017).

Segundo Barreto et al. (2017), na última década temos vindo a assistir a um crescente uso e evolução da tecnologia que está por detrás da logística. A esta evolução está associada uma crescente aposta na utilização de softwares de gestão de stocks tais como o *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Transportation Management Systems* (TMS) e o *Warehouse Management Systems* (WMS). Com a ajuda destes softwares é possível tomar decisões cada vez mais eficientes e com uma maior precisão.

A criação e incorporação de tecnologias de informação e comunicação de ponta na indústria é geralmente referida como Indústria 4.0. O principal objetivo é promover a criação de redes inteligentes de produtos e processos ao longo da cadeia de valor, permitindo-lhe utilizar processos organizacionais de forma mais eficiente na produção de bens e serviços para maximizar os benefícios para os consumidores, fornecendo-lhes produtos e serviços únicos. Esta é considerada a quarta grande transformação da Indústria (Barreto et al., 2017).

A Indústria 4.0 é caracterizada pela transformação tecnológica, que permite uma ligação quase em tempo real entre os planos físico e digital, possibilitando assim a existência de novas ferramentas tais como, *Additive Manufacturing* (AM), *Internet of Things* (IoT), *Blockchain*, *Robótica Avançada* e *Inteligência Artificial*. De acordo com "Industry 4.0 How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector" (2015) estas tecnologias irão ser tão importantes e permanentes que

deverão criar uma alteração profunda nas operações e na arquitetura da cadeia de abastecimento, Figura 1.

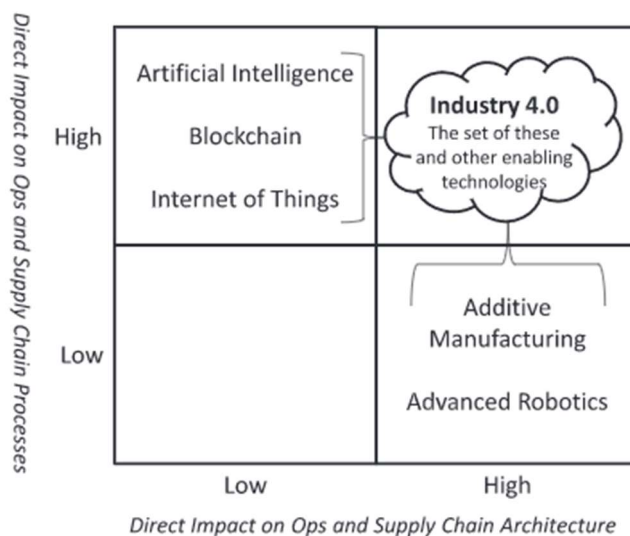


Figura 1- Potencial impacto da Indústria 4.0 nas Operações e Arquitetura da Cadeia de Abastecimento

Fonte: Adaptado de Olsen & Tomlin (2020)

Olsen & Tomlin (2020) refere que esta transformação tecnológica irá afetar, de forma isolada ou não, pelo menos uma das quatro prioridades de qualquer empresa (custo, flexibilidade, rapidez e qualidade). Esta nova Indústria deverá proporcionar não só novas possibilidades para a arquitetura das operações como também para os processos associados. Nesta nova realidade, a “*Internet of Things*” deverá ter um impacto direto no planeamento das operações e na arquitetura das cadeias de abastecimento e, indiretamente, deverá influenciar a arquitetura das escolhas. Este é um exemplo da capacidade da Indústria 4.0.

## 2.2. Cadeias de Abastecimento

A gestão de cadeias de abastecimento (GCA) sempre foi considerada a parte mais atrativa do estudo da logística. Inicialmente, começou por ser uma área totalmente separada das operações, mas rapidamente foi reconhecida como sendo totalmente dependente desta. Esta ligação são cada vez mais evidentes até aos dias de hoje. (Melo et al., 2009)

Segundo (Melo et al., 2009) a “gestão de cadeias de abastecimento é o processo de planear, implementar e controlar as operações da cadeia de abastecimento da forma mais eficaz possível. GCA abrange todos os movimentos e armazenamento de matérias-primas, trabalho em processamento, e produtos acabados desde o ponto de origem até ao ponto de consumo”.

Para Brandenburg et al.(2014), a “GCA sempre foi definida como a gestão de fluxos físicos, lógicos e financeiros em rede de relações intra e inter-organizacionais que, em conjunto, acrescentam valor e alcançam a satisfação do cliente”. No entanto, nos dias de hoje deve ser tida em conta a sustentabilidade na cadeia de abastecimento. Esta pode ser caracterizada pela integração do ambiente e da sociedade na vertente de gestão que anteriormente estava direcionada apenas para os fatores económicos (p. 2).

De acordo com Bing & Chen (2021), a GCA permite reduzir drasticamente os custos relacionados com stocks e melhorar o fluxo de distribuição de riqueza de uma organização, melhorando assim, a satisfação dos clientes e aumentar a capacidade da empresa (Tang et al., 2006).

“Uma cadeia de abastecimento eficiente traz diversos benefícios para a organização. Entre eles, destacam-se a integração de recursos, a redução dos custos, a melhoria da eficiência global de serviço e da logística” (Bing & Chen, 2021, pág 3).

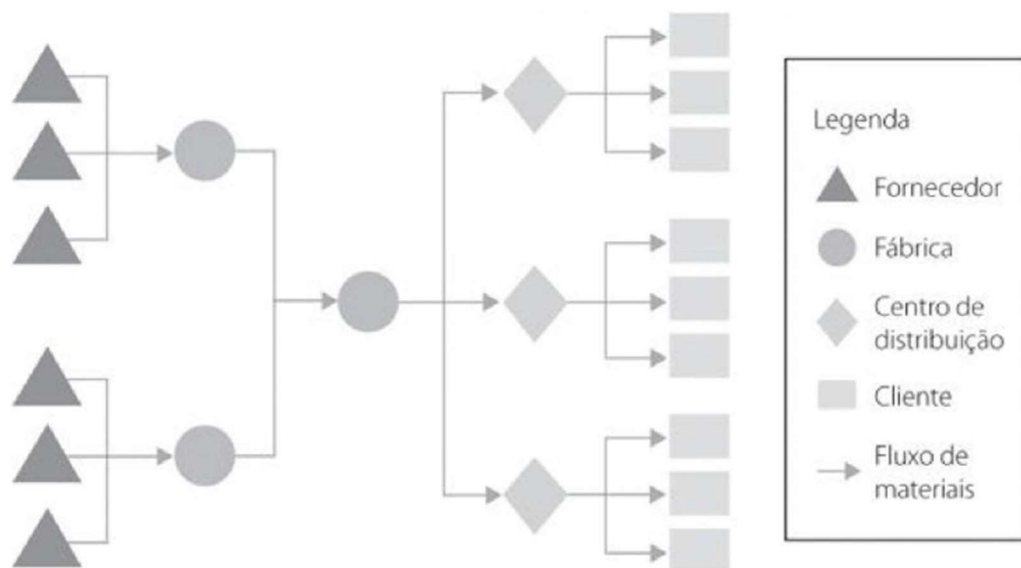


Figura 2- Ilustração de um exemplo de uma cadeia de abastecimento,

Fonte: Adaptado de “LOGÍSTICA E GERENCIAMENTO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO” - PAULO ROBERTO BERTAGLIA - Google Livros (s.d.)

Como é visível na Figura 2 a cadeia de abastecimento pode englobar várias organizações e muitos empregados, dependendo do produto analisado. Posto isto, a cadeia de abastecimento de qualquer empresa deve ser analisada como um todo, nunca esquecendo os fornecedores e consumidores, passando pelos transportadores e pelos centros de distribuição.

### 2.3. Previsão de Procura

A previsão de procura tem como principal objetivo a identificação e elaboração de um mapa de compra/ venda dos vários produtos de forma a minimizar o stock existente e consequentemente os custos associados ao armazenamento de stock.

De acordo com Tratar (2010) as empresas muitas vezes tratam a previsão de procura e a gestão de stocks como sendo duas áreas totalmente separadas, no entanto isto não pode ser realizado já que existem interligações extremamente importantes entre elas.

Com o aumento das ferramentas disponíveis para os utilizadores realizarem a comparação de preços, tem sido verificado uma aposta na previsão da procura por parte das empresas. Isto deve-se à capacidade de análise de tendências de compra, flutuações de mercado e de preços e existência de stocks reduzidos. Uma área muito afetada pela comparação de preços é o e-commerce. Segundo Tanaka & Sagawa (2018), esta área possui muitos mais custos com a logística do que o comércio normal, isto gera um problema com o custo do stock. Para além disso, esta área também sofre de variações de procura muito grandes devido à flutuação de preços do

mercado, portanto é essencial a criação de métodos de previsão de procura de forma a reduzir os custos de stocks excessivos e perda de oportunidades de venda por falta deste.

De acordo com Zanddzari et al. (2019), o *bullwhip effect* é um problema comum e que gera muitas perdas a todas as organizações da cadeia de abastecimento, principalmente à unidade primária de produção. Este efeito é observado quando pequenas alterações são realizadas a nível do retalho de um determinado produto, estas provocam uma resposta gradualmente maior do distribuidor, do fabricante e do fornecedor de matérias-primas, sendo que este tem uma resposta exagerada em relação ao problema. Lee et al. (1997), Sodhi et al. (2011) e Sterman et al. (1989) identificaram as cinco causas principais para o *bullwhip effect* no contexto da cadeia de fornecimento. Estas são a previsão da procura, lotes de encomendas, flutuações de preços, escassez da oferta e prazos de entrega não nulos (Jaipuria & Mahapatra, 2014).

De todas as causas deste efeito negativo, Lee et al. (1997) admite que a criação de um sistema de previsão de procura devidamente preciso é a tarefa mais difícil quer para investigadores, quer para profissionais, já que a procura é assumida tendo em conta uma série de padrões no tempo, o que não representa a realidade pois podem existir fatores externos desconhecidos no momento da previsão que alterem completamente a mesma.

Segundo Arunraj & Ahrens (2015), a precisão da previsão é bastante dependente do horizonte da previsão, ou seja, se for realizada uma previsão para um curto período é mais provável que esta obtenha uma exatidão maior do que se a previsão fosse realizada para um longo período. Neste artigo é referido que a previsão da procura para artigos perecíveis como por exemplo frutas frescas ou vegetais deve ser realizada tendo em conta o tempo curto de validade dos produtos nas prateleiras. Esta correção do horizonte da previsão permite reduzir stocks redundantes e aumentar a sua eficiência. Arunraj & Ahrens (2015) também refere que, neste estudo é obtido um resultado mais vantajoso ao agregar as previsões diárias ao invés de agregar os dados e realizar uma previsão para o total dos dados.

## **2.4. Modelos de Previsão**

De forma a obter a melhor previsão possível, é necessário identificar e classificar os modelos de previsão existentes e mais usados. Segundo Makridakis et al. (s.d.), cada caso estudado pode ter um método de previsão que proporcione melhores resultados. Esta irregularidade causa a necessidade de verificação de diversos métodos para cada caso de estudo para encontrar o que melhor representa os objetivos de cada estudo.

### **2.4.1. Exemplos de Utilização de Métodos de Previsão**

Com objetivo de demonstrar a utilidade e variedade dos métodos de previsão serão evidenciados alguns exemplos de artigos onde foram utilizados métodos de previsão e quais os resultados manifestados pelas diversas organizações.

Observando a necessidade de prever a chegada de doentes a um hospital turco, Yucesan et al. (2018), realizou um estudo onde utiliza diversos métodos de previsão de forma a, utilizando o indicador de desempenho do erro percentual médio absoluto, conseguir minimizar a imprevisibilidade de uma urgência. Entre os métodos únicos utilizados destacam-se a Regressão

Linear, a Média Móvel Integrada Autorregressiva (ARIMA), o amortecimento exponencial e a rede neural artificial (ANN). Também foram utilizados métodos híbridos, ou seja, a combinação de métodos únicos. O método em que se observou melhores resultados foi o ARIMA-ANN, este é um método híbrido que resulta da combinação do método ARIMA com o método ANN.

No estudo de Makatjane & Moroke (2016), os modelos *Holt-Winters* e ARIMA Sazonal são utilizados para prever as vendas mensais de automóveis na África do Sul, utilizando dados de janeiro de 1994 a dezembro de 2013. O objetivo deste estudo foi determinar qual o melhor método de previsão para esta indústria. Para chegar a uma decisão, foram utilizados três indicadores de desempenho, o erro absoluto, o erro percentual médio absoluto e o erro quadrático médio de raiz. Após isto, foi verificado que os três erros de previsão não podiam ser utilizados para tirar conclusões definitivas. Assim sendo, o teste de potência foi realizado em cada modelo e revelou que *Holt-Winters* tinha cerca de 0,3% de maior potência de previsão do que o método ARIMA Sazonal. Além disso, as conclusões empíricas dos dados mostraram que o modelo *Holt-Winters* gerou previsões sazonais mais precisas a curto prazo.

No artigo de Alnaa & Abdul-Mumuni (2012), é realizada uma previsão da taxa de inflação do Gana a curto prazo. Para tal, foram testados dois métodos, o ARIMA sazonal e o Holt-Winters. Como forma de avaliação foram utilizados o erro médio absoluto (MAE), o erro percentual absoluto médio (MAPE), a raiz do erro quadrático médio (RMSE) e o erro médio absoluto de escala (MASE). As conclusões empíricas deste estudo são esclarecedoras já que, para todos os métodos de avaliação, foi obtido um resultado mais baixo para o método ARIMA Sazonal.

Com o objetivo de melhorar a previsão das empresas de rent-a-car sobre quais os modelos que seriam mais alugados, Yang et al. (2021), selecionou três métodos para verificar qual deles seria o mais eficaz, estes foram, o método Holt-Winters, a rede neural BP e um método híbrido que combina os dois anteriores com uma relação de 0.7 e 0.3, respetivamente. O método que apresenta uma melhor previsão futura é o método híbrido, no entanto teve de ser utilizado um software para reparar e minimizar os erros nos dados.

#### **2.4.2. Classificação de Modelos de Previsão**

Segundo Moroff et al. (2021), os modelos de previsão devem ser divididos, em duas classes, quanto à sua metodologia de ação: quantitativos e qualitativos, como demonstra a Figura 3. Posteriormente, os modelos quantitativos podem ser subdivididos quanto à sua afinidade com os dados existentes: modelos de séries temporais e modelos casuais.

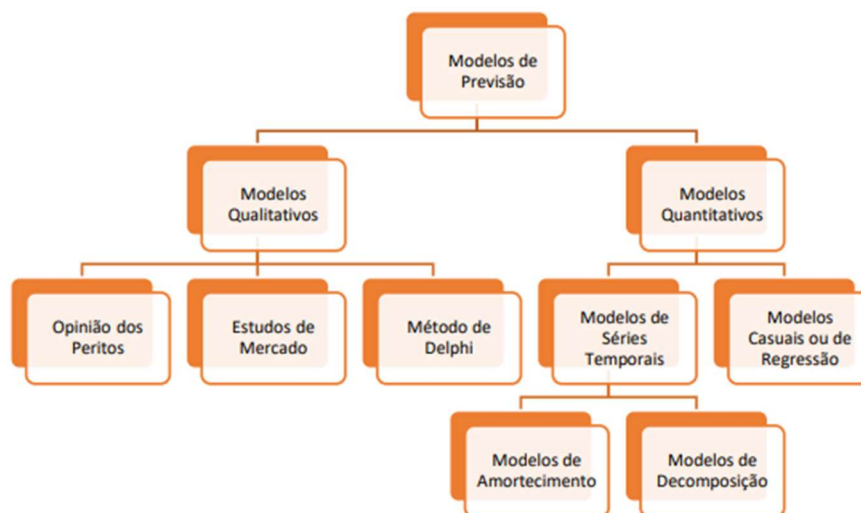


Figura 3- Classificação dos Modelos de Previsão

Fonte: Adaptado de Fernandes Postiga (s.d.)

Os modelos quantitativos baseiam-se em métodos estatísticos, *machine learning* e *deep learning*. Para tal é necessário existir uma base de dados real. Estes métodos normalmente são utilizados para realizar a previsão a curto e médio prazo. Os modelos de séries temporais são utilizados quando existe um padrão entre os dados existentes e a previsão que será realizada. Nesta subdivisão estão incluídos os modelos de amortecimento exponencial, decomposição, média móvel e ARIMA. Os modelos causais assumem que existe uma correlação entre os dados e a previsão, no entanto é tido em conta outras variáveis externas que alteram o padrão da previsão. Os modelos causais ou de regressão mais utilizados são os modelos de componentes não observados, a regressão simples e múltipla e o ARIMAX. (Chase, 2013)

Nos modelos de previsão qualitativos, não existe uma base de dados prévia suficiente para executar uma análise quantitativa, logo é necessário usar conhecimentos de especialistas e declarações verbais dos mesmos. Uma das principais razões para o uso deste tipo de métodos é, por exemplo, quando é pensado o lançamento de um novo produto, no entanto é necessário saber a aceitação que este vai ter no mercado. Outro exemplo para a utilização deste método é a análise de uma nova realidade política, que ainda não existem dados da opinião do público sobre esta. (Chase, 2013)

Para além disso, uma parte importante do estudo dos métodos de previsão é a identificação de padrões. Esta identificação é determinante para uma boa previsão. Segundo Aurélio Carino Bouzada (2012), Kang et al. (2017) e Assimakopoulos & Nikolopoulos (2000), para ser observado um padrão é necessário estudar as quatro componentes de uma série temporal. Estas são a tendência (T), a sazonalidade (S), a ciclicidade (C) e a aleatoriedade (I). De seguida será apresentada uma breve descrição das várias componentes.

A aleatoriedade é descrita como sendo um conjunto de acontecimentos isolados que provocam uma alteração no padrão dos dados. Estas ocorrências aleatórias são consideradas picos de procura ou quedas na mesma.

A ciclicidade é representada por padrões que se repetem a longo prazo. Estes devem-se a ciclos naturais na economia tais como crises.

A tendência é verificada quando existe uma alteração no padrão a médio prazo. A força desta pode ser medida usando uma decomposição STL:  $X_t = T_t + S_t + R_t$ , sendo que  $t$  é o período escolhido para o cálculo,  $T_t$  é a tendência,  $S_t$  é a sazonalidade e  $R_t$  é o restante no tempo escolhido.

A sazonalidade pode ser representada por padrões que se repetem a curto prazo, por exemplo, anualmente, trimestralmente, ou até diariamente. Estes devem-se a fatores sazonais que ocorrem repetitivamente.

Todas estas componentes estão interligadas e permitem criar os padrões existentes na realidade através da adição ou multiplicação entre si. Desta forma, na Figura 4 é demonstrado apenas um exemplo das diversas combinações existentes entre a sazonalidade e a tendência através dos métodos de adição e multiplicação.










	No seasonal effect	Additive effect	Multiplicative effect
No trend	 constant	 saisonal	 saisonal
Additive Trend	 with trends	 trend-saisonal	 trend-saisonal
Multiplicative trend	 with trends	 trend-saisonal	 trend-saisonal

Figura 4- Exemplos de combinações entre a sazonalidade e tendência

Fonte: Adaptado de Moroff et al. (2021)

Davis & Mentzer (2007) salienta que, através das análises temporais, só é possível realizar a previsão a partir de dados passados, ou seja, quaisquer variações ou perturbações que possam existir no futuro não são contabilizadas, isto pode gerar um grande impacto no erro da previsão. Por este motivo, Davis & Mentzer (2007) sugere que seja realizada uma análise crítica à previsão. Este é considerado o ponto mais negativo das análises temporais.

### 2.4.3. Métodos de Previsão

Após a verificação dos modelos de previsão existentes, foram selecionados alguns métodos para realizar o estudo deste projeto. Posto isto, apenas foram escolhidos métodos quantitativos e mais simples, devido à ausência de software de machine e deep learning e software de planeamento de recursos na empresa. Assim sendo, os métodos de previsão escolhidos foram a média móvel simples, a média móvel ponderada, o amortecimento exponencial simples, o amortecimento exponencial duplo (Holt), o amortecimento exponencial triplo (Holt-Winters), o Holt aditivo e o Holt-Winters multiplicativo. De seguida será realizada uma breve explicação de cada método, as principais equações e os seus princípios fundamentais.

### 2.4.3.1. Média Móvel Simples

A média móvel simples (MMS) é um método de previsão que assume que a previsão do próximo período é a média linear dos períodos passados. Este é o método de previsão mais simples que será estudado, no entanto tem algumas desvantagens. Entre elas destaca-se a dificuldade de este método se aproximar da realidade, ou seja, este método, se o período dos dados existentes for muito grande, o modelo não é capaz de identificar tendências de procura ou queda de vendas. Por outro lado, se for avaliado um período muito curto de dados, a previsão será muito dependente de tendências e sazonalidades. Em ambos os cenários, é pode ser verificado que as previsões podem variar bastante da realidade, causando um erro muito grande. Posto isto, devem ser realizados vários testes de forma a mitigar o erro do uso de muitos ou poucos períodos. De seguida será apresentada a equação que permite realizar uma previsão para um período  $t$  através do MMS.(Johnston et al., 1999)

$$MMS(n) = \frac{\sum_{i=1}^n (P(n))}{n}$$

Em que:

$P(n)$  – Período de Procura

$n$  – Número de Períodos

### 2.4.3.2. Média Móvel Ponderada

A média móvel ponderada (MMP) é idêntica à MMS, no entanto, esta permite atribuir um peso diferente a cada período. Assim sendo, esta permite que cada período tenha um peso diferente na previsão final. Desta forma é possível que os períodos mais recentes tenham um peso maior do que os mais antigos, e períodos atípicos (períodos em que a procura seja muito excessiva ou muito baixa) tenham um peso inferior. Davis & Mentzer (2007) afirma que esta foi a principal razão para a criação deste método de previsão. Uma parte importante para a utilização deste método é a identificação do peso indicado para cada período. Esta tarefa deve ser realizada através de uma análise cuidada do mercado e do seu aparente comportamento. Também neste método é crucial testar com vários pesos em vários períodos de forma a obter um erro inferior à realidade. Esta tarefa pode ser realizada por um software autonomamente. Johnston et al. (1999) refere que este método apresenta um erro médio inferior à MMS. De seguida é apresentada a equação que permite obter a previsão para o período  $t+1$  através do MMP.

$$MMP(n) = F_{t+1} = \frac{\sum_{i=t-n+1}^t A_i \times n_i}{\frac{n(n+1)}{2}}$$

Em que:

$F_t$  –Previsão para o período  $t$

$A_i$  – Procura para o período  $t$

$n$  – Número de Períodos

$i$  – Índice do Período

### 2.4.3.3. Amortecimento Exponencial Simples

O amortecimento exponencial simples (AES) é um método de fácil uso e não necessita de uma grande base de dados. Este método é similar à MMP, no entanto utiliza menos dados para realizar a previsão. O AES cria uma estimativa baseado no último valor e adiciona um componente  $\alpha$ , esta componente varia entre 0 e 1 e permite que, a previsão seja mais ou menos reativa. Quanto mais perto de 1 for o valor de  $\alpha$ , mais alterada será a estimativa em relação ao último valor. Se for  $\alpha$  for 0, a estimativa será igual ao último valor. (Render et al., 2012)

De acordo com Gooijer et al. (2006), o método de amortecimento exponencial simples apenas se baseia no fator da aleatoriedade e não tem em conta a sazonalidade e a tendência. Assim sendo, na utilização deste método deve ser realizada uma análise de mercado e às expectativas reais da empresa com o intuito de obter a previsão mais real possível. Posto isto, também devem ser realizadas várias previsões com diferentes  $\alpha$ . De seguida é apresentada a equação que permite obter a previsão para o período t+1 através do AES.

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t)$$

Em que:

$F_t$  – Última previsão para o período t

$\alpha$  – Constante de amortecimento ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$Y_t$  – Último valor do período t

### 2.4.3.4. Amortecimento Exponencial Duplo (Método de Holt)

O amortecimento exponencial duplo (AED), também conhecido como método de Holt, foi criado de forma a permitir a criação de uma previsão que vá de encontro à tendência dos dados. Assim sendo, este método é muito similar ao AES, no entanto permite incorporar a tendência como sendo uma variável. O ponto negativo deste método é a incapacidade de adicionar a sazonalidade como sendo uma variável. Neste método, existe a possibilidade de ajustar a força da tendência alterando apenas a constante  $\beta$ . Posto isto, também devem ser realizadas várias previsões com diferentes  $\alpha$  e  $\beta$ . De seguida são apresentadas as equações que permitem obter a previsão para o período t+1 através do AED.(Render et al., 2012)

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1}$$

$$S_{t+1} = \alpha A_{t+1} + (1 - \alpha)(S_t + T_t)$$

$$T_{t+1} = \beta(S_{t+1} - S_t) + (1 - \beta)T_t$$

Em que:

$F_{t+1}$  – Previsão para o período t+1

$S_{t+1}$  – Valor da Previsão Amortecida para o período t+1

$T_{t+1}$  – Estimativa da Tendência para o período t+1

$A_{t+1}$  – Valor Observado no período t+1

$\alpha$  – Constante de amortecimento ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$\beta$  – Constante de amortecimento ( $0 \leq \beta \leq 1$ )

$S_t$  – Valor da Previsão Amortecida para o período t

$T_t$  – Estimativa da Tendência para o período t

### 2.4.3.5. Amortecimento Exponencial Triplo (Holt-Winters)

O amortecimento exponencial triplo (AET) ou método de Holt-Winters, é idêntico ao AED, no entanto este permite que seja adicionada a variável correspondente à sazonalidade à previsão. Para além disso, este método permite que a tendência e as variações aleatórias entrem na equação. Posto isto, este método acrescenta a variável gama ( $\gamma$ ) ao método AED. Segundo Davis & Mentzer (2007), devido à quantidade de variáveis e possibilidades de alteração do resultado, é sugerido que qualquer alteração seja realizada com o máximo de cuidado e responsabilidade possível para que o resultado seja o mais correto possível. Posto isto, este método pode ser dividido em dois. Estes são método Holt-Winters com tendência linear e sazonalidade aditiva e método Holt-Winters com tendência linear e sazonalidade multiplicativa. A grande diferença entre eles é o padrão que a sazonalidade apresenta nas equações.

#### 2.4.3.5.1. Método Holt-Winters com Tendência Linear e Sazonalidade Aditiva

O método Holt-Winters com tendência linear e sazonalidade aditiva deve ser utilizado quando a sazonalidade apresenta um padrão aditivo. Isto significa que o padrão da sazonalidade é aproximadamente constante ao longo da série. Com este método, a componente sazonal é apresentada em termos absolutos e a equação de nível é ajustada com a componente sazonal. De seguida são apresentadas as equações que permitem obter a previsão para o período t+1 e para o período t+m através do método Holt-Winters com sazonalidade aditiva.(Goodwin, 2000; Said Omar & Kawamukai, 2022)

Neste método,  $S_t$  representa a componente cíclica para o período t e permite minimizar os erros nas séries cronológicas sem contar com a sazonalidade,  $T_t$  representa a tendência, eliminando assim interferências sazonais e  $I_t$  representa a correção da sazonalidade para o período homólogo t, eliminando assim as variáveis aleatórias associadas à previsão.(Holt, 2004)

$$S_t = \alpha(A_t - I_{t-L}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$I_t = \gamma(A_t - S_t) + (1 - \gamma)I_{t-L}$$

$$F_{t+1} = S_t + T_t + I_{t-L+1}$$

$$F_{t+m} = S_t + T_{t-m} + I_{t-L+m}$$

Em que:

$F_{t+1}$  – Previsão para o período t+1

$F_{t+m}$  – Previsão para o período t+m

$S_t$  – Valor da previsão amortecida para o período t

$T_t$  – Estimativa da tendência para o período t

$I_t$  – Valor da sazonalidade para o período t

$A_t$  – Valor observado no período t

$\alpha$  – Constante de amortecimento exponencial ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$\beta$  – Constante de amortecimento da tendência ( $0 \leq \beta \leq 1$ )

$\gamma$  – Constante de amortecimento da sazonalidade ( $0 \leq \gamma \leq 1$ )

$L$  – Espaçamento da sazonalidade

#### 2.4.3.5.2. Método Holt-Winters com Tendência Linear e Sazonalidade Multiplicativa

O método Holt-Winters com tendência linear e sazonalidade multiplicativa deve ser utilizado quando a sazonalidade apresenta um padrão multiplicativo. Isto significa que o padrão da sazonalidade é proporcional ao nível da série. Com este método, a componente sazonal é apresentada em termos relativos e a equação de nível é ajustada com a divisão da componente sazonal. De seguida são apresentadas as equações que permitem obter a previsão para o período t+1 e para o período t+m através do método Holt-Winters com sazonalidade multiplicativa. (Said Omar & Kawamukai, 2022)(Winters, 1960)

$$S_t = \alpha \frac{A_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$I_t = \gamma \frac{A_t}{S_t} + (1 - \gamma)I_{t-L}$$

$$F_{t+1} = (S_t + T_t)I_{t-L+1}$$

$$F_{t+m} = (S_t + T_{t-m})I_{t-L+m}$$

Em que:

$F_{t+1}$  – Previsão para o período t+1

$F_{t+m}$  – Previsão para o período t+m

$S_t$  – Valor da previsão amortecida para o período t

$T_t$  – Estimativa da tendência para o período t

$I_t$  – Valor da sazonalidade para o período t

$A_t$  – Valor observado no período t

$\alpha$  – Constante de amortecimento exponencial ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$\beta$  – Constante de amortecimento da tendência ( $0 \leq \beta \leq 1$ )

$\gamma$  – Constante de amortecimento da sazonalidade ( $0 \leq \gamma \leq 1$ )

$L$  – Espaçamento da sazonalidade

## 2.5. Erros de Previsão

Os erros de previsão têm como principal objetivo encontrar o método de previsão mais apropriado para um determinado projeto. Segundo Gooijer et al. (2006), não existe um método de previsão ótimo para todos os estudos, logo é necessário recorrer a formas de realizar a comparação entre os diversos métodos. Shcherbakov et al. (2013) realizou uma pesquisa sobre os diversos métodos de comparação de previsões e concluiu que se os dados estiverem “limpos” podem ser utilizados os métodos erro médio absoluto (MAE), erro mediano absoluto (MdAE) e erro quadrático médio de raiz (RMSE). No entanto, caso os dados se encontrem com aleatoriedades e a escala do uso de cada método for diferente, devem ser utilizados os métodos erro médio de escala absoluto (MASE) e erro quadrático médio integral normalizado (inRSE).

Para esta dissertação, apenas serão utilizados dados sem aleatoriedades e os métodos de previsão terão sempre a mesma escala, logo, para realizar a comparação dos métodos de previsão será utilizado o método e RMSE. Como forma de teste também serão utilizados o erro médio quadrático (MSE) e o erro médio percentual absoluto (MAPE).

### 2.5.1. Erro Médio Absoluto (MAE)

O erro médio absoluto (MAE) é a forma mais simples de comparar o erro das previsões. Este método de comparação é obtido através do cálculo da média do erro absoluto entre as previsões e os dados reais. De seguida é apresentada a equação que permite obter o erro médio absoluto.(M. V. Shcherbakov et al., 2013)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - F_t|$$

Em que:

**MAE** – Erro Médio Absoluto

**n** –Número de Observações

**$A_t$**  –Valor Real da Observação

**$F_t$**  – Valor Previsto da Observação

### 2.5.2. Erro Médio Percentual Absoluto (MAPE)

O erro médio percentual absoluto (MAPE) pertence ao grupo de comparação baseado em percentagem dos erros. Este método é dos mais comum e de fácil uso na comparação de métodos de previsão. Algumas das vantagens deste método são a simplicidade de perceção dos resultados

que este produz e a independência do número de observações para comparar resultados. Segundo Davydenko & Fildes (2016) este método apresenta algumas desvantagens, entre elas destacam-se a sensibilidade a valores muito elevados que podem ser causados por irregularidades, o facto de que o erro percentual é mais afetado por um erro positivo do que por um erro negativo e a impossibilidade de utilizar este método quando o valor real da observação é zero. De seguida é apresentada a equação que permite obter o erro médio percentual absoluto. (M. V. Shcherbakov et al., 2013)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100$$

Em que:

**MAPE** – Erro Médio Percentual Absoluto

**n** –Número de Observações

**A<sub>t</sub>** –Valor Real da Observação

**F<sub>t</sub>** – Valor Previsto da Observação

### 2.5.3. Erro Médio Quadrático (MSE)

O erro médio quadrático (MSE) é uma forma de comparação de métodos de previsão que pode ser obtido através da realização da média da soma dos quadrados da diferença entre o erro e o valor observado. Uma desvantagem deste método é a sensibilidade a valores muito elevados que podem ser causados por irregularidades. De seguida é apresentada a equação que permite obter o erro médio quadrático. (M. V. Shcherbakov et al., 2013)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2$$

Em que:

**MSE** – Erro Médio Quadrático

**n** –Número de Observações

**A<sub>t</sub>** –Valor Real da Observação

**F<sub>t</sub>** – Valor Previsto da Observação

### 2.5.4. Erro Quadrático Médio de Raiz (RMSE)

O erro quadrático médio de raiz é um método de comparação de métodos de previsão que pode ser obtido através da realização da raiz quadrada da média da soma dos quadrados da diferença entre o erro e o valor observado. Este método é muito idêntico ao MSE, sendo que apenas acrescenta a raiz quadrada ao método MSE. Segundo Chai & Draxler (2014), este método apresenta uma grande desvantagem, a sua extrema sensibilidade a valores muito elevados que podem ser causados por irregularidades. Posto isto, este método pode ser considerado bom para

realizar comparações já que os erros com um valor mais elevado têm um maior impacto no resultado. De seguida é apresentada a equação que permite obter o erro quadrático médio de raiz.(M. Shcherbakov et al., 2013)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}$$

Em que:

**RMSE** – Erro Médio Quadrático

**n** –Número de Observações

**A<sub>t</sub>** –Valor Real da Observação

**F<sub>t</sub>** – Valor Previsto da Observação

## 2.6. Gestão e Controlo de Stocks

Os stocks correspondem a um custo muito elevado para qualquer organização. Estes produtos são considerados indesejáveis, já que, segundo Ballou (2006), os stocks não devem existir pois apenas devem ser possuídos os materiais essencial para a realização da tarefa/ produção. Posto isto, o autor também refere que, em média, 25% a 40% dos custos totais correspondem a custos associados com stocks, o que tem um impacto muito grande no capital total da organização.

Nos subcapítulos que se seguem serão abordados o conceito e a importância dos stocks, a análise ABC, indicadores de desempenho, dois modelos de controlo de stocks, o modelo de revisão contínua e o modelo de revisão periódica, o stock de segurança e a quantidade económica a encomendar.

### 2.6.1. Conceito e Importância dos Stocks

Os stocks e o seu controlo representam um papel crucial para o funcionamento de qualquer organização devido ao custo que uma má gestão dos mesmos pode causar. A definição de stocks não é unânime junto da comunidade científica, logo serão demonstradas algumas das definições existentes.

Para Reis (2005), os stocks podem ser divididos em quatro tipos principais, os stocks de segurança, os de lote, os sazonais e os de curso. Esta divisão favorece não só a segregação de quantidades de cada tipo como também permite limitar e até mesmo antecipar a compra de alguns produtos de forma a minimizar a subida de alguns preços. Este exemplo acontece em stocks sazonais, onde o preço aumenta nas épocas em que a procura é maior.

Os stocks podem ser considerados produtos acabados, semiacabados, em curso, matérias-primas, matérias subsidiárias e mercadorias. Estas são as divisões que, segundo Carvalho et al. (2017), os stocks devem ser visualizados.

Embora a definição não seja unânime, todos os autores concordam que é crucial uma boa gestão de stocks. Esta gestão envolve atividades desde a seleção de fornecedores à distribuição final,

passando pela compra de matérias-primas, transporte para armazém, a armazenagem e o controlo de inventários. (Ballou et al., 2013)

Com o objetivo de minimizar a existência de stocks, a organização deve realizar estudos de mercado e de clientes de forma a perceber quais os tempos de entrega, os tempos de espera e as diversas ofertas disponíveis. Após isto, deve ser determinado quais os stocks mínimos de cada produto de forma a impedir períodos de rotura de stock. (Ballou et al., 2000)

Para tal, a organização deve adotar um sistema de gestão de stocks que permite realizar o controlo das diversas quantidades, registar quaisquer entradas e saídas de material e até mesmo permitir à direção tomar decisões baseadas em dados provenientes do software. Existem dois tipos de modelos de revisão do prazo de encomendas, os modelos de revisão contínua e os modelos de revisão periódica. A principal diferença entre estes dois modelos é o intervalo entre as encomendas. (Carvalho et al., 2017)

### 2.6.2. Modelos de revisão periódica

Os modelos de revisão periódica de stocks são utilizados para avaliar e ajustar periodicamente a quantidade de stocks que uma empresa mantém em stock. Eles são usados em conjunto com o sistema de controlo de stocks para garantir que a empresa tenha o nível adequado de stocks para atender às suas necessidades de produção e vendas. Neste modelo, a empresa revê e ajusta a quantidade de estoques a cada período fixo, como a cada semana ou mês. Na Figura 5 é visível um exemplo do modelo de revisão periódica.

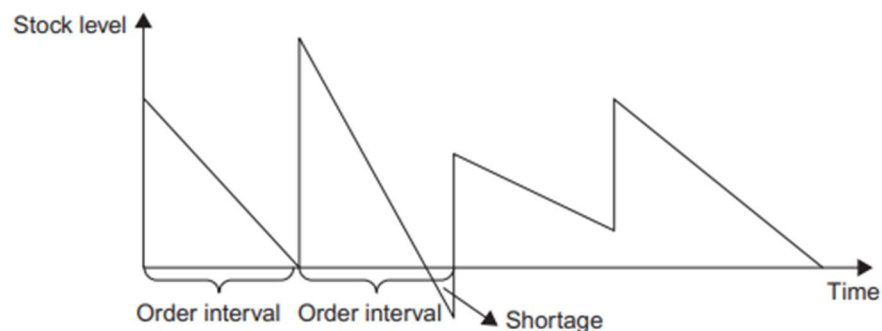


Figura 5- Modelo de Revisão Periódica

Fonte: Adaptado de Zanjirani Farahani ( s.d.)

### 2.6.3. Modelos de revisão contínua

Os modelos de revisão contínua de stocks são utilizados para avaliar e ajustar continuamente a quantidade que uma empresa detém em stock. Eles são usados em conjunto com o sistema de controlo de stocks para garantir que a empresa tenha o nível adequado de stocks para atender às suas necessidades de produção e vendas. Neste modelo, a empresa revê e ajusta a quantidade de estoques continuamente, geralmente com base em uma taxa de consumo ou de procura estimada. Na Figura 6 é visível um exemplo do modelo de revisão contínua. (Heskett et al., 1964)

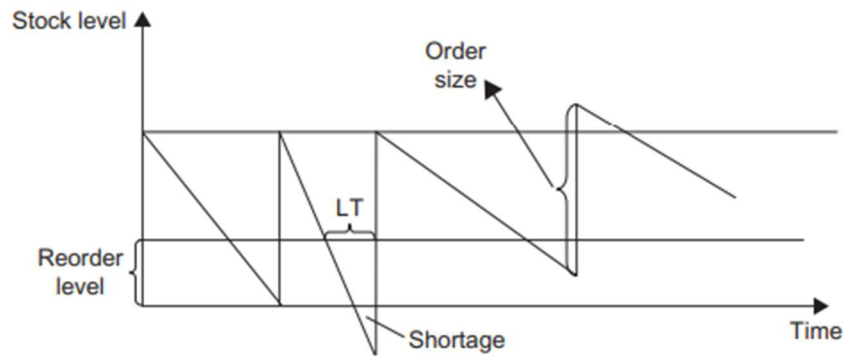


Figura 6- Modelo de Revisão Contínua

Fonte: Adaptado de Zanjirani Farahani (s.d.)

#### 2.6.4. Quantidade Económica a Encomendar (QEE)

A quantidade económica a encomendar (QEE) é a quantidade ótima de um determinado produto ou serviço que uma empresa deve adquirir num dado período para minimizar os custos totais de aquisição. A QEE é determinada tendo em consideração os custos de pedido e os custos de armazenamento (custos fixos de manter o produto em stock).

Para determinar a quantidade económica a encomendar, é necessário considerar a quantidade anual encomendada do produto e os custos de posse e de encomenda. (Carvalho et al., 2017)

$$QEE = \sqrt{\frac{2DA}{H}}$$

Em que:

**QEE** – Quantidade económica a encomendar

**D** – Quantidade anual encomendada do produto

**A** – Custos de encomenda

**H** – Custos de posse

A quantidade económica a encomendar pode ser ajustada à medida que as condições de mercado e os objetivos de negócios da empresa mudam. É importante lembrar que a QEE não é uma quantidade exata e deve ser usada como uma orientação geral para ajudar a minimizar os custos totais de aquisição.

#### 2.6.5. Ponto de Encomenda (PE)

O ponto de encomenda, também conhecido como ponto de reposição, é um conceito utilizado na gestão de stocks para determinar o momento em que uma nova encomenda deve ser realizada. É um cálculo baseado na procura média do produto, no tempo de reposição e na variabilidade da procura durante esse período. (Chaharsooghi & Heydari, 2010)

O principal objetivo do ponto de encomenda é evitar que exista rotura de stocks. Dessa forma, este ajuda a garantir que haja uma quantidade suficiente de produtos disponíveis para atender a procura dos clientes.(Reis, 2005)

Existem diferentes métodos para calcular o ponto de encomenda, como o Método do Ponto de Encomenda Determinístico e o Método do Ponto de Encomenda Estocástico. No Método Determinístico, utiliza-se a procura média e o tempo de reposição para calcular o ponto de encomenda. Já no Método Estocástico, tem-se em consideração a variabilidade da procura, utilizando medidas estatísticas como o desvio padrão.(Chaharsooghi & Heydari, 2010)

Para além disto, é importante salientar que existem diversas abordagens e técnicas disponíveis, e a escolha do método mais adequado pode variar dependendo do contexto e das características específicas do sistema de stock em questão.

### **2.6.6. Stock de Segurança (SS)**

O stock de segurança é a quantidade de produtos ou materiais que uma empresa mantém em stock para garantir a disponibilidade dos mesmos em caso de emergência ou interrupção do fornecimento. O stock de segurança é geralmente mantido em stock, como sendo umas unidades extras para garantir que a empresa possa continuar a fornecer os seus produtos ou serviços mesmo em situações inesperadas.

O stock de segurança é um componente importante da gestão de stock de uma empresa e é geralmente determinado com base em fatores como a frequência de interrupções de fornecimento, o tempo de reposição de stock e o impacto financeiro que uma interrupção de fornecimento pode ter na organização. Manter níveis adequados de stock de segurança pode ajudar a minimizar os riscos de interrupção de materiais e garantir a continuidade dos negócios da empresa. (Rita & Grego, s.d.)

## **2.7. Problemas de Roteamento**

Os problemas de rotas, também conhecidos como problemas de roteamento, são um tipo de problema de otimização que envolve determinar a melhor forma de alocar recursos e percorrer rotas entre pontos específicos. Esses problemas surgem em diversas áreas, como logística, transporte, distribuição, entregas e planeamento de viagens. (Golden et al., 1977)

O objetivo dos problemas de rotas é minimizar custos, tempo ou distância percorrida, maximizar a eficiência ou atender a certas restrições. Os problemas de roteamento podem variar em complexidade, desde problemas simples que envolvem rotas diretas entre pontos até problemas mais complexos que envolvem múltiplos veículos, janelas de tempo, restrições de capacidade, entre outros. (Dantzig & Ramser, 1959)

Os problemas de rotas mais estudados são o Problema do caixeiro-viajante (Traveling Salesman Problem - TSP) e o problema do roteamento de veículos (Vehicle Routing Problem – VRP).

O problema do caixeiro-viajante (Traveling Salesman Problem - TSP) é um problema clássico em que um vendedor precisa encontrar a rota mais curta para visitar um conjunto de cidades uma vez e retornar à cidade de origem.

O problema do roteamento de veículos (Vehicle Routing Problem - VRP) envolve determinar as rotas mais eficientes para uma frota de veículos realizar a entrega de mercadorias a um conjunto de clientes.

### 2.7.1. Problema do Caixeiro-Viajante- TSP

O Problema do Caixeiro-Viajante (*Traveling Salesman Problem* - TSP) é um problema clássico de otimização combinatória e tem sido amplamente estudado na literatura científica. Este foi formalmente definido por G. Dantzig et al. (1954).

No livro "*The Traveling Salesman Problem: A Computational Study*" de David L. Applegate et al. (2006), os diversos autores apresentam uma visão abrangente, concreta e real do problema do caixeiro-viajante, incluindo técnicas de resolução exata e heurísticas aproximadas que podem ser utilizadas na resolução deste tipo de problema de roteamento.

Outra referência importante é o livro "*Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*" de Rabiner (1984). Nessa obra, os autores discutem o TSP e outros problemas de otimização combinatória, apresentando também algoritmos exatos e heurísticas que funcionam na resolução do problema TSP.

Para heurísticas construtivas destaca-se:

- Algoritmo do Vizinho Mais Próximo (*Nearest Neighbor Algorithm*)
- Algoritmo da Inserção Mais Próxima (*Cheapest Insertion Algorithm*)

Para meta-heurísticas destaca-se:

- Algoritmos Genéticos (*Genetic Algorithms*)
- Busca Tabu (*Tabu Search*)
- Otimização por Enxame de Partículas (*Particle Swarm Optimization*)

Para técnicas exatas destaca-se:

- Programação Dinâmica (*Dynamic Programming*)
- *Branch-and-Bound*

No contexto da programação linear inteira, o TSP pode ser formulado como um problema de otimização linear inteira e resolvido usando otimizadores de programação matemática, como o IBM CPLEX ou o SCIP.

### 2.7.2. Problema de roteamento de veículos- VRP

O problema do roteamento de veículos (Vehicle Routing Problem - VRP) é um problema de otimização combinatória e de programação inteira que permite determinar as rotas mais eficientes para uma frota de veículos realizar a entrega de mercadorias a um conjunto de clientes. Este problema pode ser subdividido em outros problemas mais complexos. Entre eles destacam-se o VRP capacitado, o VRP com janelas temporais, o VRP com recolha e entrega, o VRP com frota heterogênea e o VRP com partilha de viagem.(Häll et al., 2014) (Avdoshin & Beresneva, 2019)

O VRP capacitado permite limitar a capacidade máxima dos veículos e identificar a procura dos clientes que devem ser atendidas dentro dessa capacidade. Este modelo permite não só melhorar a eficácia da solução como também permite criar uma aproximação da realidade.

O VRP com janelas de tempo (VRPTW) permite introduzir no modelo os horários específicos em que clientes que devem ser atendidos impondo assim restrições de tempo para as rotas dos veículos.

O VRP com recolha e entrega (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery - VRPPD) permite, além de realizar entregas, os veículos também devem recolher a mercadoria de locais específicos antes de realizar as entregas, considerando restrições de capacidade e janelas de tempo.

O VRP com frota heterogênea (Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem – HFVRP) é útil pois aproxima o problema da realidade em que a frota de veículos é composta por diferentes tipos de veículos, cada um com capacidades e custos de operação distintos. O objetivo é otimizar a alocação dos veículos e rotas para minimizar os custos totais.

O VRP com partilha de viagem (Vehicle Routing Problem with Time Windows and Sharing – VRPTWS) envolve otimizar rotas para veículos que atendem a múltiplas solicitações de clientes, permitindo a partilha de viagem entre clientes, tendo sempre em conta janelas temporais.

A resolução desses problemas geralmente envolve o uso de técnicas de programação linear, heurísticas, meta-heurísticas, algoritmos genéticos, algoritmos de busca, entre outros métodos. Além disso, existem ferramentas e bibliotecas especializadas, como o IBM CPLEX, que podem auxiliar na modelação e resolução desses problemas de roteamento de forma eficiente. (Miller et al., 1960)(José et al., 2020)

Resolver problemas de rotas efetivamente pode resultar em economia de custos, melhorias na eficiência operacional, redução do tempo de viagem e otimização de recursos, tornando-se uma área de grande importância em diversos setores.(Marius M. Solomon, 1987)

página propositadamente em branco

### 3. DESENVOLVIMENTO DAS METODOLOGIAS IMPLEMENTADAS

No presente capítulo serão abordadas as metodologias implementadas na empresa de forma a solucionar os diversos problemas observados na mesma. Assim sendo, foi necessário realizar uma análise detalhada ao processo de encomenda de peças, gestão e aprovisionamento de stocks e o respetivo abastecimento ao posto de trabalho. Com base nestes problemas foi possível apresentar as ferramentas necessárias para reduzir as perdas e custos extra que as diversas operações continham. Posteriormente, será realizada uma análise e discussão dos resultados que foram obtidos.

#### 3.1. Contexto da empresa

Esta dissertação foi realizada em colaboração com a empresa Cardan e tem como principal objetivo controlar os stocks da mesma, otimizar o processo de abastecimento de componentes às diversas unidades da empresa, minimizar os stocks existentes e reduzir as roturas de stocks que se verificam em alguns produtos. Esta empresa contém uma elevada quantidade de peças em stocks, no entanto, existem sempre produtos em rotura de stock e produtos com excesso de stock já que a Cardan utiliza um software de gestão de stocks que não se verifica capaz de realizar previsões e também não utiliza forma de definir quais as rotas de abastecimento que devem ser seguidas de forma a minimizar os custos de abastecimento de peças. Assim sendo, com a implementação de ferramentas de gestão e previsão de stocks e de abastecimentos do posto de trabalho, é possível otimizar o processo de abastecimento de peças e melhorar a gestão de stocks, reduzindo assim os custos associados às diversas operações.

#### 3.2. Identificação dos problemas

Inicialmente foram observados o funcionamento do sistema de gestão e previsão de stocks e a forma de abastecimento dos diversos componentes ao posto de trabalho. Esta observação teve, como principal objetivo identificar quais os problemas e as dificuldades que os diversos colaboradores e gestores desta empresa têm. Após esta análise, foi possível verificar mais concretamente os diversos entraves ao bom funcionamento desta organização.

A Cardan utiliza o software *Incadea*, este software permite obter as quantidades existentes de cada produto em stock em cada uma das diversas unidades oficiais e o seu histórico. Isto permitiu a obtenção de dados a partir de janeiro de 2021, o que criou uma amostra bastante grande, minimizando os erros de medida associados aos métodos que necessitam de uma inicialização maior. Por outro lado, este software não possibilita que todas as etapas da gestão de stocks sejam realizadas, já que não permite a realização de previsões, nem de pontos de encomenda, nem stocks de segurança, o que limita a ação dos colaboradores.

O sistema de gestão e previsão de stocks é gerido manualmente por alguns colaboradores que se coordenam entre si para obter os melhores resultados. Por vezes, alguns produtos só são pedidos já não existe em stock. O departamento de gestão de stocks não possui software que permita realizar previsões, identificar stocks de segurança e criar pontos de encomenda de forma a não ocorrer rotura ou excesso de stock.

Por outro lado, as peças são maioritariamente entregues na unidade de Braga e posteriormente distribuídas. Para este efeito existe um funcionário dedicado ao transporte de peças e documentos entre as diversas unidades e outro colaborador que pode ser ativo em caso extremo. Atualmente, o funcionário decide que rota tomar entre as diversas unidades tendo em conta qual a unidade que necessita dos materiais primeiro. Assim sendo não existe nenhum software de planeamento de rota que permita ao funcionário minimizar o tempo e conseqüentemente reduzir o custo associado às deslocações que são realizadas. Com o intuito de apresentar uma visão mais resumida e explícita dos problemas reais associados à Cardan foi criada a seguinte tabela, Tabela 1.

*Tabela 1- Identificação dos problemas*

<i>Processo</i>	<i>Problema</i>
<i>Controlo e gestão dos stocks</i>	Inexistência de forma para realizar previsões baseadas nos períodos anteriores.
	Ausência de pontos de encomenda e stocks de segurança, causando rotura ou excesso de stock.
	Ausência de software capaz de alertar para a rotura ou excesso de stock.
<i>Distribuição de peças entre unidades</i>	Ausência de planeamento das rotas.
	Ausência de análise de temporal para cada rota.
	Inexistência de planeamento da rota em função de janelas temporais causadas pela falta de peças em certas unidades.

### 3.3. Desenvolvimento de propostas de melhoria

Após a identificação dos diversos problemas associados ao controlo e gestão de stocks e ao abastecimento de peças foi crucial a realização de uma análise objetiva com vista a solucionar os diversos problemas e apresentar as propostas de melhoria que teriam o maior impacto na redução destes problemas, criando assim vantagens significativas para a empresa. De seguida é apresentada a Tabela 2, onde são demonstradas as soluções de melhoria associadas a cada problema.

*Tabela 2- Proposta de melhoria para cada problema*

<i>Processo</i>	<i>Problema</i>	<i>Proposta de Melhoria</i>
<i>Gestão de Stocks</i>	Inexistência de forma para realizar previsões baseadas nos períodos temporais anteriores.	Criação de uma ferramenta para facilitar o cálculo da previsão para os próximos meses através da comparação de diversos métodos de previsão.

<i>Processo</i>	<i>Problema</i>	<i>Proposta de Melhoria</i>
<i>Gestão de Stocks</i>	Ausência de pontos de encomenda e stocks de segurança, causando rotura ou excesso de stock.	Criação de uma ferramenta para realizar o cálculo do ponto de Encomenda, stock de segurança e quantidade económica de encomenda
	Ausência de software capaz de alertar para a rotura ou excesso de stock.	Melhorar o software utilizado de forma a permitir que seja possível a criação de uma notificação de aviso.
<i>Distribuição de peças entre unidades</i>	Ausência de planeamento das rotas.	Criação de uma ferramenta para identificar a rota que o motorista deve seguir.
	Ausência de análise temporal para cada rota.	Criação de uma ferramenta para identificar qual a duração de uma rota.
	Inexistência de planeamento da rota em função de janelas temporais causadas pela falta de peças em certas unidades.	Criação de uma ferramenta para identificar a rota que o motorista deve seguir tendo em consideração as janelas temporais.

### 3.3.1. Criação de uma ferramenta para facilitar o cálculo da previsão da procura dos diversos produtos

A gestão de stocks dos diversos produtos necessita de ser o mais correta e fidedigna possível para que, a partir dessa gestão se obtenham os melhores resultados possíveis. Para tal, é necessário existir ferramentas que permitam ajudar na tomada de decisões e obter uma perceção o mais próximo da realidade de forma que a decisão seja tomada de forma a minimizar os custos, proporcionando assim uma vantagem económica à empresa em relação ao mercado concorrente.

Assim sendo, foi considerado ser uma melhoria a existência de uma ferramenta que permita ao utilizador, através da análise dos dados existentes e da comparação do erro associado aos diversos métodos de previsão revistos no estado de arte, obter uma previsão da procura mensal.

De forma a obter a previsão o mais verdadeira possível, é necessário garantir que o registo não tem falhas e que o espetro temporal dos dados é suficiente para gerar previsões e erros suficientes para a comparação ser o mais correta possível. Para tal, foi solicitado à empresa os dados desde janeiro de 2021, permitindo obter mais de dois anos de dados, o que possibilitou verificar a tendência e a sazonalidade de cada um dos produtos.

De seguida, será evidenciada a forma de funcionamento da ferramenta que facilita o cálculo da previsão e exemplos práticos do uso da mesma. A previsão apenas será realizada para o mês seguinte, já que não existe interesse por parte da empresa possuir uma previsão com um tamanho maior, pois as encomendas são realizadas e entregues no espaço de dias.

Esta ferramenta foi desenvolvida com auxílio do Microsoft Excel e, através de macros, permite ao utilizador apenas escolher o produto que pretende para obter a previsão e carregar num botão que, esta realiza os cálculos necessários e com auxílio do *solver* minimiza os valores dos erros, alterando as variáveis alfa, beta e gama associadas aos métodos de previsão exponencial simples, duplo e triplo.

A ferramenta auxilia o utilizador a verificar qual o método que possui um menor erro. Para tal, esta realiza a inicialização e de seguida cria a previsão mensal de cada método, obtendo assim um erro associado a cada previsão. Posteriormente, a ferramenta executa o cálculo dos quatro erros revistos na revisão bibliográfica e devolve o menor valor do erro quadrático médio de raiz. Como forma de obter uma verificação visual, a ferramenta cria automaticamente um gráfico com as previsões de cada método e o com os valores reais fornecidos pela empresa.

Seguidamente serão evidenciados os passos que devem ser seguidos para a utilização da ferramenta que foi desenvolvida no Microsoft Excel e a interface da ferramenta é apresentado nos Anexos 7.2 e 7.3.

Inicialmente, é necessário escolher o produto que se pretende realizar a previsão. Esta escolha permite à tabela dinâmica retirar todos os dados referentes às vendas daquele produto. Esta seleção deve ser realizada no campo do interface destinado ao nome do produto. De seguida, a tabela dinâmica agrupa a soma por cada mês de cada ano, permitindo assim realizar a previsão mensal. Após esta seleção, deve-se verificar se os dados estão aparentemente corretos e se não existe nenhum dado aleatório, se tal existir deve ser verificada a veracidade desse dado de forma a não interferir com o resultado do modelo.

Posteriormente, e de forma a minimizar os valores da raiz do erro quadrático médio, é necessário alterar as variáveis alfa, beta e gama associadas aos métodos de previsão exponencial simples, duplo e triplo. Para tal, existe o botão “RUN SOLVER”, que permite executar a macro que contém o código para correr os *solver* e assim otimizar a previsão.

Após a otimização, o Excel verifica qual o método que possui menor erro quadrático médio de raiz e fornece a previsão desse método, no entanto, é crucial verificar no gráfico que foi gerado se existe uma forte comparação entre os dados reais e a previsão que contém o menor erro. Neste gráfico também é possível verificar todas as outras previsões que foram executadas. É importante salientar que foi utilizado um índice de sazonalidade de 12 meses e é de salientar que a previsão foi realizada com base nos dados fornecidos e, apesar de conter uma base científica, deve ser sempre devidamente analisada pelo utilizador, já que esta ferramenta funciona como uma ajuda para o mesmo e não como um método de decisão.

### **3.3.1.1. Exemplo de previsão de um produto**

Um dos produtos que foram analisados foi o filtro de óleo com a referência PE-1680682480, Figura 7. Este produto foi escolhido por ser um dos mais vendidos e utilizados por esta unidade. Este produto apenas foi inserido em 15 de junho de 2021, portanto apenas existem dados posteriores a essa data. Para além disso, os dados utilizados representam vendas executadas.



Figura 7- Filtro com referência-PE-1680682480

Fonte: Adaptado de <https://eurofrance24.com/catalog/product/view/id/199933/category/161/>

A tabela dinâmica permite organizar os dados por consumo mensal e o total anual. Esta informação pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 3- Tabela dinâmica com os valores do item nº PE-1680682480

Nº Item	PE-1680682480
Tipo Movimento	Saída
<b>Datas</b>	<b>Quantidade de Artigos</b>
<b>2021</b>	
jun	14
jul	38
ago	20
set	33
out	36
nov	47
dez	32
<b>2022</b>	
jan	31
fev	45
mar	36
abr	38
mai	35
jun	28
jul	37
ago	19
set	41
out	43
nov	49
dez	33
<b>2023</b>	
jan	44
fev	36
mar	40
abr	32
mai	19
<b>Total</b>	<b>826</b>

De seguida, com auxílio do Excel foi realizado o gráfico, Figura 8, que apresenta os dados reais e o respetivo desenvolvimento da quantidade de produtos utilizada ao longo dos meses. Este gráfico permite verificar se existe sazonalidade e/ou tendência nos dados, permitindo auxiliar na decisão final do utilizador.

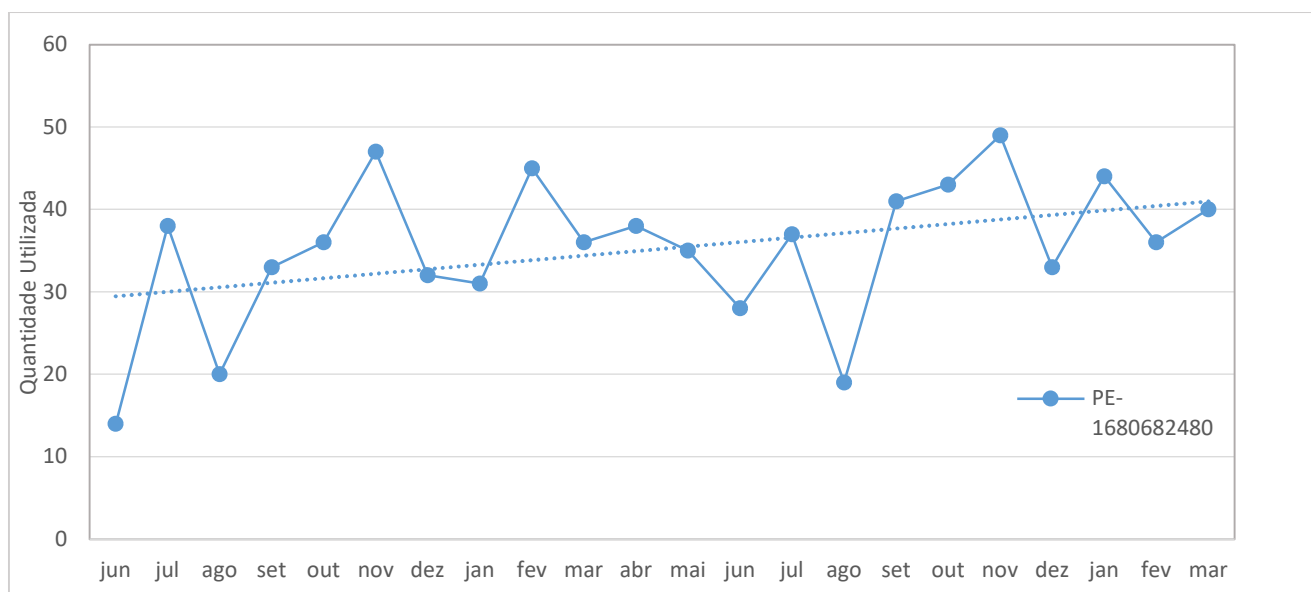


Figura 8- Gráfico com os dados de venda do produto PE-1680682480

Após a observação deste gráfico, é possível concluir que este produto apresenta algumas variações no consumo do produto, no entanto, possui uma tendência crescente. Posto isto, é expectável que os métodos de regressão linear e o método de amortecimento exponencial simples tenham um erro mais alto, já que estes não têm em consideração a tendência de crescimento nem a sazonalidade do produto.

Por outro lado, este gráfico também evidencia uma sazonalidade já que existe uma quebra de vendas no mês de agosto que progride para um pico de vendas no mês de novembro. Isto é apresentado nos 2 anos de dados demonstrados no gráfico. Esta sazonalidade pode ser justificada já que no mês de agosto a maioria das pessoas está de férias e nos meses seguintes, a população em geral tem de realizar as revisões que ficaram em atraso. Assim sendo, o método de amortecimento exponencial duplo também é expectável que obtenha um erro mais alto já que este método apenas tem em conta a tendência e não a sazonalidade.

Posto isto, a ferramenta possui diversos métodos de previsão e calcula o erro para cada um deles. A Tabela 4 apresenta todos os erros obtidos para os diversos métodos e a respetiva previsão calculada para o próximo mês através de cada um dos métodos.

Tabela 4- Erros obtidos através da ferramenta Excel para o componente

	Cardan	Média Móvel	Regressão Linear	AES	AED	AET Aditivo	AET Multiplicativo
<b>MAE:</b>	5,94	7,68	6,14	8,29	8,23	5,49	6,87
<b>MAPE:</b>	17,96%	22,15%	22,30%	20,64%	24,22%	15,70%	23,09%
<b>MSE:</b>	63,21	82,25	63,99	100,78	100,06	54,76	72,04
<b>RMSE:</b>	7,95	9,07	8,00	10,04	10,00	7,40	8,49
<b>Previsão:</b>	36,92	38,00	35,23	32,49	37,31	36,73	41,85

Como é possível verificar na Tabela 4, os métodos referidos anteriormente como não sendo os mais adequados, possuem um erro maior do que o método de amortecimento exponencial triplo aditivo. Este método é que possui o erro mais pequeno logo é o mais adequado para ser utilizado e verificar a previsão do próximo mês. Posto isto, deve ser analisado o gráfico que contém os dados reais e a previsão segundo os diversos métodos, Figura 9.

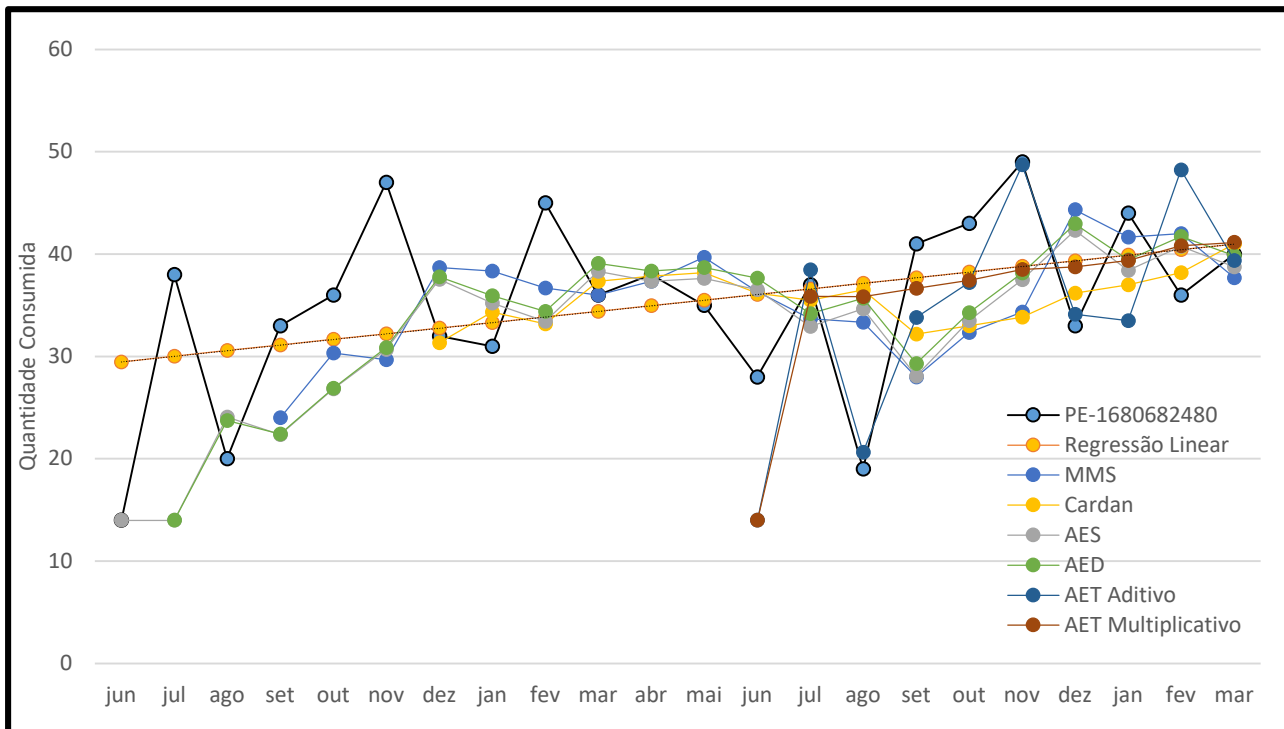


Figura 9- Gráfico com as previsões e com os dados reais.

Após a observação do gráfico é evidente que a linha que se aproxima mais dos dados reais é o método AET aditivo, apesar de após ocorrer a inicialização, este apenas considerou poucas unidades para o mês de junho já que, no ano anterior os dados deste produto apenas começam no dia 15, ou seja, apenas existe metade dos dados do mês, o que resulta numa previsão muito baixa para esse mês.

### 3.3.2. Ferramenta de auxílio ao cálculo do PE, SS e QEE

Uma parte crucial de uma empresa de distribuição de componentes é a manutenção e gestão das quantidades de produtos que esta possui em stock. Para tal, é necessário a empresa possuir uma ferramenta que permite identificar quais devem ser o stock de segurança, o ponto de encomenda e a quantidade económica de encomenda de cada produto.

Com vista a realizar uma melhoria relacionada com a gestão de stocks, criou-se uma ferramenta que permita à empresa identificar qual o PE, o SS e a QEE do produto escolhido. Para tal, recorreu-se ao Microsoft Excel para realizar uma análise das vendas do produto e, através da adição de variáveis como o lead time do fornecedor e o seu desvio padrão, são obtidos os valores do PE e do SS.

Relativamente à QEE, como a empresa apenas apresenta custo por realizar a encomenda em urgência e não tem custo por realizar a mesma para stock, não é possível calcular esta informação.

Assim como a ferramenta para a realização da previsão, esta possui a mesma base de dados fornecida pela empresa. Para além disso é necessário salientar que, para a obtenção do SS, foi utilizado um nível de serviço de 95% já que os componentes analisados possuem elevada importância na cadeia da organização e também foi tido em conta que a rotura de qualquer produto provoca perda de clientes e perda de serviço, algo que a empresa pretende eliminar.

Para o cálculo do ponto de encomenda e do stock de segurança, foi considerado que se trata de um sistema de revisão contínua com a procura do produto é variável e com o prazo de entrega variável. Assim sendo, para determinar o stock de segurança e o ponto de encomenda utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$SS_L = \sqrt{\sigma_D^2 L + D^2 \sigma_L^2}$$

$$s = D_L + SS_L$$

Em que:

$SS_L$  – stock de segurança

$Z$  – constante normal padrão

$\sigma_D$  – desvio padrão da procura diária

$L$  – prazo de reposição

$D$  – procura média diária

$\sigma_L$  – desvio padrão do prazo de reposição

$s$  – ponto de encomenda

$D_L$  – procura média diária durante o prazo de reposição

Para o funcionamento da ferramenta de cálculo do PE e do SS é necessário escolher o produto que se pretende calcular. De seguida, deve-se introduzir corretamente os valores do prazo de reposição ( $L$ ) e o respetivo desvio padrão ( $\sigma_L$ ) nas células da tabela destinadas a esse efeito. Caso se pretende alterar o nível de serviço apenas é necessário trocar o valor presente na tabela pelo valor pretendido. Após isto, o valor do PE e do SS aparece na tabela. É de realçar que estes valores apenas fornecem uma referência para a tomada de decisão. Relativamente à interface da ferramenta com o utilizador, esta pode ser observada no anexo 7.4.

### 3.3.2.1. Exemplo de cálculo do PE e SS

Um dos produtos escolhidos para ser analisado foi o filtro de óleo com a referência PE-1680682480, Figura 7. Este produto foi escolhido por ser um dos mais vendidos e utilizados por esta unidade. Para além disso, os dados utilizados representam vendas executadas.

Tal como na ferramenta de cálculo da previsão, também foi utilizada a tabela dinâmica, esta organiza os dados por consumo mensal e o total anual. Esta informação pode ser observada na Tabela 3. De seguida, introduziram-se os valores do prazo de reposição. Estes valores são um pouco imprecisos e aproximados, já que foram obtidos através dos colaboradores e não através de dados concretos. Assim sendo, foi considerado que o prazo de reposição é 1 dia e o desvio padrão é meio-dia.

Com auxílio da ferramenta foram obtidos os valores apresentados na Tabela 5. estes valores têm em consideração o consumo mensal, os valores introduzidos e um nível de serviço de 95%.

*Tabela 5- Dados obtidos a partir da utilização da ferramenta*

<b>Dados</b>	
<b>Procura Média (D)</b>	37,00
<b>Desvio Padrão da Procura ( <math>\sigma D</math> )</b>	8,93
<b>Tempo Médio de Reposição ( L )</b>	1,00
<b>Desvio Padrão da Reposição ( <math>\sigma L</math> )</b>	0,50
<b>Procura Média durante Prazo de Reposição ( DL )</b>	1,68
<b>Desvio Padrão da procura durante o prazo de reposição ( <math>\sigma DL</math> )</b>	2,08
<b>Nível de Serviço ( NS )</b>	95%
<b>Fator de Segurança ( Z )</b>	1,6449
<b>Stock de Segurança</b>	4
<b>Ponto de Encomenda</b>	6

Analisando a Tabela 5 é possível identificar que, para um nível de serviço de 95%, um prazo de reposição de 1 dia, um desvio padrão de 0.5 dias, e uma procura média diária de 9 componentes. Esta unidade deve possuir um stock de segurança de 4 unidades e deve efetuar a encomenda deste componente quando a quantidade em stock for de 6. A quantidade económica de encomenda não foi introduzida nesta ferramenta já que a empresa não possui um custo por realizar a encomenda para stock, o que impossibilita o cálculo da QEE.

### **3.3.3. Formulação da ferramenta de auxílio ao roteamento**

O roteamento é uma parte crucial do bom funcionamento de qualquer frota de veículos. De forma a elaborar uma ferramenta que permita determinar a melhor rota para permitir a distribuição dos diversos componentes pelas várias unidades produtivas da empresa é necessário esquematizar de forma concreta o problema.

Atualmente, não existe método de roteamento para determinar qual a melhor rota, ou seja, é o colaborador responsável pela distribuição dos componentes que decide a rota segundo o que considera mais rápido e segundo a necessidade temporal de cada um dos componentes em cada unidade. Posto isto, é crucial a criação de uma ferramenta que permita ao utilizador encontrar a melhor rota, minimizando os custos associados à mesma. Com auxílio desta ferramenta informática é possível criar um método de apoio à decisão que permita otimizar as rotas e trazer benefícios à empresa. Assim sendo, pretende-se que o algoritmo criado permita que seja realizado o *input* das janelas temporais que é necessário cumprir para que não ocorra rotura de componentes em nenhuma unidade. Após este *input*, pretende-se que o algoritmo calcule a melhor rota e a quantidade de veículos necessários. A definição destas variáveis permite à empresa organizar as entregas e o número de colaboradores necessários para realizar as mesmas.

O problema acima referido é considerado um problema de rotas com janelas de tempo (VRPTW). Como tal, deve-se considerar que os clientes correspondem às unidades produtivas. De seguida é apresentada a formulação matemática.

#### Variáveis de Decisão:

- $x_{ij}^k = 1$ , se  $j$  é fornecido a seguir ao  $i$  pelo veículo  $k$ ; 0 caso contrário
- $b_i^k =$  momento em que o veículo  $k$  começa o serviço no cliente  $i$
- $y_i^k =$  fração do cliente  $i$  fornecido pelo veículo  $k$

#### Parâmetros:

##### Clientes:

- $N=\{1,2,\dots,n\}$  representa o conjunto de clientes em  $n$  diferentes localizações;
- A cada par de localizações  $(i,j)$ , em que  $i,j \in N, i \neq j$  está associado um tempo de viagem  $t_{ij}$ ;
- $q_i, i = 1, 2, \dots, n$  representa a procura no cliente  $i$ ;
- O depósito está denotado como sendo 0;
- $M$  representa um número muito grande.

##### Frota de Veículos:

- $V=\{1,2,\dots,m\}$  representa o conjunto de veículos;

- $a_k$  representa a capacidade de cada veículo.

#### Restrições temporais:

- $[e_i, l_i], e_i \leq l_i$  representa as janelas temporais de cada cliente  $i \in N$ ;
- $S_i$  representa o tempo de serviço em cada cliente.

#### Função Objetivo:

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m t_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

#### Sujeito às seguintes restrições:

$$\sum_{j=1}^n x_{0j}^k = 1, k = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ip}^k - \sum_{j=1}^n x_{pj}^k = 0, p = 0, 1, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^m y_i^k = 1, i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n x_{ij}^k \geq 1, j = 0, 1, \dots, n \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}^k \geq \sum_{k=1}^m y_i^k \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n q_i y_i^k \leq a_k, k = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

$$y_i^k \leq \sum_{j=0}^n x_{ji}^k, i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

$$b_i^k + s_i + t_{ij} - M_{ij}(1 - x_{ij}^k) \leq b_j^k, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

$$e_i \leq b_i^k \leq l_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

$$y_i^k \geq 0, i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

A equação (1) representa a função objetivo e pretende minimizar o tempo total da rota. As equações (2) e (3) restringem o problema de forma que o veículo saia do depósito, se desloque a um cliente e que acabe a rota sempre no depósito. As equações (4), (5) e (6) garantem que a procura total dos clientes é assegurada e que cada cliente é visitado pelo menos uma vez. A equação (7) assegura que a capacidade dos veículos não é excedida e a equação (8) garante que a procura do cliente só é alcançada se o veículo passar no cliente. A equação (9) permite determinar o tempo mínimo de início de serviço no cliente  $j$  numa determinada rota. Para além disso, permite eliminar subrotas. A equação (10) permite que todos os clientes sejam servidos dentro do prazo de entrega. A equação (11) garante que o cliente apenas recebe mercadoria.

### 3.3.3.1. Adaptação da ferramenta de roteamento ao contexto da organização

De seguida, estabeleceram-se algumas premissas para melhorar a rapidez de execução do processo de cálculo e para facilitar a elaboração do modelo matemático. É de salientar que estas premissas não alteram a solução ótima do modelo.

Assim sendo, definiram-se os seguintes parâmetros:

- os veículos têm capacidade infinita, isto é, a capacidade total nunca é atingida, pois estes deslocam-se sempre parcialmente cheios;
- as cinco unidades produtivas localizam-se em: Braga, Guimarães, Silvares, Famalicão e Barcelos;
- os produtos já se encontram divididos por caixas antes de entrarem no veículo, logo podemos assumir que é transportado apenas um produto para cada unidade;
- é crucial respeitar as limitações temporais impostas;
- os veículos saem sempre de Braga às 09:00h e o percurso acaba sempre em Braga;
- o tempo médio de descarga é 10 minutos e é uniforme em todas as unidades;
- o horário de abertura das instalações é às 09:00h e o horário de encerramento das mesmas é às 18:00h;
- existe um veículo permanente que realiza o transporte todos os dias, no entanto, caso seja necessário, pode ser utilizada outra viatura, no entanto esta possui um custo fixo adicional;

De seguida, Tabela 6, é apresentada a matriz distância relativa às unidades produtivas. Estas distâncias foram obtidas com auxílio da ferramenta *Google Maps*.

Tabela 6- Matriz distância das unidades produtivas

	Braga	Famalicão	Silvares	Guimarães	Barcelos
Braga	-	19	17.3	18.4	25.2
Famalicão	-	-	20.4	21.5	23.3
Silvares	-	-	-	1.1	39.5
Guimarães	-	-	-	-	41.8
Barcelos	-	-	-	-	-

Com vista a permitir a utilização do método acima descrito, é crucial ter a matriz tempo entre as unidades produtivas. Assim sendo, visto que a média de velocidade atualmente obtida pelo colaborador que realiza a distribuição é 50km/h, utilizou-se esse mesmo valor para o cálculo da matriz distâncias, Tabela 7. Como forma de verificação adicional, foi utilizada a ferramenta do *Google Maps* para comprovar os tempos calculados e verificou-se que não existia diferença significativa em nenhum dos valores.

Tabela 7- Matriz tempo entre as unidades produtivas

	Braga	Famalicão	Silvares	Guimarães	Barcelos
Braga	-	00:22:00	00:20:00	00:22:00	00:30:00
Famalicão	-	-	00:24:00	00:25:00	00:27:00
Silvares	-	-	-	00:01:00	00:47:00
Guimarães	-	-	-	-	00:50:00
Barcelos	-	-	-	-	-

De forma a verificar a eficácia do modelo desenvolvido foram elaborados alguns cenários de teste com vista a identificar as principais diferenças entre o modelo atualmente usado e o modelo de roteamento desenvolvido.

### 3.3.3.2. Cenário 1- Sem restrições temporais

No primeiro cenário, optou-se por verificar qual deveria ser a rota a seguir se não fosse imposta nenhuma restrição temporal no que toca à entrega de encomendas. Caso não fosse utilizado este modelo de roteamento, o colaborador tem por hábito realizar a seguinte rota: Braga-Famalicão-Guimarães-Silvares-Barcelos-Braga. Esta rota tem um tempo total de viagem, incluindo o tempo de serviço em cada uma das unidades de 165 minutos. Esta rota pode ser observada na Figura 10.

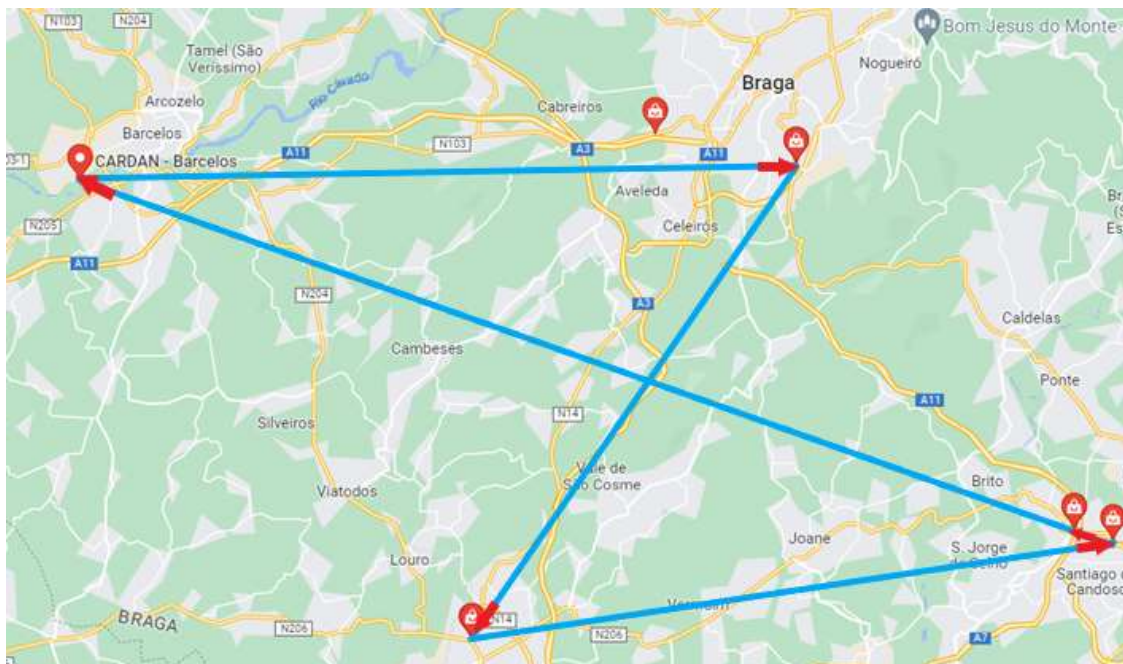


Figura 10- Rota sugerida pelo modelo de roteamento atualmente implementado

Posto isto, colocou-se o modelo em funcionamento e verificou-se que a rota que otimiza o tempo de viagem é a seguinte: Braga-Silveiros-Guimarães-Famalicão-Barcelos-Braga. Esta rota tem um tempo total de viagem de 143 minutos, incluindo o tempo de serviço em cada uma das unidades. Esta rota pode ser observada na Figura 11.

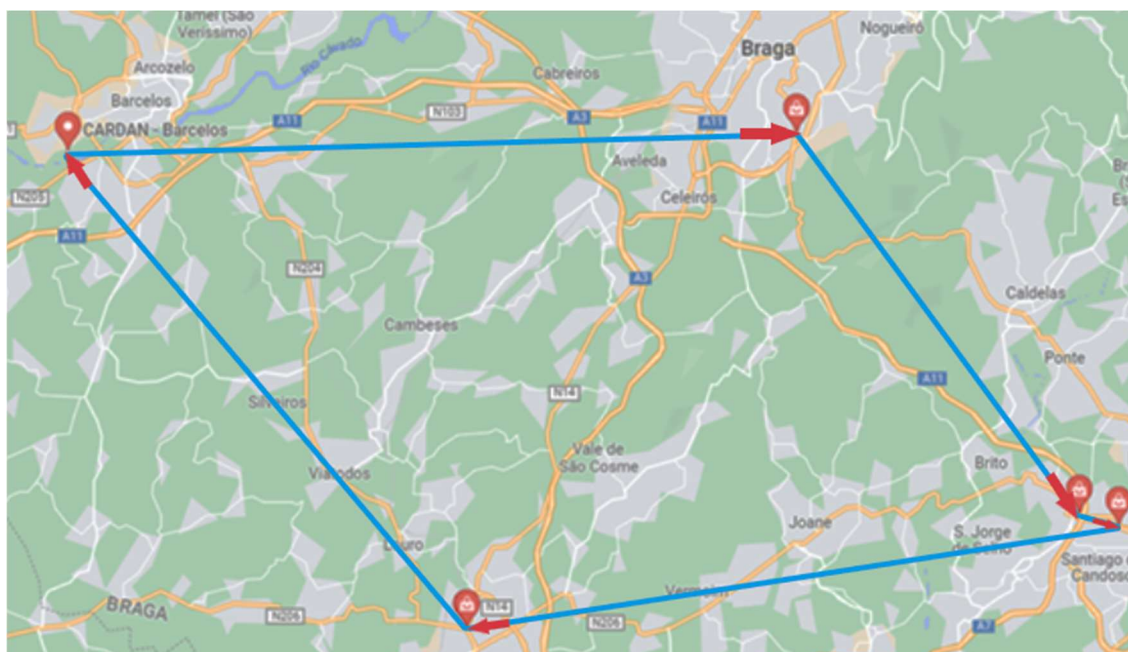


Figura 11- Rota sugerida pelo modelo de roteamento desenvolvido

Após a utilização deste método verifica-se que é possível reduzir em 22 minutos a rota de entrega dos componentes. Assim sendo, esta redução corresponde a uma minimização de 13.33% relativamente ao tempo de rota atualmente implementado. Para além da redução no tempo de entrega, é possível minimizar também o custo associado ao combustível e ao desgaste da viatura.

### **3.3.3.3. Cenário 2- Imposição de uma janela temporal**

No segundo cenário, optou-se por definir que a unidade de Famalicão necessita de receber os componentes até às 10:30h. Neste caso, segundo o modelo atualmente em vigor, o colaborador iria realizar a entrega a Famalicão e só depois seguiria para as restantes unidades. Assim sendo a rota que o colaborador seguiria seria: Braga-Famalicão-Barcelos-Guimarães-Silvares-Braga. Esta rota tem um tempo total de viagem de 160 minutos, incluindo o tempo de serviço em cada uma das unidades.

Recorrendo ao modelo desenvolvido, a solução ótima obtida para o problema acima referido foi a seguinte rota: Braga-Silvares-Guimarães-Famalicão-Barcelos-Braga. Esta rota tem um tempo total de viagem de 143 minutos, incluindo o tempo de serviço em cada uma das unidades. Esta rota é exatamente a mesma do problema cenário 1, pois a entrega é realizada antes das 10:30h, sem ser necessário alterar a rota. Esta rota pode ser observada na Figura 11.

Com este cenário foi possível verificar que, caso este software fosse implementado, seria possível poupar 10.6% relativamente ao tempo de rota segundo o modelo atualmente utilizado.

### **3.3.3.4. Cenário 3- Imposição de duas janelas temporais**

No terceiro cenário, escolheu-se definir que a unidade de Barcelos necessita de receber os componentes até às 10:00h e a unidade de Silvares necessita dos componentes até às 10:30h. Neste caso, segundo o modelo atualmente em vigor, o colaborador iria realizar primeiro a entrega a Barcelos, de seguida a Silvares e só depois seguiria para as restantes unidades. Assim sendo a rota que o colaborador seguiria seria: Braga-Barcelos-Silvares-Guimarães-Famalicão-Braga. Esta rota tem um tempo total de viagem de 165 minutos, incluindo o tempo de serviço em cada uma das unidades.

Utilizando o modelo desenvolvido, a solução ótima obtida para este problema seria a seguinte rota: Braga-Barcelos-Silvares-Guimarães-Famalicão-Braga. Esta rota é exatamente igual à obtida pelo modelo atualmente em vigor. Neste caso não existe nenhuma melhoria temporal visível, no entanto é possível verificar que a rota escolhida pelo colaborador é a rota mais eficiente.

página propositadamente em branco

## 5. CONCLUSÃO

### 5.1. Conclusões finais

Em jeito de conclusão, este projeto assenta na base da logística, dos métodos de previsão e da gestão de cadeias de abastecimento, que permitem melhorar a gestão de stocks da empresa e a gestão de rotas e consequentemente, minimizar o custo global da mesma com os stocks. Assim sendo, através da revisão bibliográfica foi possível perceber a importância e impacto que estes temas tem na atualidade de qualquer organização.

Posto isto, foram identificados alguns problemas cruciais e apresentas propostas de melhoria para a sua resolução. Os principais contributos resultantes destas propostas são a possibilidade de realizar a previsão de cada componente para o mês seguinte, a possibilidade de determinar qual o ponto de encomenda e o stock de segurança para cada consumível e a possibilidade de determinar qual deve ser a rota que o motorista deve seguir de forma a cumprir os prazos de entrega e minimizar o tempo e o custo da rota.

Em relação à implementação real na empresa, apenas foi possível colocar em funcionamento a ferramenta de roteamento e verificou-se melhorias significativas na minimização do tempo de viagem associado à rota. As restantes ferramentas criadas ainda não foram implementadas na organização devido a limitações temporais e adversidades encontradas no desenvolvimento das mesmas. Estes imprevistos, impossibilitam verificar se existiu uma melhoria concreta no funcionamento da organização, no entanto, é possível verificar que, a curto prazo, estas ferramentas terão um papel importante na organização.

É de salientar que as ferramentas criadas funcionam como modelos de apoio à decisão, assim sendo, apenas se estiverem em constante desenvolvimento e evolução é que conseguem proporcionar dados concretos e objetivos para auxiliar a tomada de decisões.

### 5.2. Valor acrescentado para a organização

A implementação destas propostas de melhoria não contém nenhum custo relevante associado e, como o feedback a curto prazo por parte dos colaboradores é positivo, conclui-se que se verifica um acréscimo no valor desta dissertação para a organização. A longo prazo ainda não é possível avaliar o impacto, no entanto as projeções revelam-se bastante positivas. Este projeto pode trazer melhorias a nível da gestão de stocks dos componentes, da sua previsão e da sua distribuição. Por outro lado, foi possível verificar que a utilização de ferramentas de gestão e logística torna-se relevante e significativa para a empresa. Na Tabela 9, encontram-se demonstradas as propostas de melhoria desenvolvidas e os respetivos ganhos com a sua utilização

*Tabela 9-Propostas de melhoria e os ganhos respetivos para a empresa*

Proposta de Melhoria	Ganhos para a empresa
Criação de uma ferramenta para facilitar o cálculo da previsão para os próximos meses através da comparação de diversos métodos de previsão.	Permite realizar previsões da procura e possibilita a organização da compra de componentes.

Proposta de Melhoria	Ganhos para a empresa
Criação de uma ferramenta para realizar o cálculo do ponto de encomenda, stock de segurança e quantidade económica de encomenda	Permite reduzir as roturas e os excessos de stocks e aumentar o controlo de stocks.
Criação de uma ferramenta para identificar a rota que o motorista deve seguir.	Permite otimizar as rotas que devem ser seguidas na distribuição dos componentes.
Criação de uma ferramenta para identificar qual a duração de uma rota.	Permite mapear a rota e verificar a duração da mesma.
Criação de uma ferramenta para identificar a rota que o motorista deve seguir tendo em consideração as janelas temporais.	Permite determinar as rotas que o motorista deve seguir de forma a cumprir as janelas temporais.

Por fim, considera-se que esta dissertação trará vantagens para o futuro da Cardan S.A. a nível de eficiência operacional, já que, até ao momento não existe software de previsão de stocks nem software de planeamento de rotas. No entanto, é de salientar que, estas ferramentas apenas apresentam propostas de melhoria se a organização der continuidade ao projeto desenvolvido. Assim sendo, considera-se que estas ferramentas possuem um importante passo em relação à gestão de stocks de componentes e ao planeamento de rotas.

### 5.3. Limitações e trabalhos futuros

Relativamente às limitações apresentadas, é de salientar que o facto de a empresa não possuir software de *machine* e *deep learning* e software de planeamento de recursos, impossibilita a utilização de alguns métodos de previsão que poderiam obter melhores resultados. Para além disso, o facto de o horizonte temporal após a implementação das ferramentas ser curto, não permite retirar ilações concretas relativamente à aplicabilidade e às vantagens que estas ferramentas trouxeram para a empresa. Por outro lado, é de realçar que a ferramenta de roteamento não contém informações de horários de trânsito, o que poderá limitar o uso da rota mais eficiente em alguns dias.

Em relação a trabalhos futuros, é crucial que os colaboradores e a empresa consigam dar seguimento ao projeto de forma a atualizar e evoluir todas as ferramentas desenvolvidas para que sejam obtidos resultados ainda melhores.

Relativamente à ferramenta de previsão da procura e à ferramenta de cálculo do PE e do SS, estas devem-se manter constantemente atualizadas, assim como os seus dados, de forma a melhorar e aumentar e melhorar a precisão do modelo.

Em relação à ferramenta de roteamento, esta deve ser utilizada sempre que seja necessário alterar as janelas temporais de forma a garantir que a rota mais económica é encontrada.

Por fim, outro aspeto crucial a ser realizado num trabalho futuro, poderia passar pela implementação de um sistema de *machine* e *deep learning* na empresa de forma a melhorar ainda mais a precisão dos resultados e a rapidez de obtenção dos mesmos. Para além disso, o

---

modelo de roteamento poderia ser melhorado de forma a obter a informação de trânsito e a utilizar esta informação de forma a obter a rota mais aproximada da realidade.

página propositadamente em branco

## 6. REFERÊNCIAS

- Alnaa, S. E., & Abdul-Mumuni, A. (2012). Predicting Inflation in Ghana: A Comparison of Cointegration and Arima Models. *SSRN Electronic Journal*.  
<https://doi.org/10.2139/SSRN.2065602>
- Arunraj, N. S., & Ahrens, D. (2015). A hybrid seasonal autoregressive integrated moving average and quantile regression for daily food sales forecasting. *International Journal of Production Economics*, 170, 321–335. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2015.09.039>
- Assimakopoulos, V., & Nikolopoulos, K. (2000). The theta model: a decomposition approach to forecasting. *International Journal of Forecasting*, 16(4), 521–530.  
[https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(00\)00066-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(00)00066-2)
- Aurélio Carino Bouzada, M. (sem data). *Aprendendo Decomposição Clássica: Tutorial para um Método de Análise de Séries Temporais Learning Classical Decomposition: Tutorial for a Time Series Analysis Method*. 1–18. Obtido 20 de Dezembro de 2022, de <http://www.anpad.org.br/>
- Avdoshin, S. M., & Beresneva, E. N. (2019). Constructive heuristics for Capacitated Vehicle Routing Problem: a comparative study. *Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS*, 31(3), 145–156. [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31\(3\)-12](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31(3)-12)
- Ballou, H., R., Ballou, & H., R. (2013). The evolution and future of logistics and supply chain management. *Production*, 16(3), 375–386. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132006000300002>
- Ballou, R. H. (2006). A evolução e o futuro da logística e do gerenciamento da cadeia de suprimentos The evolution and future of logistics and supply chain management. *Set./Dez*, 16(3), 375–386.
- Ballou, R. H., Gilbert, S. M., & Mukherjee, A. (2000). New managerial challenges from supply chain opportunities. *IEEE Engineering Management Review*, 28(3), 7–16.  
[https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00107-8](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00107-8)
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2017.09.045>
- Bing, W., & Chen, P. (2021). Research on Supply Chain safety Inventory forecast based on GA-BP Neural Network. *RASSE 2021 - IEEE International Conference on Recent Advances in Systems Science and Engineering, Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/RASSE53195.2021.9686846>
- Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J., & Seuring, S. (2014). Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 299–312. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2013.09.032>
- Carvalho, J. C. de, Póvoa, A. P. B., Arantes, A. J. M., Guedes, A. P., Martins, A. L., Luís, C. A., Dias, E. B., Dias, J. C. Q., Menezes, J. C. R. de, Ferreira, L. M., Oliveira, R. C., Azevedo, S. G., & Ramos, T. (2017). Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento. *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*, 722.
- Chaharsooghi, S. K., & Heydari, J. (2010). Supply chain coordination for the joint determination of order quantity and reorder point using credit option. *European Journal of Operational Research*, 204(1), 86–95. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2009.10.007>
- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? - Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/GMD-7-1247-2014>
- Chase, C. (sem data). *Demand-driven forecasting : a structured approach to forecasting*. Obtido 20 de Dezembro de 2022, de <https://www.wiley.com/en-us/Demand+Driven+Forecasting%3A+A+Structured+Approach+to+Forecasting%2C+2nd+Edition-p-9781118669396>
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 80–91. <https://doi.org/10.1287/MNSC.6.1.80>

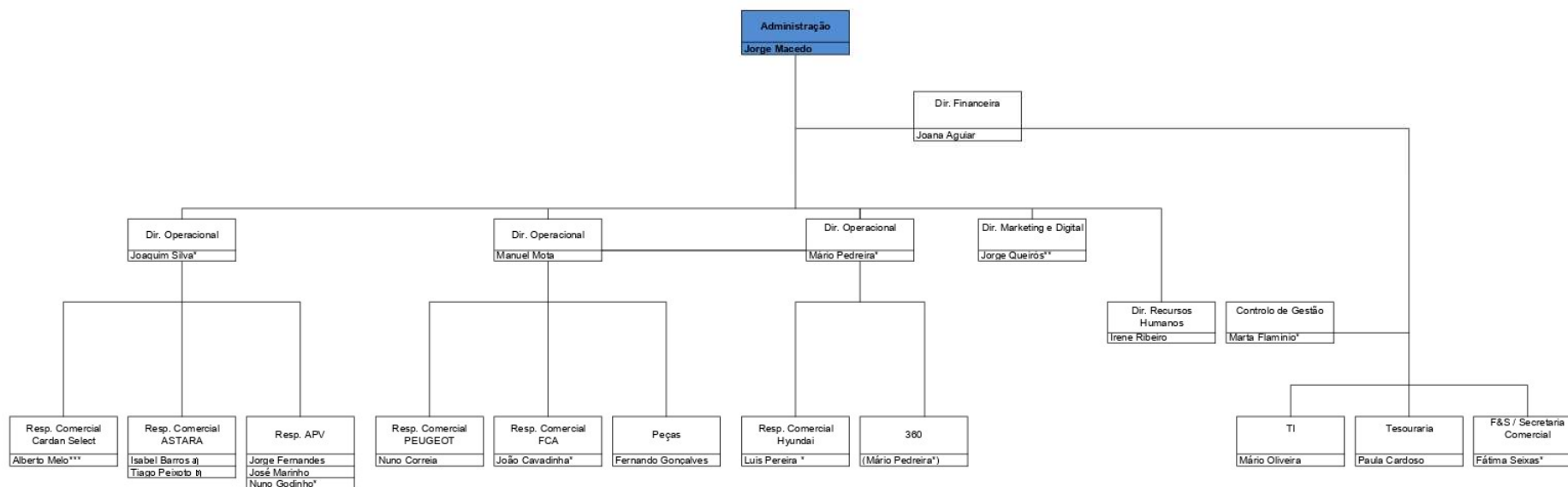
- David L. Applegate, Robert E. Bixby, Vašek Chvatál, & William J. Cook. (2006). *The Traveling Salesman Problem: A Computational Study*. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt7s8xg>
- Davis, D. F., & Mentzer, J. T. (2007). Organizational factors in sales forecasting management. *International Journal of Forecasting*, 23(3), 475–495. <https://doi.org/10.1016/J.IJFORECAST.2007.02.005>
- Davydenko, A., & Fildes, R. (sem data). *Forecast Error Measures: Critical Review and Practical Recommendations*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4539.5281>
- Feng, B., & Ye, Q. (2021). Operations management of smart logistics: A literature review and future research. *Frontiers of Engineering Management*, 8(3), 344–355. <https://doi.org/10.1007/s42524-021-0156-2>
- Fernandes Postiga, J. (sem data). *MELHORIA CONTÍNUA NO DEPARTAMENTO DE GESTÃO DE STOCKS NA EMPRESA FLAMINGO S.A.*
- G. Dantzig, R. Fulkerson, & S. Johnson. (1954). *Solution of a Large-Scale Traveling-Salesman Problem on JSTOR* (Vol. 2). <https://www.jstor.org/stable/166695>
- Golden, B. L., Magnanti, T. L., & Nguyen, H. Q. (1977). Implementing vehicle routing algorithms. *Networks*, 7(2), 113–148. <https://doi.org/10.1002/NET.3230070203>
- Goodwin, P. (2000). Improving the voluntary integration of statistical forecasts and judgment. *International Journal of Forecasting*, 16(1), 85–99. [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(99\)00026-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(99)00026-6)
- Gooijer, J. G., Hyndman, R., Gooijer, J. G., & Hyndman, R. (2006). 25 years of time series forecasting. *International Journal of Forecasting*, 22(3), 443–473. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:intfor:v:22:y:2006:i:3:p:443-473>
- Häll, C. H., Andersson, H., Lundgren, J. T., Värbrand, P., Nedregård, I., Paolo Toth & Daniele Vigo, Nedregård, I., Gurobi, O., Pimpler, E., LAFLAQUIERE, J., Sundar, U. M., Yang, C., Cordeau, J. F., Häll, C. H., Andersson, H., Lundgren, J. T., Värbrand, P., Posada, M., Andersson, H., & Häll, C. H. (2014). Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications, Second Edition. *Public Transport*, 1(3), 573–586. <https://research.vu.nl/en/publications/vehicle-routing-problems-methods-and-applications-second-edition>
- Heskett, J. L., Glaskowsky, N. A., & Ivie, R. M. (1964). *BUSINESS LOGISTICS : MANAGEMENT OF PHYSICAL SUPPLY AND DISTRIBUTION / J.L. HESKETT ; ROBERT M. IVIE ; NICHOLAS A. GLASKOWSKY, JR. NEW YORK: RONALD PRESS, 1964. - XI, 557 S.* <https://www.econbiz.de/Record/business-logistics-management-physical-supply-and-distribution-heskett-robert-ivie-nicholas-glaskowsky-new-york-ronald-press-1964-557--heskett-james/10004019404>
- Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, 20(1), 5–10. <https://doi.org/10.1016/J.IJFORECAST.2003.09.015>
- Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector.* (2015).
- Jaipuria, S., & Mahapatra, S. S. (2014). An improved demand forecasting method to reduce bullwhip effect in supply chains. *Expert Systems with Applications*, 41(5), 2395–2408. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2013.09.038>
- Johnston, F. R., Boyland, J. E., Meadows, M., & Shale, E. (1999). Some properties of a simple moving average when applied to forecasting a time series. *Journal of the Operational Research Society*, 50(12), 1267–1271. <https://doi.org/10.1057/PALGRAVE.JORS.2600823>
- José, D., Pereira, L., & Ribeiro, M. (sem data). *PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS COM CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DEPENDENTE DO PESO.*
- Kang, Y., Hyndman, R. J., & Smith-Miles, K. (2017). Visualising forecasting algorithm performance using time series instance spaces. *International Journal of Forecasting*, 33, 345–358. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2016.09.004>
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., Whang, S., Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science*, 43(4), 546–558. <https://doi.org/10.1287/MNSC.43.4.546>

- LOGÍSTICA E GERENCIAMENTO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO - PAULO ROBERTO BERTAGLIA - Google Livros. (sem data). Obtido 19 de Dezembro de 2022, de [https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=HkJnDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=rede+de+cadeias+de+abastecimento&ots=LzGuhyW5hL&sig=ZM4DgcrOgqg5\\_KofjmkRkhLreVs#v=onepage&q=rede%20de%20cadeias%20de%20abastecimento&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=HkJnDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=rede+de+cadeias+de+abastecimento&ots=LzGuhyW5hL&sig=ZM4DgcrOgqg5_KofjmkRkhLreVs#v=onepage&q=rede%20de%20cadeias%20de%20abastecimento&f=false)
- Makatjane, K. D., & Moroke, N. D. (2016). COMPARATIVE STUDY OF HOLT-WINTERS TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING AND SEASONAL ARIMA: FORECASTING SHORT TERM SEASONAL CAR SALES IN SOUTH AFRICA. *Risk Governance and Control: Financial Markets & Institutions*, 6(1), 71. <https://doi.org/10.22495/RGCV611ART8>
- Makridakis, S. G., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (sem data). *Forecasting : methods and applications*. 642. Obtido 20 de Dezembro de 2022, de <https://www.wiley.com/en-ie/Forecasting%3A+Methods+and+Applications%2C+3rd+Edition-p-9780471532330>
- Marius M. Solomon. (1987). *Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints on JSTOR* (2.<sup>a</sup> ed., Vol. 35). <https://www.jstor.org/stable/170697>
- Melo, M. T., Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management – A review. *European Journal of Operational Research*, 196(2), 401–412. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2008.05.007>
- Miller, C. E., Zemlin, R. A., & Tucker, A. W. (1960). Integer Programming Formulation of Traveling Salesman Problems. *Journal of the ACM (JACM)*, 7(4), 326–329. <https://doi.org/10.1145/321043.321046>
- Moroff, N. U., Kurt, E., & Kamphues, J. (2021). Machine Learning and Statistics: A Study for assessing innovative Demand Forecasting Models. *Procedia Computer Science*, 180, 40–49. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2021.01.127>
- Olsen, T. L., & Tomlin, B. (2020). Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing and Service Operations Management*, 22(1), 113–122. <https://doi.org/10.1287/MSOM.2019.0796>
- Rabiner, L. (1984). Combinatorial optimization: Algorithms and complexity. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 32(6), 1258–1259. <https://doi.org/10.1109/TASSP.1984.1164450>
- Reis, R. L. dos. (2005). *Manual da Gestao de Stocks*. 201 p.
- Render, Barry., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2012). *Quantitative analysis for management*. 647.
- Rita, A., & Grego, S. G. (sem data). *Gestão de Stocks e Armazém de Matérias-Primas*.
- Said Omar, M., & Kawamukai, H. (2022). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Evaluation of Stochastic and Artificial Neural Network Models for Multi-step Lead Forecasting of NDVI Evaluation of Stochastic and Artificial Neural Network Models for Multi-step Lead Forecasting of NDVI. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*, 1008, 12014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1008/1/012014>
- Shcherbakov, M., Brebels, A., Tyukov, A., Janovsky, T., & Anatol, V. (2013). *A Survey of Forecast Error Measures*.
- Shcherbakov, M. V., Brebels, A., Shcherbakova, N. L., Tyukov, A. P., Janovsky, T. A., & Kamaev, V. A. evich. (2013). A survey of forecast error measures. *World Applied Sciences Journal*, 24(24), 171–176. <https://doi.org/10.5829/IDOSI.WASJ.2013.24.ITMIES.80032>
- Sodhi, M. S., Tang, C. S., Sodhi, M. S., & Tang, C. S. (2011). Social enterprises as supply-chain enablers for the poor. *Socio-Economic Planning Sciences*, 45(4), 146–153. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.04.001>
- Sterman, J. D., Sterman, & D., J. (1989). Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment. *Management Science*, 35(3), 321–339. <https://doi.org/10.1287/MNSC.35.3.321>
- Tanaka, K., & Sagawa, D. (2018). Inventory Management Method with Demand Forecast in e-Commerce. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 7, 601–610. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-898-3-601>

- Tang, C. S., Tang, & S., C. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 451–488.  
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:proeco:v:103:y:2006:i:2:p:451-488>
- Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 1–11.  
<https://doi.org/10.1016/J.TRE.2019.06.004>
- Tratar, L. F. (2010). Joint optimisation of demand forecasting and stock control parameters. *International Journal of Production Economics*, 127(1), 173–179.  
<https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2010.05.009>
- Winters, P. R. (1960). Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages. *Management Science*, 6(3), 324–342. <https://doi.org/10.1287/MNSC.6.3.324>
- Yang, Y., Ceder, A., Zhang, W., & Tang, H. (2021). Unconstrained Estimation of Multitype Car Rental Demand. *Applied Sciences* 2021, Vol. 11, Page 4506, 11(10), 4506.  
<https://doi.org/10.3390/APP11104506>
- Yucesan, M., Gul, M., & Celik, E. (2018). A multi-method patient arrival forecasting outline for hospital emergency departments. <https://doi.org/10.1080/20479700.2018.1531608>, 13(S1), 283–295. <https://doi.org/10.1080/20479700.2018.1531608>
- Zanddizari, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Azaron, A. (2019). Modeling stock-out loss and overstocking loss generated by bullwhip effect. *Scientia Iranica*, 26(3), 1913–1924.  
<https://doi.org/10.24200/SCI.2018.20199>
- Zanjirani Farahani, R. (sem data). *Logistics Operations and Management*.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385202-1.X0001-1>

## 7. ANEXOS

### 7.1. Anexo 1- Organograma da Empresa Cardan



\* Cardan GP  
 \*\* CSV  
 \*\*\* Easyone  
 a) KIA  
 b) ISUZU, MITSUBISHI e MAZDA

Figura 12- Organograma da Empresa Cardan

### 7.2. Anexo 2-Interface da ferramenta de cálculo de previsão (parte 1)

RUN SOLVER			Métodos de Previsão																																															
Produto:			Média Móvel				Média Móvel				Regressão Linear				Amortecimento Exponencial Simples				Amortecimento Exponencial Duplo				Amortecimento Exponencial Triplo Aditivo				Amortecimento Exponencial Triplo Multiplicativo																							
			n= 6				n= 3				a= 0,548 b= 28,92				α= 0,41987				α= 0,397 β= 0,023				α= 0,02 L= 12 β= 1 γ= 1				α= 0,0153 L= 12 β= 1 γ= 1																							
i	Mês	PE-1680682480	Ft	AE	APE	SE	Ft	AE	APE	SE	Ft	AE	APE	SE	Ft	AE	APE	SE	St	Tt	Ft+1	AE	APE	SE	St	Tt	It	Ft+1	AE	APE	SE	St	Tt	It	Ft+1	AE	APE	SE												
1	jun	14									29,47	15,47	111%	239,33	14,00					14	0																													
2	jul	38									30,02	7,98	21%	63,70	14,00	24,00	63%	576,00	23,52	0,22	14,00	24,00	63%	576,00			-19,75																							
3	ago	20									30,57	10,57	53%	111,66	24,08	4,08	20%	16,62	22,25	0,18	23,73	3,73	19%	13,94			4,25																							
4	set	33					24,00	9,00	27,27%	81,00	31,12	1,88	6%	3,55	22,37	10,63	32%	113,10	26,62	0,28	22,43	10,57	32%	111,63			-13,75																							
5	out	36					30,33	5,67	15,74%	32,11	31,66	4,34	12%	18,81	26,83	9,17	25%	84,08	30,51	0,36	26,90	9,10	25%	82,78			-0,75																							
6	nov	47					29,67	17,33	36,88%	300,44	32,21	14,79	31%	218,69	30,68	16,32	35%	266,33	37,27	0,50	30,87	16,13	34%	260,24			2,25																							
7	dez	32	31,33	0,67	2,08%	0,44	38,67	6,67	20,83%	44,44	32,76	0,76	2%	0,58	37,53	5,53	17%	30,61	35,48	0,45	37,77	5,77	18%	33,28			13,25																							
8	jan	31	34,33	3,33	10,75%	11,11	38,33	7,33	23,66%	53,78	33,31	2,31	7%	5,33	35,21	4,21	14%	17,72	33,98	0,41	35,93	4,93	16%	24,33			-1,75																							
9	fev	45	33,17	11,83	26,30%	140,03	36,67	8,33	18,52%	69,44	33,86	11,14	25%	124,18	33,44	11,56	26%	133,58	38,59	0,50	34,38	10,62	24%	112,72			2,25																							
10	mar	36	37,33	1,33	3,70%	1,78	36,00	0,00	0,00%	0,00	34,40	1,60	4%	2,54	38,29	2,29	6%	5,27	37,87	0,47	39,10	3,10	9%	9,59			11,25																							
11	abr	38	37,83	0,17	0,44%	0,03	37,33	0,67	1,75%	0,44	34,95	3,05	8%	9,28	37,33	0,67	2%	0,45	38,21	0,47	38,34	0,34	1%	0,12			0,98																							
12	mai	35	38,17	3,17	9,05%	10,03	39,67	4,67	13,33%	21,78	35,50	0,50	1%	0,25	37,61	2,61	7%	6,82	37,22	0,44	38,68	3,68	11%	13,53			2,25																							
13	jun	28	36,17	8,17	29,17%	66,69	36,33	8,33	29,76%	69,44	36,05	8,05	29%	64,80	36,52	8,52	30%	72,51	33,83	0,35	37,66	9,66	34%	93,27			1,03																							
14	jul	37	35,50	1,50	4,05%	2,25	33,67	3,33	9,01%	11,11	36,60	0,40	1%	0,16	32,94	4,06	11%	16,48	35,30	0,38	34,18	2,82	8%	7,96			0,86																							
15	ago	19	36,50	17,50	92,11%	306,25	33,33	14,33	75,44%	205,44	37,15	18,15	96%	329,29	34,64	15,64	82%	244,76	29,06	0,23	35,68	16,68	88%	278,06			1,28																							
16	set	41	32,17	8,83	21,54%	78,03	28,00	13,00	31,71%	169,00	37,69	3,31	8%	10,93	28,08	12,92	32%	167,03	33,93	0,33	29,29	11,71	29%	137,14			0,98																							
17	out	43	33,00	10,00	23,26%	100,00	32,33	10,67	24,81%	113,78	38,24	4,76	11%	22,63	33,50	9,50	22%	90,20	37,73	0,41	34,27	8,73	20%	76,28			1,03																							
18	nov	49	33,83	15,17	30,95%	230,03	34,33	14,67	29,93%	215,11	38,79	10,21	21%	104,22	37,49	11,51	23%	132,48	42,45	0,51	38,14	10,86	22%	117,92			0,98																							
19	dez	33	36,17	3,17	9,60%	10,03	44,33	11,33	34,34%	128,44	39,34	6,34	19%	40,19	42,32	9,32	28%	86,92	39,01	0,42	42,96	9,96	30%	99,12			1,03																							
20	jan	44	37,00	7,00	15,91%	49,00	41,67	2,33	5,30%	5,44	39,89	4,11	9%	16,91	38,41	5,59	13%	31,27	41,24	0,46	39,43	4,57	10%	20,92			0,98																							
21	fev	36	38,17	2,17	6,02%	4,69	42,00	6,00	16,67%	36,00	40,44	4,44	12%	19,68	40,76	4,76	13%	22,62	39,44	0,41	41,70	5,70	16%	32,49			1,03																							
22	mar	40	41,00	1,00	2,50%	1,00	37,67	2,33	5,83%	5,44	40,98	0,98	2%	0,97	38,76	1,24	3%	1,54	39,91	0,41	39,85	0,15	0%	0,02			1,03																							

Previsão:	36,92	38,00	35,23	32,49	37,31	36,73	41,85
RMSE:	63,21	82,25	63,99	100,78	100,06	54,76	72,04
MAE:	7,95	9,07	8,00	10,04	10,00	7,40	8,49
MAPE:	5,94	7,68	6,14	8,29	8,23	5,49	6,87
MAPE:	17,96%	22,15%	22,30%	20,64%	24,22%	15,70%	23,09%

Figura 13- Interface da ferramenta de cálculo de previsão (parte 1)

### 7.3. Anexo 3-Interface da ferramenta de cálculo de previsão (parte 2)

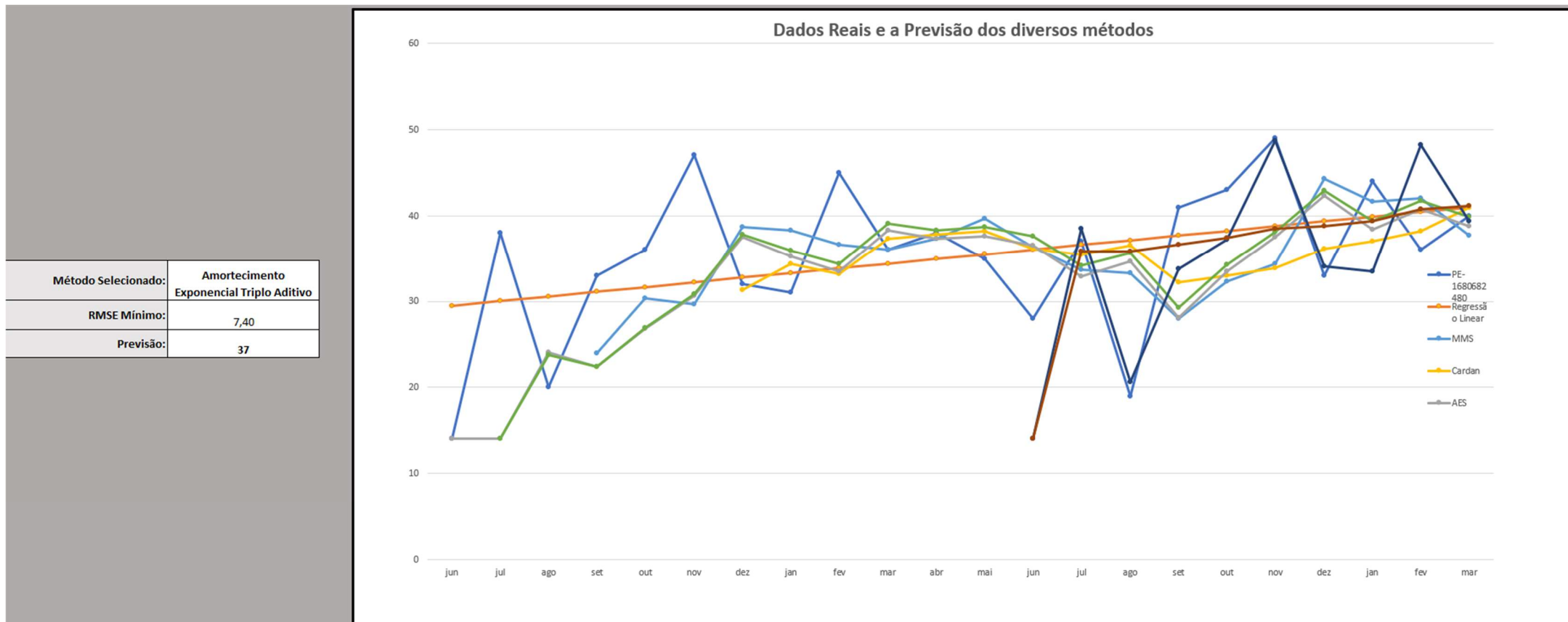


Figura 14- Interface da ferramenta de cálculo de previsão (parte 2)

#### 7.4. Anexo 4-Interface da ferramenta de cálculo do PE e SS

<b>Produto:</b>		<b>Stock de Segurança ( SS )</b>	<b>4</b>
PE-1680682480		<b>Ponto de Encomenda ( PE )</b>	<b>6</b>

Prazo de Reposição	1
Desvio Padrão ( $\sigma L$ )	0,5
Nível de Serviço ( NS )	95%

Dados Mensais	
Procura Média ( D )	37
STD ( $\sigma D$ )	8,93
Dias/Mês	22

Dados Diários	
Procura Média ( d )	1,68
STD ( $\sigma d$ )	1,90

Informações auxiliares	
Probabilidade de Rotura	0,05
Fator de Segurança ( Z )	1,64

Procura no Prazo de Entrega	
Procura Média ( DL )	1,68
Desvio Padrão ( $\sigma DL$ )	2,08

Figura 15- Interface da ferramenta de cálculo do PE e SS