



DIOGO MATIAS LOURENÇO FERREIRA FAUSTINO

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Proposta de Modelo para a Gestão de *Stocks* em sistemas *Engineer To Order*: caso de es- tudo na indústria

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa

15 de Dezembro, 2023

Proposta de Modelo para a Gestão de *Stocks* em sistemas *Engineer-to-order*: caso de estudo na indústria

DIOGO MATIAS LOURENÇO FERREIRA FAUSTINO

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Professor Pedro Emanuel Botelho Espadinha da Cruz,
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera,
Professora Auxiliar, FCT-NOVA

Arguente: Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado,
Professora Auxiliar, FCT-NOVA

Orientador: Pedro Emanuel Botelho Espadinha da Cruz,
Professor Auxiliar, FCT-NOVA

Proposta de Modelo para a Gestão de Stocks em sistemas Engineer-to-order: caso de estudo na indústria

Copyright © Diogo Matias Lourenço Ferreira Faustino, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Dedico à minha família.

AGRADECIMENTOS

Só foi possível concluir esta etapa da minha vida com a ajuda e o apoio de inúmeras pessoas, por esse motivo, fica aqui o meu agradecimento.

Em primeiro lugar, queria agradecer à minha família por me ter apoiado ao longo destes árduos meses, através de conselhos, palavras de incentivo e carinho. Um especial agradecimento à minha mãe, pelo exemplo que é para mim, pela ajuda que me deu e por todas as críticas, sem dúvida que sem elas o resultado não seria o mesmo.

Ao meu orientador Professor Pedro Espadinha agradeço por ter embarcado neste projeto comigo, pelas inúmeras reuniões de orientação, pelas opiniões e sugestões de temas, sempre enquadradas nos objetivos da tese, guiando-me ao longo das dificuldades do trabalho.

À ArgoBaum que me acolheu, ao longo de vários meses, e me deu a oportunidade de desenvolver este trabalho na área pretendida. Ao Engenheiro Alexandrino Pequito por me ter ajudado a compreender a empresa e a avançar com o trabalho, ao André Alves que sempre teve disponível para qualquer esclarecimento que precisei.

Por último, não podia deixar de agradecer ao meu grupo de amigos da faculdade Nuno, Tiago, Mafalda, Mariana e Maria Inês por me mostrarem que a faculdade não é apenas aulas, testes e trabalhos, mas uma altura para se construírem amizades duradouras. Agradeço todo o companheirismo e ajuda em momentos de stress.

Muito OBRIGADO a todos!

*"Jamais haverá ano novo se continuar a copiar
os erros dos velhos." (Luís Vaz de Camões).*

RESUMO

Atualmente todas as empresas devem ter uma gestão de *stocks* otimizada visando o aumento do nível de serviço aos clientes e a redução de custos. Muitas vezes estes objetivos não são alcançados devido à aplicação de políticas de gestão de *stocks* inadequadas, tendo em conta a procura dos produtos dessas empresas.

Na literatura consultada, aborda-se detalhadamente que métodos de gestão de *stocks* devem ser adotados e em que circunstâncias, no entanto, há pouca informação referente à aplicação destes métodos a sistemas de produção *Make to Order* e *Engineer to Order*. A inexistência daqueles modelos resulta do facto do produto ser altamente personalizado e, consequentemente, ser difícil a gestão destes artigos, pois, podem diferir em termos de matéria-primas / componentes.

Identificou-se a oportunidade de definir um modelo de gestão de *stocks* adequado a sistemas produtivos *Engineer to Order*, uma vez que, nos casos de estudo realizados apesar dos produtos vendidos serem personalizados e, diferentes entre si, as matérias constituintes dos mesmo e as ferramentas utilizadas no seu fabrico são comuns.

A partir do conhecimento adquirido na consulta de artigos sobre os temas de gestão de *stocks* e de gestão da cadeia de abastecimento construiu-se um método adequado a este tipo de sistema produtivo.

Na revisão de literatura pesquisaram-se metodologias relevantes para a solução do problema, nomeadamente, como efetuar a seriação dos artigos, incluindo a análise de valor, de variabilidade da procura e da quantidade, como estimar o custo de posse, de encomenda e de rotura., que revisões de *stock* a aplicar e como calcular os parâmetros necessários à sua aplicação e, ainda, como calcular os custos associados a cada uma das revisões de *stocks* analisadas.

Atendendo a que a ArgoBaum é uma empresa com um sistema produtivo *Engineer to Order* e que tinha a necessidade de melhorar a gestão dos seus *stocks* surgiu a oportunidade para realização dos casos de estudo, tendo em vista a validação do método proposto e a solução do problema da ArgoBaum.

Começou-se o caso de estudo com a classificação de *stocks*, de forma a realizar uma hierarquia em termos de valor (Análise ABC), seguida da análise da variabilidade da procura (Análise XYZ) e da quantidade (Análise FSN). A análise da procura naquelas três vertentes foi

fundamental, de forma a adequar, o mais possível, as conclusões retiradas à realidade da empresa.

Após a seriação dos produtos, estimaram-se os custos anteriormente referidos e o *lead time* de cada produto, posteriormente, calcularam-se os parâmetros de aplicação das três revisões de *stock* estudadas, a revisão contínua, periódica e híbrida (heurística de Naddor). Por fim, calculou-se o custo associado a cada uma das revisões para os níveis de serviço de 85%, 90%, 95% e 99% e considerou-se que a revisão com o menor custo seria a mais vantajosa para a empresa.

O modelo selecionado permitirá à empresa encomendar os artigos necessários no momento e na quantidade correta. Dada a duração do trabalho, não foi possível implementar os modelos selecionados, mas é sugerido na conclusão que a sua implementação se faça e que se determine a melhor forma de organização do armazém da ArgoBaum.

Palavras-chave: Gestão da Cadeia de Abastecimento, Gestão de *Stocks*, Classificação de *Stocks*, *Engineering to order*.

ABSTRACT

Currently, all companies must have optimized stock management with the aim of increasing customer service levels and reducing costs. Often, these objectives are not achieved due to the implementation of inadequate stock management policies, considering the demand for the products of these companies.

In the literature consulted, there is detailed discussion about which stock management methods should be adopted and under what circumstances. However, there is limited information regarding the application of these methods to Make to Order and Engineer to Order production systems. The absence of these models is due to the highly customized nature of the product, making the management of these items challenging as they may differ in terms of raw materials/components.

An opportunity was identified to define a stock management model suitable for Engineer to Order production systems since, in the studied cases, even though the products sold are customized and different from each other, the constituent materials and tools used in their manufacture are common.

Drawing from the knowledge acquired from articles on stock management and supply chain management, a method suitable for this type of production system was developed. In the literature review, relevant methodologies for solving the problem were explored, including how to classify items, value analysis, demand variability, and quantity analysis, estimating holding, ordering, and shortage costs, which stock review methods to apply, and how to calculate the necessary parameters for their implementation. Additionally, it considered how to calculate the costs associated with each of the reviewed stock methods.

Considering that ArgoBaum is a company with an Engineer to Order production system and had a need to improve its stock management, the opportunity arose to conduct case studies with the aim of validating the proposed method and solving ArgoBaum's problem.

The case study began with the classification of stocks to create a hierarchy based on value (ABC Analysis), followed by an analysis of demand variability (XYZ Analysis) and quantity (FSN Analysis). The analysis of demand in these three dimensions was essential to align the conclusions as closely as possible with the company's reality.

After the product classification, the previously mentioned costs and the lead time for each product were estimated. Subsequently, the parameters for implementing the three stock review methods studied, continuous review, periodic review, and hybrid review (Naddor's heuristic), were calculated. Finally, the cost associated with each review was calculated for service levels of 85%, 90%, 95%, and 99%. It was considered that the review with the lowest cost would be the most advantageous for the company.

The selected model will enable the company to order the necessary items at the right time and in the correct quantity. Due to the duration of the work, the implementation of the selected models was not possible. However, it is suggested in the conclusion that their implementation should be carried out, along with determining the best organization of ArgoBaum's warehouse.

Keywords: Supply Chain Management, Inventory Control, Stock Segmentation, Engineering to order.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento Teórico e Descrição do Problema	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Metodologia de Investigação	2
1.4	Estrutura da Dissertação.....	3
2	ENQUADRAMENTO TEÓRICO	5
2.1	Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento.....	5
2.2	Sistemas de Produção	7
2.3	Engineer-to-Order	7
2.4	Integração Vertical e Horizontal.....	9
2.5	Cadeia de Abastecimento em empresas ETO.....	10
2.6	Gestão de <i>Stocks</i>	11
2.7	Classificação de <i>Stocks</i>	13
2.8	Modelos de Gestão de <i>Stocks</i>	14
2.9	Análise de Custos	16
2.10	Métodos de Gestão de <i>Stocks</i>	17
2.10.1	Revisão Contínua	17
2.10.2	Revisão Periódica	18
2.10.3	Revisão Híbrida - Heurística de Naddor	18
2.11	Custo total	21
3	MÉTODO PROPOSTO.....	23
3.1	Classificação de <i>Stocks</i>	25
3.1.1	Análise ABC	25
3.1.2	Análise XYZ.....	26
3.1.3	Análise FSN	27

3.1.4	Análise ABC/XYZ.....	28
3.1.5	Análise FSN/XYZ.....	28
3.2	Custos.....	29
3.2.1	Custo de Posse Unitário.....	29
3.2.2	Custo por Encomenda	30
3.2.3	Custo de Rotura	32
4	ESTUDO DE CASO	35
4.1	ArgoBaum	35
4.1.1	Indústria Médica.....	35
4.1.2	Setor Industrial.....	36
4.2	Processo de Produção	36
4.3	Gestão de <i>Stocks</i> Matérias-Primas.....	38
4.3.1	Indústria Médica.....	38
4.3.2	Setor Industrial.....	39
4.4	Aplicação	39
4.5	Recolha e Análise de Dados	39
5	CASOS DE ESTUDO.....	43
5.1	Matérias Primas	43
5.1.1	Classificação de <i>Stocks</i>	43
5.1.2	Custos e <i>Lead time</i>	50
5.1.3	Gestão de <i>Stocks</i>	57
5.1.4	Nível de Serviço	64
5.1.5	Custos Totais.....	65
5.2	Ferramentas.....	70
5.2.1	Classificação de <i>Stocks</i>	70
5.2.2	Custos e <i>Lead time</i>	75
5.2.3	Gestão de <i>Stocks</i>	78

5.2.4	Nível de Serviço	82
5.2.5	Custos Totais.....	83
5.3	Comparação Casos de estudo.....	86
6	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	89
7	ANEXOS.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Trinómio das dimensões da Logística	6
Figura 2.2 - Custos de <i>Stock</i> por quantidade encomendada.....	12
Figura 2.3 - Esquema Heurística de Naddor.....	21
Figura 3.1 - Esquema método proposto	24
Figura 3.2 - Backlog <i>Stock</i>	33
Figura 4.1 - Orçamentação – Produção.....	37
Figura 4.2 - Produção – Encomenda.....	38
Figura 5.1 - Análise ABC – Matérias-primas.....	44
Figura 5.2 - Procura mensal – Aço.....	45
Figura 5.3 - Análise FSN - Matérias-primas	47
Figura 5.4 - Distribuição Triangular	56
Figura 5.5 - Análise ABC - Ferramentas.....	71
Figura 5.6 - Procura mensal – Brocas	72
Figura 5.7 - Análise FSN – Ferramentas.....	74

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Matriz ABC/XYZ.....	28
Tabela 3.2 - Matriz FSN/XYZ.....	29
Tabela 5.1 - Análise ABC - Matérias-primas	43
Tabela 5.2 - Análise XYZ - Aço	45
Tabela 5.3 - Classes análise XYZ - Matérias-primas.....	46
Tabela 5.4 - Análise FSN - Matérias-primas	47
Tabela 5.5 - Matriz ABC/XYZ revista - - Matérias-primas.....	48
Tabela 5.6 - Classes análise ABC/XYZ - Matérias-primas.....	48
Tabela 5.7 - Matriz FSN/XYZ revista - Matérias-primas	49
Tabela 5.8 - Classes análise FSN/XYZ - Matérias-primas.....	49
Tabela 5.9 - Despesas ArgoBaum – Custo de Posse	51
Tabela 5.10 - Massa e Volume total - Matérias-primas	52
Tabela 5.11 - Imputação Custos de Posse - Matérias-primas	52
Tabela 5.12 - Despesas ArgoBaum – Custo por Encomenda.....	53
Tabela 5.13 - Encomendas por artigo - -Matérias-primas	54
Tabela 5.14 - Custo por Encomenda - Matérias-primas.....	54
Tabela 5.15 - Custo de rotura - Matérias-primas	55
Tabela 5.16 - Parâmetros distribuição triangular - Matérias-primas.....	56
Tabela 5.17 - Parâmetros distribuição normal - Lead time - Matérias-primas	56
Tabela 5.18 - Distribuição normal – Procura	57
Tabela 5.19 - Distribuição normal - Lead time	58
Tabela 5.20 - Custo de Posse por kg - Matérias-primas.....	58
Tabela 5.21 - Parâmetros revisão contínua - Matérias-primas.....	59
Tabela 5.22 - Parâmetros revisão periódica - Matérias-primas.....	60
Tabela 5.23 - Variáveis auxiliares (T_0 e Q_0) heurística de Naddor - Matérias-primas.....	61
Tabela 5.24 - Probabilidade de não existir procura - Matérias-primas.....	62
Tabela 5.25 - Variáveis auxiliares ($y(T_0)$ e $\sigma_y(T_0)$) heurística de Naddor - Matérias-primas.....	62
Tabela 5.26 - Variáveis auxiliares ($y(Q_0)$ e $\sigma_y(Q_0)$) heurística de Naddor - Matérias-primas	63
Tabela 5.27 - Parâmetros heurística de Naddor - Matérias-primas	63
Tabela 5.28 - Parâmetros revisão contínua restantes níveis de serviço - Matérias-primas	64
Tabela 5.29 - Parâmetros revisão periódica restantes níveis de serviço - Matérias-primas	65
Tabela 5.30 - Parâmetros heurística de Naddor restantes níveis de serviço - Matérias-primas.....	65
Tabela 5.31 - Exemplo de aplicação revisão contínua - Aço	66
Tabela 5.32 - Aproximação tempo entre revisões revisão periódica - Matérias-primas	66

Tabela 5.33 - Exemplo de aplicação revisão periódica - Aço.....	67
Tabela 5.34 - Aproximação tempo entre revisões, heurística de Naddor - Matérias-primas.....	67
Tabela 5.35 - Exemplo de aplicação heurística de Naddor - Aço.....	68
Tabela 5.36 - Exemplo cálculo (N, Q e qf) – Aço Revisão Contínua	68
Tabela 5.37 - Custo de posse mensal - Matérias-primas.....	69
Tabela 5.38 - Custos totais métodos de gestão de <i>stocks</i> - Matérias-primas	69
Tabela 5.39 - Análise ABC - Ferramentas	70
Tabela 5.40 - Análise XYZ - Brocas.....	72
Tabela 5.41 - Classes análise XYZ - Ferramentas.....	73
Tabela 5.42 - Análise FSN - Ferramentas	73
Tabela 5.43 - Classes análise ABC/XYZ - Ferramentas.....	74
Tabela 5.44 - Classes análise FSN/XYZ - Ferramentas	75
Tabela 5.45 - Volume total - Ferramentas.....	76
Tabela 5.46 - Imputação Custos de Posse - Ferramentas.....	76
Tabela 5.47 - Encomendas por artigo - Ferramentas.....	77
Tabela 5.48 - Custo por Encomenda - Ferramentas.....	77
Tabela 5.49 - Custo de rotura - Ferramentas	78
Tabela 5.50 - Parâmetros distribuição triangular - Ferramentas	78
Tabela 5.51 - Parâmetros distribuição normal - <i>Lead time</i> - Ferramentas.....	78
Tabela 5.52 - Distribuição normal - Procura - Ferramentas	79
Tabela 5.53 - Distribuição normal - Lead time - Ferramentas	79
Tabela 5.54 - Custo de Posse por unidade - Ferramentas	80
Tabela 5.55 - Parâmetros revisão contínua - Ferramentas.....	80
Tabela 5.56 - Parâmetros revisão periódica - Ferramentas.....	80
Tabela 5.57 - Variáveis auxiliares (T_0 e Q_0) heurística de Naddor - Ferramentas	81
Tabela 5.58 - Probabilidade de não existir procura - Ferramentas.....	81
Tabela 5.59 - Variáveis auxiliares ($y(T_0)$ e $\sigma_y(T_0)$) heurística de Naddor - Ferramentas.....	81
Tabela 5.60 - Variáveis auxiliares ($y(Q_0)$ e $\sigma_y(Q_0)$) heurística de Naddor - Ferramentas	81
Tabela 5.61 - Parâmetros heurística de Naddor - Ferramentas	82
Tabela 5.62 - Parâmetros revisão contínua restantes níveis de serviço - Ferramentas.....	82
Tabela 5.63 - Parâmetros revisão periódica restantes níveis de serviço - Ferramentas	83
Tabela 5.64 - Parâmetros heurística de Naddor restantes níveis de serviço - Ferramentas.....	83
Tabela 5.65 - Exemplo de aplicação revisão contínua - Brocas	84
Tabela 5.66 - Aproximação tempo entre revisões revisão periódica - Ferramentas.....	84
Tabela 5.67 - Exemplo de aplicação revisão periódica - Brocas	84
Tabela 5.68 - Aproximação tempo entre revisões, heurística de Naddor - Ferramentas	85

Tabela 5.69 - Exemplo de aplicação Heurística de Naddor - Brocas	85
Tabela 5.70 - Exemplo de cálculo (N, Q e qf) - Brocas.....	85
Tabela 5.71 - Custo de posse mensal - Ferramentas	86
Tabela 5.72 - Custos totais métodos de gestão de <i>stocks</i> - Ferramentas	86
Tabela 5.73 - Custos Totais métodos de gestão de <i>stocks</i>	87

LISTA DE ACRÓNIMOS

ATO – *Assemble to order*;

CAD/CAM – *Computer Aided Design Manufacturing*;

C_p – Custo de posse;

C_e – Custo de encomenda;

C_d - Custo unitário de rutura;

CV – Coeficiente de variância;

ETO – *Engineer to order*;

Q - Quantidade média em *stock*;

Q_0 – Quantidade ótima de encomenda;

q_f - Quantidade de unidades em falta;

Q_{seg} - *Stock* de segurança;

LT – Lead time;

MTS – *Make to stock*;

MTO - *Make to order*;

N - Número de encomendas efetuadas;

S_0 – Nível de *stock* máximo;

s_0 – Ponto de encomenda;

T_0 – Período ótimo de revisão;

λ – Nível de serviço;

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento Teórico e Descrição do Problema

Nos dias de hoje em todas as empresas é fundamental a existência de uma gestão de *stocks* dinâmica e otimizada para o aumento do nível de serviço aos clientes e a redução de custos. A capacidade de resposta de uma empresa está diretamente relacionada com aquela área e pode ser a diferença entre o êxito ou fracasso de um modelo de negócio. Muitas empresas aplicam políticas de gestão de *stocks*, que nem sempre são as mais corretas considerando a procura dos seus produtos, o seu valor e a quantidade encomendada.

Para determinar o modelo de gestão de *stocks* adequado a uma empresa não basta conhecer o comportamento da procura dos seus produtos, dever-se-á ter uma compreensão detalhada do modelo de negócios da empresa, do tipo de produção implementada e dos seus fornecedores. Para tal, é fundamental estudar-se, aprofundadamente, a área da logística, mais concretamente os temas de gestão de *stocks* e de gestão da cadeia de abastecimento, e os diferentes tipos de sistemas de produção.

A ArgoBaum é uma empresa portuguesa, do ramo da metalomecânica de precisão, cujo sistema produtivo obedece à política *Engineer to Order*. Cada produto da empresa tem especificações únicas, o que acarreta uma elevada imprevisibilidade da procura, tornando-se difícil prevê-la e definir os modelos de gestão de *stocks* mais adequados. No que diz respeito aos *stocks* a empresa, apenas, encomenda as matérias-primas e ferramentas necessárias para a sua produção quando tem uma encomenda em que vão ser utilizadas. Este sistema acarreta custos para a empresa ao nível do *lead time* de entrega dos produtos e do poder de negociação com fornecedores. Tendo em vista a redução daqueles custos, a ArgoBaum identificou a necessidade de aplicar um modelo de gestão de *stocks* para cada um dos seus produtos de acordo com a respetiva procura.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é definir políticas e modelos de gestão de *stocks* para sistemas de produção *Engineer to Order* (ETO).

Nas indústrias metalomecânicas de precisão, estamos perante um elevado nível de personalização em que cada encomenda está associada a um produto que é único ou que raramente se repete.

Não se encontrou muita informação relacionada com a definição de políticas e modelos de gestão de *stocks* para empresas *Engineer to Order* (ETO), concluindo-se que seria importante criar um método para a sua definição.

Optou-se por efetuar uma pesquisa narrativa, em que, com base no conhecimento adquirido através da leitura de artigos científicos e livros, se detalhasse um método que resolvesse o problema enunciado.

1.3 Metodologia de Investigação

A abordagem à investigação científica adotada foi o método dedutivo, em que inicialmente se partiu da formulação do problema e dos respetivos objetivos do trabalho para posteriormente se efetuar uma exploração da literatura que permita responder aos objetivos traçados.

A pesquisa incidiu sobre as seguintes temáticas, gestão de *stocks* (Donald Waters, 2003), gestão da cadeia de abastecimento (Christopher, 2016), sistemas produtivos em especial atenção os *Engineer to Order* (ETO) (Atan et al., 2017) e por fim como estimar custos relacionados com a gestão de *stocks* (Zermati, 1996).

Depois, através do conhecimento adquirido da consulta de artigos avançou-se para a construção de um método empírico que irá ser validado na prática através do caso de estudo.

O método proposto para gerir *stocks* em sistemas ETO inclui:

- Análise do sistema;
- Classificação dos produtos;
- Comparação entre análises;
- Estimativa de variáveis;
- Cálculo dos parâmetros das heurísticas;
- Estudo dos níveis de serviço;

- Cálculo dos custos totais;
- Seleção do modelo a adotar;

Aplicou-se o método proposto em dois casos de estudo distintos, o primeiro referente à análise das matérias-primas da ArgoBaum e o segundo das ferramentas da empresa.

Por fim, retiraram-se conclusões dos resultados obtidos e à cerca dos modelos de gestão de *stocks* mais adequados para cada matéria prima e ferramenta analisada.

1.4 Estrutura da Dissertação

Este trabalho está dividido em 5 capítulos distintos, a saber:

Capítulo 1 - foi feita a introdução, com uma pequena abordagem à logística e à gestão de *stocks*.

Capítulo 2 - foi realizada a revisão literária. Foram consultados inúmeros artigos e livros com temas relevantes para o estudo, posteriormente, foi retirada a informação pertinente para o caso de estudo e foram definidas as ferramentas e metodologias necessárias para a sua aplicação.

Capítulo 3 - definiu-se o método proposto para solucionar o problema identificado.

Capítulo 4 - procedeu-se à apresentação da Argobaum, aplicou-se o método proposto às matérias-primas da empresa e aplicou-se o método proposto às ferramentas da empresa.

Capítulo 5 – realizou-se uma análise e comparação dos resultados obtidos nos casos de estudo

Capítulo 6 - é feita uma revisão do trabalho e dos resultados obtidos, propondo-se melhorias, a concretizar em trabalhos futuros.

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo servirá de fundamento teórico das áreas de gestão de *stocks* e gestão da cadeia de abastecimento, as áreas científicas aprofundadas neste caso de estudo. Desta forma, serão abordados, conceitos relacionados com logística e gestão da cadeia de abastecimento, sistemas de produção, classificação de *stocks*, modelos de gestão de *stocks* e análise de custos.

A abordagem científica seguida no enquadramento teórico foi a pesquisa narrativa, pesquisando-se artigos ou livros sobre diversos temas relacionados com os objetivos propostos para o caso de estudo. Através desta pesquisa, construir-se o método proposto para a resolução do caso de estudo. Esta foi a abordagem escolhida, uma vez que não se encontrou informação suficiente relacionada com o objetivo do trabalho.

Na revisão de literatura foi, maioritariamente, utilizada a base de dados *Scopus*. Recorreu-se também a alguns livros técnicos, por recomendação, ou por necessidade de se aprofundar o conhecimento em diferentes tópicos.

Para a pesquisa de artigos, na base de dados anteriormente mencionada, começou por se usar a expressão “*Inventory Control*” como *keyword*. Contudo, obtiveram-se 31480 resultados tornando-se evidente que seria necessário filtrar mais a quantidade de informação analisada. Para tal, acrescentou-se a expressão “*Engineer to Order*” obtendo-se apenas 19 artigos que abordassem estes dois temas em conjunto. A partir desses, leu-se os títulos e os *abstracts* de cada um dos artigos de forma a eleger quais se relacionavam com o problema identificado. De seguida, leu-se os 6 artigos relacionados com o problema e identificaram-se as temáticas que eram necessárias aprofundar para, posteriormente, se construir o caso de estudo. Concluindo-se que era fundamental pesquisar sobre Gestão da Cadeia de Abastecimento, Gestão de *Stocks* e estimativas de custos.

2.1 Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento

Os conceitos de logística e gestão da cadeia de abastecimento (*Supply Chain Management* - *SCM*) são, muitas vezes, confundidos, pela sua relação, no entanto, as suas definições são diferentes. A Logística, segundo o *Council of Logistics Management* (1986), corresponde ao processo de planear, implementar e controlar os fluxos e armazenagem das matérias-primas, bens semiacabados e acabados, e toda a informação relacionada, desde os fornecedores até ao

cliente final, de forma a eliminar as tarefas sem valor acrescentado e satisfazer o melhor possível os requisitos do cliente (LeMay et al., 2017; Tibben-Lembke, 1998).

Por sua vez, de acordo com o *Ohio State University Global Supply Chain Forum* (2011) SCM é a integração dos principais processos industriais e comerciais, desde o cliente final até aos fornecedores de produtos, serviços ou informação, que acrescentem valor para os clientes e *stakeholders* (Lalwani & Mangan, 2016). Para além disto, segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals*, uma boa gestão da cadeia de abastecimento deve englobar, também, todas as atividades de *sourcing* e *procurement* e uma boa coordenação e colaboração com todos os parceiros (Christopher, 2016).

De acordo com as definições, é necessário integrar as tarefas industriais, comerciais e de informação, de ambas as áreas, para que a satisfação do cliente se mantenha o foco principal da empresa, reduzindo ao máximo atividades sem valor acrescentado. Assim, o objetivo conjunto da logística e da gestão da cadeia de abastecimento é ter os bens e/ou serviços mais adequados, no momento certo, de acordo com os requisitos do cliente e com o menor custo possível, de modo a obter-se o maior retorno possível (Meindl, 2001).

Na Figura 2.1 são sintetizadas as três dimensões da logística: o tempo, o custo e a qualidade do serviço. Um bom desempenho nestes pilares é fundamental para uma boa gestão logística e, por consequência, para uma boa gestão da cadeia de abastecimento. Para tal, é necessário estabelecer metas, para cada um destes parâmetros e tomar medidas através de compensações, entre as dimensões, para se alcançar o proposto. Para a organização fazer uma boa gestão entre o tempo e o custo deverá ser ágil (*agility*), entre o tempo e a qualidade do serviço deverá ser responsiva (*responsiveness*) e entre o custo e a qualidade do serviço a organização deverá ser *leaness*.

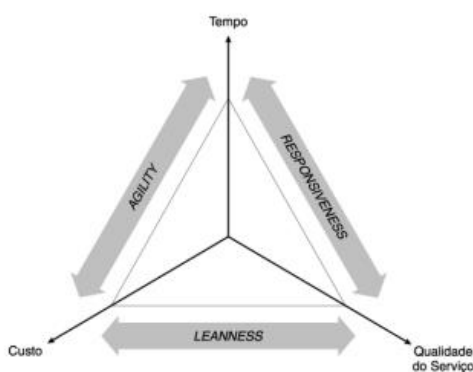


Figura 2.1 - Trinómio das dimensões da Logística

Tendo em conta as definições anteriormente apresentadas, conclui-se que a gestão da cadeia de abastecimento apresenta uma maior abrangência que a gestão logística, por englobar atividades exteriores à empresa, envolvendo fornecedores, para além das atividades internas e organizacionais (Kaminsky & Kaya, 2009; Lalwani & Mangan, 2016).

2.2 Sistemas de Produção

Em geral as indústrias de produção estão divididas em dois tipos distintos: as *make-to-order* (MTO – fazer para encomenda) e as *make-to-stock* (MTS – fazer para *stock*). A diferença entre ambas é o tempo que a empresa demora a satisfazer a encomenda do cliente. Nas empresas que se regem pelo método MTO algumas ou todas as tarefas de produção são efetuadas após o cliente submeter a encomenda. Por este motivo existe uma maior flexibilidade na customização do produto para satisfazer requisitos específicos do cliente. Contudo, o Lead Time de entrega da encomenda ao cliente é superior. No método MTS quando o cliente submete a encomenda toda a produção já está concluída e os requisitos do cliente são satisfeitos com produtos que já se encontrem em *stock* (Kingsman et al., 1996).

Nos dias de hoje, muitas das empresas que originaram o seu sistema produtivo com estratégias como a MTS ou MTO estão a alterar as suas políticas de produção para a estratégia híbrida *assemble-to-order* (ATO). É efetuada a previsão da procura para cada componente do produto e, posteriormente, a produção é efetuada com base nesses dados. A mudança para esta estratégia tem benefícios, por ajudar a prever picos de procura inesperados, através dos seus métodos de previsão e por reduzir o tempo de entrega ao cliente (Atan et al., 2017).

Contudo, nem todas as indústrias podem adotar este tipo de estratégia de produção por diversos motivos, como terem uma variabilidade elevada na procura dos seus produtos, produzirem produtos com um elevado grau de customização, o que torna cada encomenda diferente da anterior, ou não terem os meios nem a informação para aplicarem métodos de previsão da procura (Wemmerlöv, 1984).

2.3 Engineer-to-Order

As indústrias que aplicam o MTO abrangem um leque de atividades e de diferentes modelos de negócio. Na indústria *engineer-to-order* (ETO – engenharia para encomenda), um ramo da MTO, a encomenda é recebida antes da fase de design do produto, tipicamente, o cliente

descreve apenas as funcionalidades e características que pretende para o produto e a empresa, a partir destes requisitos, produz um protótipo que vá de encontro ao pretendido pelo cliente. As encomendas neste tipo de empresas podem ser, apenas, para a parte da prototipagem do produto ou para a prototipagem e produção do mesmo (Zennaro et al., 2019).

Numa empresa que aplique a ETO, geralmente, cada encomenda é bastante diferente das anteriores, com dimensões bastante reduzidas e em intervalos de tempo intermitentes. Portanto, todo o processo produtivo é efetuado após a encomenda ser submetida pelo cliente, com especial atenção às matérias-primas e ferramentas necessárias à sua fabricação por poderem necessitar de alguns requisitos específicos, como a dureza do material ou as suas dimensões (Kingsman et al., 1996). Devido a toda esta diferenciação entre encomendas estas empresas têm muitos níveis de montagem até se obter o produto final (Hicks et al., 2000).

Os processos de negócio destas empresas são bastante complexos, contudo, podem ser divididos em três fases distintas. A primeira é o marketing, um processo que ocorre entre a empresa e potenciais clientes em que é apresentada a estrutura da empresa para além dos seus produtos. É uma oportunidade para a empresa identificar os requisitos mais pretendidos pelos clientes e criar uma relação forte entre ambos. A segunda é a resposta ao pedido de orçamentação, que envolve o desenvolvimento do design correspondente aos requisitos do cliente, a identificação dos componentes necessários para a produção e a seleção dos sistemas a utilizar. Nesta fase, são efetuados contactos com os fornecedores de forma a estimar-se o Lead Time de entrega e o custo final da encomenda. Por fim, a terceira fase, que ocorre após o orçamento ter sido aceite pelo cliente, inclui o desenvolvimento de um plano de produção para o produto em que são especificados os processos físicos da fabricação, os componentes e a montagem (Hicks et al., 2000).

O mercado destas empresas é bastante competitivo, um pequeno detalhe pode fazer a diferença entre ganhar uma encomenda ou não. Muitas vezes, quando o volume de trabalho é elevado acabam por subcontratar outras empresas, por não conseguirem dar resposta a todas as encomendas (Hicks et al., 2000). As duas principais características das empresas ETO são (Kingsman et al., 1996):

- Cada encomenda requer mais ou menos trabalho, dependendo da sua dimensão e especificações, podendo ser necessário a utilização de diferentes máquinas para a sua produção, obrigando a uma elevada organização para otimizar o tempo produtivo de cada máquina;

- As empresas estão constantemente em competição com os seus concorrentes porque, na maior parte das vezes, quando um cliente submete um pedido de orçamentação submete-o, também, a vários outros fornecedores.

É fundamental ter uma resposta rápida aos pedidos de orçamentação dos clientes. Os dois fatores cruciais para ganhar uma encomenda são fornecer datas de entrega realistas e competitivas e ter preços reduzidos. Contudo, outros aspetos como a reputação da empresa em termos de acabamentos e qualidade do produto, a sua dimensão e capacidade de cumprir prazos de entrega e a sua relação com os clientes podem ser importantes também (Chen, 2006).

2.4 Integração Vertical e Horizontal

O entendimento dos conceitos de Integração Vertical e Horizontal são fundamentais para a compreensão da forma de funcionar de uma cadeia de abastecimento. Quando uma empresa se encontra a crescer a um ritmo elevado e quer ter mais relevância na cadeia de abastecimento e na forma como o produto final é entregue ao cliente existem duas formas distintas de o alcançar a integração vertical e a integração horizontal (Kjersem et al., 2015).

A integração vertical é a aquisição de duas ou mais entidades da cadeia de abastecimento, integrando-as no próprio negócio, em vez de se focar em, apenas, um dos processos. Optando por estender o seu poder de mercado para uma entidade que esteja mais para a frente ou para trás da cadeia de abastecimento. O principal objetivo desta aquisição é ganhar controlo sobre a cadeia de abastecimento reduzindo custos e aumentando o nível de serviço ao cliente. Os benefícios mais evidentes desta estratégia são (Rampling, 2021):

- Criação de economias de escala, que organizam o processo produtivo de forma a alcançar-se a máxima utilização dos fatores produtivos envolvidos em toda a cadeia de abastecimento;
- Uma maior visibilidade ao longo das entidades envolvidas, que permite avisos prematuros quando se espera flutuações avolumadas na procura;
- Uma redução no Lead Time de entrega do produto ao cliente;

Contudo, a vertical integration também tem desvantagens (Rampling, 2021):

- É uma estratégia a longo prazo que requiere um capital elevado inicialmente e pode demorar algum tempo até dar frutos;
- Aumenta a complexidade de uma organização, o que dificulta a sua logística e gestão;

A horizontal integração é a aquisição de uma entidade da cadeia de abastecimento que opere no mesmo nível e na mesma indústria. Este tipo de estratégia ajuda as empresas a crescer em tamanho, receitas, oferta de produtos e reduz a sua competição. Contudo, a adoção desta estratégia torna a empresa menos flexível e pode reduzir o seu valor se a fusão não for bem efetuada (Cai & Obara, 2009).

2.5 Cadeia de Abastecimento em empresas ETO

Todas as indústrias ETO, têm níveis de customização dos seus produtos bastante elevados, este facto acarreta imensos desafios em termos da gestão da cadeia de abastecimento que a organização tem de resolver, como por exemplo: a produção é conduzida realmente pelas encomendas dos clientes sem que haja uma entidade que faça essa intermediação, o que aumenta a sua variabilidade, por vezes a empresa tem de modificar os designs dos produtos ou efetuar novos, que aumenta o Lead time de entrega e a existência de diferentes tipos de cadeia de abastecimento para ETOs (Hicks et al., 2000).

As empresas ETO com dimensões relativamente grandes, recorrem a estratégias como a integração vertical de forma a combater os problemas anteriormente identificados e a fornecer um bom nível de serviço aos seus clientes. Contudo, empresas com dimensões mais reduzidas, não têm o capital necessário para efetuar uma integração vertical, podem efetuar outro tipo de estratégias para “otimizar” a sua cadeia de abastecimento e serem competitivos no mercado como: a integração com fornecedores através de parcerias, uma boa gestão da informação entre fornecedores e na empresa, a adoção de uma estratégia de produção *lean* em que haja o menor tempo possível não produtivo e que seja flexível (Gosling & Naim, 2009).

Todavia, estas empresas apesar de reconhecerem a importância de criar relações fortes com os seus fornecedores, ou até adotar uma estratégia de integração vertical, recorrem muitas vezes a múltiplos fornecedores para reduzir a incerteza ao adquirir matérias-primas ou outros elementos essenciais à produção, por ser fundamental entregar o produto final ao cliente no menor tempo possível e a um preço competitivo. Outra forma de reduzir o lead time de entrega do produto ao consumidor final é através da gestão de *stocks*, que se for bem efetuada, tanto ao nível da classificação dos *stocks* como do modelo a executar, pode ser uma ferramenta crucial para o bom desempenho da empresa.

2.6 Gestão de *Stocks*

De acordo com o APICS 1987 (*American Production and Inventory Control Society*), a definição de *stock* corresponde a um agregado de artigos, mantido por uma organização ou sistema durante um determinado período de tempo, sem que este participe diretamente em ações produtivas para a organização em causa, esperando, apenas, o momento de ser usado, num determinado processo de fabrico ou distributivo (Lalwani & Mangan, 2016). Um *stock* pode consistir num conjunto de produtos acabados, componentes, peças em curso de fabrico, ou, matérias-primas.

Apesar da armazenagem não trazer valor acrescentado ao produto, a sua gestão é fundamental para a *SCM*, algumas das razões para as organizações armazenarem *stock* são as seguintes:

- permitir dar resposta a procura superiores ao previsto;
- garantir a continuação da produção mesmo que as encomendas a fornecedores se encontrem atrasadas ou tenham uma dimensão menor do que o suposto;
- evitar atrasos no envio das encomendas a clientes;
- tirar partido de descontos de quantidade em encomendas maiores;
- permitir uma gestão da quantidade de itens comprados de acordo com a flutuação dos preços e oferta;
- proteger da inflação;
- reduzir os custos de transporte e de produção, por imputar os mesmos a mais unidades, e através de incentivos nas atividades de compras e transportes criando produções em escala;
- permitir que se faça uma separação das etapas de processos da produção;
- garantir um elevado nível de serviço.

Torna-se evidente, que a gestão de *stocks* é uma atividade fulcral na flexibilidade e capacidade de resposta das empresas, através do planeamento da produção, distribuição e ordenação entre as partes (Ballou, 2004).

Os *stocks* têm como principal objetivo oferecer um melhor atendimento ao cliente, de forma a responder à procura a um custo mínimo. É necessário então, encontrar um equilíbrio entre o serviço ao cliente e os custos totais.

O nível de serviço é um indicador que reflete a eficiência dos serviços prestados ao cliente, bem como o cumprimento dos requisitos da encomenda. Numa sociedade em que cada vez mais o cliente exige produtos customizados a preços competitivos, refletindo-se num aumento do nível de serviço, é essencial executar uma *Supply Chain Management* (SCM) eficaz

integrando-a nos processos produtivos (Hilsdorf et al., 2009). Uma das formas de calcular aquele indicador é através do rácio entre o número de encomendas anuais não satisfeitas e o número total de encomendas.

De acordo com (Gandhi & Basur, 2000), na maioria das vezes, os custos totais do aprovisionamento são calculados através da melhor conjugação entre os custos de aquisição, os custos de posse e os custos de encomenda. Na Figura 2.2 são apresentados os custos associados aos *stocks*, não considerando descontos de quantidade:

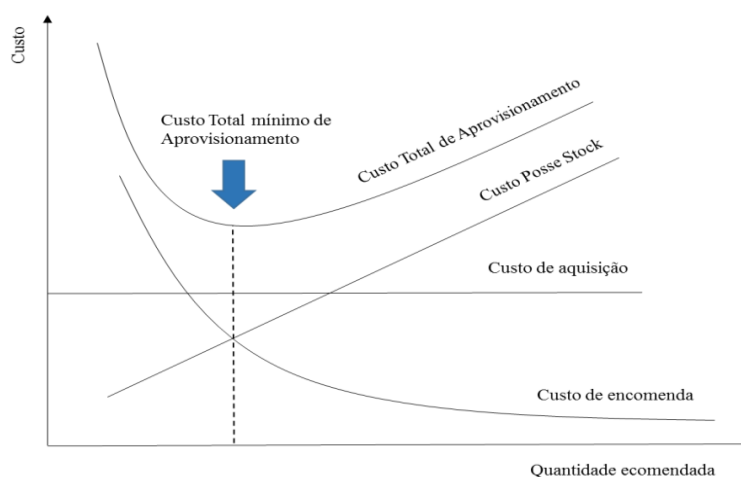


Figura 2.2 - Custos de *Stock* por quantidade encomendada

O custo de posse representa o custo de manter uma unidade retida, por um determinado período de tempo, num local destinado pela organização para o efeito. Este custo engloba:

- custos monetários diretos da armazenagem (seguro, renda, risco de roubo);
- custos de funcionamento do armazém;
- custos de oportunidade, que representa o custo de ter o capital retido em *stocks* em vez de o ter investido numa aplicação financeira.

O custo de aquisição corresponde ao custo de compra dos *stocks*.

O custo de encomenda inclui os custos administrativos, de colocação e acompanhamento das encomendas, para além dos custos de receção e transporte das mesmas.

O custo total mínimo de aprovisionamento engloba o valor mínimo do somatório dos custos anteriormente descritos. Na verdade, através da identificação deste custo é, também, calculada a quantidade ótima de uma encomenda.

No entanto, segundo o (Slack, *Operations Management 10th Edition*, 2022), numa situação real para se determinar o custo total mínimo de aprovisionamento dever-se-á ter em

consideração, para além dos custos anteriormente mencionados, o custo de rotura, que corresponde ao custo da não realização de uma encomenda, e os descontos de quantidade.

Relacionando os dois conceitos chave, o nível de serviço é proporcional ao custo de aprovisionamento dos *stocks*, querendo isto dizer que, um elevado nível de serviço trará benefícios em termos de satisfação dos clientes e receitas à empresa, no entanto, aumentará os custos dos *stocks* e vice-versa (Qin et al., 2022). Em conclusão, o objetivo principal da gestão de *stocks* é obter um equilíbrio entre a maximização do nível de serviço e a minimização dos custos totais de aprovisionamento.

2.7 Classificação de *Stocks*

Para se efetuar uma gestão de *stocks* adequada a cada tipo de *stock* que a empresa armazene, é necessário efetuar-se uma classificação dos *stocks*, dividindo-os através de critérios previamente estabelecidos. Este passo é fundamental, por vezes as empresas têm centenas de produtos armazenados e através das metodologias de classificação dos *stocks* identifica-se quais são mais importantes no sistema de fabrico da empresa. Por este motivo, é fundamental para o bom desempenho da empresa executar uma pormenorizada classificação dos *stocks* e posteriormente aplicar uma estratégia de gestão de *stocks* adequada com a classificação anterior.

A classificação de *stocks* consiste na divisão dos itens em categorias, de forma a identificar quais são os itens críticos para a empresa e que atenção deve ser prestada a cada um (Khanorkar & Kane, 2023). Após a classificação, devem aplicar-se métodos de gestão de *stocks* adequados a cada tipo de item, que por sua vez, terão influencia na política de compras e no planeamento de produção da empresa (Buliński et al., 2013).

Existem diferentes tipos de métodos de classificação, uns focados no valor do *stock* como a técnica ABC, outros focados na procura como a FSN (*Fast, Slow e Non-Moving*) e na sua variância a XYZ e, ainda, outros mais subjetivos como a VED (*Vital, Essential e Desirable*), que classifica os itens com base na sua importância para a empresa em termos operacionais e o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) um método de multicritério que utiliza a priorização de alternativas de forma a resolver os problemas propostos (Singh et al., 2022).

Para além destas abordagens, são aplicados recorrentemente na literatura estratégias bidimensionais que juntem dois dos métodos anteriormente mencionados de forma a avaliar mais do que um requisito do *stock* em questão. Ou seja, uma abordagem ABC-XYZ irá avaliar

o comportamento do *stock* em relação ao seu valor e à variabilidade da sua procura, obtendo-se uma análise mais pormenorizada (Stoll et al., 2015).

2.8 Modelos de Gestão de *Stocks*

Os modelos ou sistemas de gestão de *stocks* são mecanismos de gestão dos ativos de uma organização, independentemente de se tratarem de matérias-primas, produtos-intermédios, finais ou ferramentas.

Na gestão de *stocks* é fundamental encontrar uma solução, em termos de quantidade, material, momento da encomenda e local da encomenda, que minimize os custos, sem colocar em causa a satisfação do cliente (Afonso, 2012). Tendo em consideração estes parâmetros, é importante frisar que, o armazenamento de uma quantidade de *stock* elevada aumenta, de forma significativa, a probabilidade de satisfazer a procura do cliente. No entanto, acarretará, também, um custo total mais elevado e uma maior ocupação do espaço, que poderia ser usado para outros fins (Lalwani & Mangan, 2016).

Neste seguimento, desenvolveram-se diversos modelos de gestão de *stocks* que tentam minimizar os custos e/ou maximizar o nível de serviço, dependendo dos objetivos e capacidade da empresa, tendo em atenção as características da procura, o prazo de entrega (*Lead time*), e a frequência de monitorização.

A aleatoriedade da procura não se restringe, apenas, à variabilidade da procura ao longo do tempo, mas, também, à incerteza da quantidade encomendada. Em relação à aleatoriedade da oferta, esta diz respeito à entrega, ou não, da encomenda, por parte do fornecedor, conforme o que foi solicitado, em quantidade, *Lead time* e especificações do produto. Logo, os modelos são divididos em dois grupos, os determinísticos e os estocásticos (Christopher, 2016).

Os modelos determinísticos baseiam-se na premissa de que a procura e a oferta não são constantes, mantendo-se conhecidas ao longo do tempo. Na verdade, são poucos os sistemas reais que correspondem a estes modelos, por existir, sempre, um grau de incerteza associado, tanto à procura como à oferta, independentemente do investimento que se faça na previsão das mesmas. Nesta vertente, Harris (1913) criou o modelo matemático da Quantidade Económica de Encomenda (QEE), como solução para o problema de gestão de *stocks* que a *Westinghouse Electric Company* tinha na altura. Apesar deste modelo ter sido um importante avanço na gestão de *stocks* e, ainda hoje, ser usado em diversas circunstâncias pela sua

simplicidade, acarreta algumas restrições na sua utilização, como a taxa de procura e o *Lead Time* terem de ser constantes, não admitir custos de rutura e considerar os custos de armazenagem e aprovisionamento constantes (Pereira, 2020).

A vantagem da sua aplicabilidade passa pela melhoria da eficiência operacional, por apenas necessitar de identificar-se o ponto de encomenda e, a partir daí, encomendar-se o lote, calculado através da expressão da QEE. Este método torna-se menos eficiente quando as flutuações da procura são acentuadas, por deixar de ser automático e por necessitar de estar, constantemente, a calcular o ponto de encomenda e a dimensão do lote a encomendar (Zied Babai et al., 2010a).

Por outro lado, os modelos estocásticos são modelos matemáticos que têm em consideração a incerteza da procura e da oferta, na tomada de decisões. Estes modelos representam melhor a realidade, sendo utilizados em diversas áreas. Uma vez que nestes modelos tem-se em consideração a variabilidade, torna-se importante definir os diferentes tipos de *stocks* que existem, a saber (Rodrigues, 2017):

- *Stock* de segurança: permite à empresa prevenir a ocorrência de rutura de *stock* através da existência de um inventário extra armazenado;
- *Stock* de ciclo: este tipo de *stock* é fundamental, sendo que, é o primeiro a ser usado pela empresa para satisfazer a procura do cliente;
- *Stock* em trânsito: é referente às mercadorias que estão presentes no processo de produção ou comercialização, no processo de entrega, embalagem ou fabricação.

Nestes modelos existem duas abordagens distintas, a revisão contínua, em que o nível de *stocks* é revisto de uma forma contínua, através de uma monitorização constante. O intervalo entre pedidos é variável, contudo, o tamanho das encomendas é fixo. A outra abordagem passa pela revisão periódica, em que se exerce, apenas, a monitorização dos *stocks* em intervalos fixos de tempo, o tamanho das encomendas acaba por ser variável.

Nos modelos de revisão contínua (s, Q) quando se atinge o ponto de encomenda (s) podem adotar-se diferentes políticas de reaprovisionamento. As mais utilizadas são, *Order-Quantity* (s, Q), em que a encomenda colocada tem a quantidade económica (Q) e a *Order-Up-to-Level* (s, S), em que a quantidade económica a encomendar corresponde à diferença entre o *stock* máximo (S) e a quantidade mínima de *stock* (s) predefinidos, por vezes, este valor também tem em consideração o lead time, encomendando um valor um pouco acima do obtido, dependendo da variância do lead time e da procura (Alves, 2015).

Os modelos de revisão periódica (T, S), ao contrário dos anteriormente descritos, não têm um ponto de encomenda fixo (s), realizando encomendas de acordo com o intervalo fixo

(T) extipulado através de expressões matemáticas, ou sugerido através de um conhecimento subjetivo pela empresa. Nestes modelos é bastante comum utilizar-se a política *Order-Up-To-Level* (T, S), em que a quantidade a encomendar corresponde à diferença entre o *stock* existente e o *stock* máximo (S) pretendido, de notar que, neste tipo de modelos, a quantidade encomendada pode variar bastante de encomenda para encomenda dependendo do nível de variância associado ao nosso sistema (Alves, 2015).

Ambos os modelos têm vantagens e desvantagens, comparados uns com os outros. Enquanto os modelos de revisão contínua têm um reaprovisionamento com quantidades fixas, o que facilita a realização de uma encomenda, os modelos periódicos realizam as encomendas em intervalos fixos de tempo o que permite uma agregação das mesmas. Por outro lado, a revisão contínua implica um conhecimento constante do nível de *stock*, o que acarreta custos elevados, contudo, a revisão periódica conduz a um risco superior de rutura, o que implica um *stock* de segurança superior, logo maiores custos de posse (Pereira, 2020).

Existe, ainda, uma política de gestão de *stocks* que junta os dois modelos anteriores a (T, s, S), na qual, no final de cada intervalo de tempo (T), é avaliado o nível de *stock* e se este for inferior ao ponto de encomenda (s) deverá submeter-se uma encomenda com a quantidade económica, igual à diferença entre o nível de *stock* existente e o máximo. Está comprovado que, em certas circunstâncias, este tipo de política permite obter uma melhor otimização dos custos despendidos com a gestão de *stocks*, do que as anteriormente enunciadas, apesar do seu maior nível de complexidade, por ter mais um parâmetro do que as anteriores (Sprague et al., 1990).

2.9 Análise de Custos

Para a aplicação das estratégias de Gestão de *stocks* descritas anteriormente, é necessário estimar-se custos de *stock*, que são aqueles que interferem de uma forma direta com os critérios de gestão, afetando os parâmetros que levam à solução ótima. Os *stocks* suportam três tipos de despesa (Zermati, 1996):

- Custo de posse;
- Custo de encomenda;
- Custo de rotura.

O custo de posse designa-se por custo de manter uma unidade de um artigo em armazém por um determinado período de tempo. Os custos de posse são diferenciados em duas

categorias: despesas de armazenagem e encargos financeiros, isto é, por exemplo juros de empréstimos contraídos para financiar as compras, entre outros (Ballou, 2003).

O custo de encomenda corresponde aos encargos suportados com as encomendas, desde o momento que é identificada a necessidade até à receção do artigo em armazém. São considerados os custos de colocação e acompanhamento da encomenda bem como os custos administrativos da encomenda. Na eventualidade dos produtos serem fabricados na mesma empresa, para além dos custos anteriores deve somar-se também os custos de preparação ou mudança de produção (Kaminsky & Kaya, 2009).

Por fim, o custo de rotura refere-se ao custo associado à impossibilidade de satisfazer a procura do cliente, geralmente o calculo deste custo é bastante complexo uma vez que não é facil estimar o custo da perda de um cliente, do atraso de uma entrega ou de uma paragem na produção (Ouyang et al., 1996).

2.10 Métodos de Gestão de *Stocks*

Os cálculos dos parâmetros associados a cada produto, em cada revisão, foram utilizados para a estimativa da quantidade média em *stock* (Q), do número de encomendas efetuadas (N) e da quantidade de unidades em falta (q_f), através da comparação dos parâmetros obtidos com a procura real do último ano.

2.10.1 Revisão Contínua

O tipo de revisão contínua que se decidiu aplicar neste caso de estudo é o *Order-Quantity* (s , Q), estratégia que tem um ponto de encomenda fixo (s), e em que se encomenda sempre a mesma quantidade, em cada encomenda (Q).

Para se determinar o ponto de encomenda (s_0), neste tipo de revisão, deve aplicar-se a seguinte equação (2.1):

$$s_0 = \bar{x} \times LT + Q_{seg} \quad (2.1)$$

Em que o Q_{seg} é determinado através da seguinte equação (2.2):

$$Q_{seg} = z_{crit} \times \sqrt{\sigma_x^2 \times LT + \sigma_{LT}^2 \times \bar{x}^2} \quad (2.2)$$

Uma vez determinado o ponto de encomenda (s_0), necessita calcular-se a quantidade de encomenda (Q_0), aplicando-se a fórmula da equação (2.3):

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 \times C_e \times \bar{x}}{C_p}} \quad (2.3)$$

Após calcularem-se estes dois parâmetros definimos a nossa estratégia de revisão contínua, *Order-Quantity* (s, Q).

2.10.2 Revisão Periódica

Ao contrário da revisão contínua, na periódica adotou-se a estratégia *Order-Up-To-Level* (T, S), em que é definido o tempo entre revisões do *stock* (T_0) e o *stock* máximo (S_0). Em cada uma das revisões do *stock* deverá ser efetuada uma encomenda com o montante necessário para perfazer o *stock* máximo (S_0).

Neste tipo de revisão é necessário começar por calcular o tempo entre revisões de *stock* (T_0), uma vez que o *stock* máximo (S_0) depende deste valor. Para se calcular este intervalo de tempo aplicou-se a equação (2.4) (Principles of Operations Management, 2017):

$$T_0 = \sqrt{\frac{2 \times C_e}{C_p \times \bar{x}}} \quad (2.4)$$

Depois de se obter o T_0 , calcula-se o S_0 de acordo com a equação (2.5):

$$S_0 = \bar{x} \times (LT + T_0) \quad (2.5)$$

Para além destes dois parâmetros, também, se deve ter em consideração o *stock* de segurança (Q_{seg}), uma ferramenta fundamental para evitar a rutura de *stock*. Neste tipo de revisão o cálculo do Q_{seg} é efetuado através da equação (2.6):

$$Q_{seg} = z_{crit} \times \sqrt{\sigma_x^2 \times (LT + T_0) + \sigma_{LT}^2 \times \bar{x}^2} \quad (2.6)$$

Por fim, quando calculados estes dois parâmetros encontra-se definida a nossa estratégia de revisão periódica, *Order-Up-To-Level* (T, S).

2.10.3 Revisão Híbrida - Heurística de Naddor

Em 1975, Naddor criou uma heurística de forma a responder eficientemente e com um custo reduzido, aos problemas da gestão de *stocks*. Para tal, criou um modelo híbrido em que

se retira parte das vantagens dos métodos contínuos e periódicos, anteriormente mencionados, intitulada heurística de Naddor.

De acordo com o estudo conduzido por (Zied Babai et al., 2010b), em que são comparadas diferentes heurísticas (T, s, S), ao nível da coordenação com a previsão da procura, conclui-se que a de Naddor seria a que minimizava os custos totais associados à gestão de *stocks* para produtos que a sua procura seja irregular. Obtendo bons resultados para produtos com procura irregular, ou seja, com variabilidade na dimensão da procura e/ou no intervalo de tempo entre ocorrências.

Aquela abordagem segue a política de uma heurística (T, s, S), em que, a cada período de tempo fixo (T) o *stock* é revisto e, se for inferior ao ponto de encomenda (s), é colocada uma encomenda, de forma a atingir-se o nível máximo de *stock* (S). De salientar, que para se aplicar esta heurística é necessário saber-se a probabilidade de a procura ser nula.

A probabilidade de não existir procura é calculada da seguinte forma, demonstrada na equação (2.7):

$$P_0 = \frac{\text{Periodos de tempo com procura nula}}{\text{Total dos periodos de tempo analisados}} \quad (2.7)$$

Após definida cada uma das variáveis, segue-se a formulação das etapas para a aplicação da heurística:

1. Calcular o período ótimo de revisão, equação (2.8), e a quantidade de encomenda, equação (2.9):

$$T_0 = \sqrt{\frac{2 \times C_e}{C_p \times \bar{x} \times \lambda}} \quad (2.8)$$

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 \times C_e \times \bar{x}}{C_p \times \lambda}} \quad (2.9)$$

2. Calcular as variáveis auxiliares, equação (2.10-2.13):

$$\bar{y}(T_0) = \left(LT + \frac{T_0}{2} \right) \bar{x} \quad (2.10)$$

$$\sigma_y(T_0) = \sqrt{\left(LT + \frac{T_0}{3}\right) \sigma_x^2 + \frac{(T_0 \bar{x})^2}{12} + \frac{1 - P_0^{T_0}}{6}} \quad (2.11)$$

$$\bar{y}(Q_0) = \left(LT + \frac{w}{2}\right) \bar{x} + \frac{Q_0 - 1}{12} \quad (2.12)$$

$$\sigma_y(Q_0) = \sqrt{\left(LT + \frac{w}{3}\right) \sigma_x^2 + \frac{(w \bar{x})^2}{12} + \frac{1 - P_0^w}{6} + \frac{Q_0^2 - 1}{12}} \quad (2.13)$$

3. Definir o ponto de encomenda (s), equação (2.14), e o *stock* máximo (S), equação (2.15):

$$s = \bar{y}(Q_0) + z_{\text{crit}} \times \sigma_y(Q_0) - Q_0 \quad (2.14)$$

$$S = \bar{y}(T_0) + z_{\text{crit}} \times \sigma_y(T_0) \quad (2.15)$$

4. Calcular a quantidade mínima a encomendar, equação (2.16):

$$Q = S - s \quad (2.16)$$

Quanto maior o nível de serviço, menos provável é de ocorrer rotura de *stock*. O ponto de encomenda e o S assumem valores superiores quanto maior o nível de serviço. O custo associado a esta heurística é proporcional ao nível de serviço aplicado, contudo se ocorrer uma procura extra, a empresa deverá ter *stocks* que correspondam à procura.

De acordo com a literatura o nível de serviço ótimo aplicado nesta heurística deve corresponder à seguinte formula (2.17):

$$\lambda = \frac{C_p}{C_p + C_d} e \quad (2.17)$$

De forma a esquematizar a heurística de Naddor é apresentado, na Figura 2.3 uma representação gráfica da sua aplicação e são identificadas as variáveis necessárias, para a conclusão de cada fase do processo.

Para alterar a base temporal do desvio padrão σ_x para o σ_y deve obedecer-se à seguinte equação (2.18):

Em que w corresponde ao número de dias de um mês a dividir pelo lead time (LT).

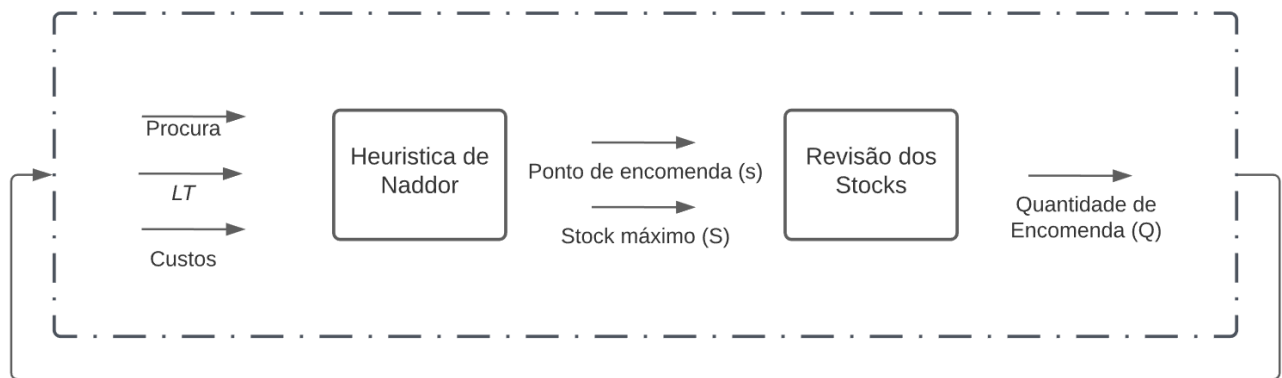


Figura 2.3 - Esquema Heurística de Naddor

$$\sigma_x = \frac{\sigma_y}{\sqrt{w}} \quad (2.18)$$

2.11 Custo total

Após definir-se cada uma das estratégias de gestão de *stocks* é importante ter uma forma de comparação entre as diferentes heurísticas. Para tal, optou-se por calcular o custo total (C_t) de cada uma delas. Este custo é calculado através da seguinte equação (2.19) (Principles of Operations Management, 2017):

$$C_t = (C_e \times N) + (Q \times C_p) + (q_f \times C_d) \quad (2.19)$$

Em que:

Q - Quantidade média em *stock*;

N - Número de encomendas efetuadas;

q_f - Quantidade de unidades em falta;

C_d - Custo unitário de rutura.

Optou-se por não se considerar os descontos de quantidade e os custos de aquisição, em nenhum dos casos, porque, o objetivo do cálculo do C_t é a comparação entre heurísticas, e as quantidades totais encomendadas para cada artigo são idênticas podendo, assim, desprezar-se aqueles custos.

De salientar que, o número de encomendas efetuadas (N), a quantidade média de encomenda (Q) e a quantidade de unidades em falta (q_f) deverão ser calculados através da aplicação dos métodos de gestão de *stocks*, definidos para cada um dos artigos analisados, com os dados reais da procura destes.

3 MÉTODO PROPOSTO

Com base no objetivo identificado no capítulo da introdução, determinar qual é o modelo de gestão de *stocks* mais adequado a cada produto relevante para a empresa e quais os seus parâmetros, e na revisão literária, efetuada no capítulo anterior, construiu-se este capítulo com o método proposto para a execução do objetivo do caso de estudo.

Na revisão da literatura investigou-se pontos de vista e métodos que poderiam ser aplicados de forma a solucionar o problema proposto. De seguida é esquematizado o método proposto, e ao longo do capítulo é aprofundado cada uma das metodologias aplicadas.

Como primeiro passo, é fundamental realizar uma análise ao sistema de informação da empresa e à forma como são realizadas as encomendas aos fornecedores. Posteriormente, deve definir-se a melhor forma de identificar os dados da procura, dos artigos analisados.

Através dos dados recolhidos agruparam-se os artigos consoante o seu valor, as suas flutuações da procura e a sua quantidade, aplicando-se a análise ABC, a análise XYZ e a análise FSN. Posteriormente, realizou-se a combinação entre os resultados obtidos nas 3 análises e definiram-se os subgrupos de artigos a analisar mais pormenorizadamente, através da aplicação de um modelo de gestão de *stocks*. O objetivo desta classificação é focar o trabalho em artigos que tenham mais valor para a empresa, ao invés de se considerarem todos.

Uma vez que se concluiu que a procura era bastante irregular, optou-se por não se prever a procura e continuar o trabalho através da estimativa das variáveis que iriam ser necessárias para a modelação dos sistemas de gestão de *stocks*, custo de posse, custo por encomenda, custo de rotura e lead time dos artigos seleccionados.

Após estimadas todas aquelas variáveis, passou-se ao cálculo dos parâmetros dos três modelos analisados, revisão contínua, revisão periódica e heurística de Naddor. Inicialmente, calcularam-se os parâmetros para um nível de serviço de 95%, valor utilizado na maioria da literatura, calculando-se, posteriormente, para níveis de serviço de 85%, 90% e 99%.

Depois de todos os modelos estarem definidos, estimou-se o custo de cada um deles, assumindo-se que a procura de cada um dos artigos no passado ano se voltaria a repetir no seguinte. Para tal, começou-se por determinar o número de vezes que seriam realizadas encomendas, a quantidade média de unidades em *stock* e a quantidade de unidades em falta, para cada um dos artigos.

Por fim, obteve-se o custo para cada um dos modelos e determinou-se qual era o modelo com o custo mais reduzido, e o seu respetivo nível de serviço, para cada um dos artigos selecionados.

Na Figura 3.1 encontram-se esquematizadas todas as etapas do método proposto.

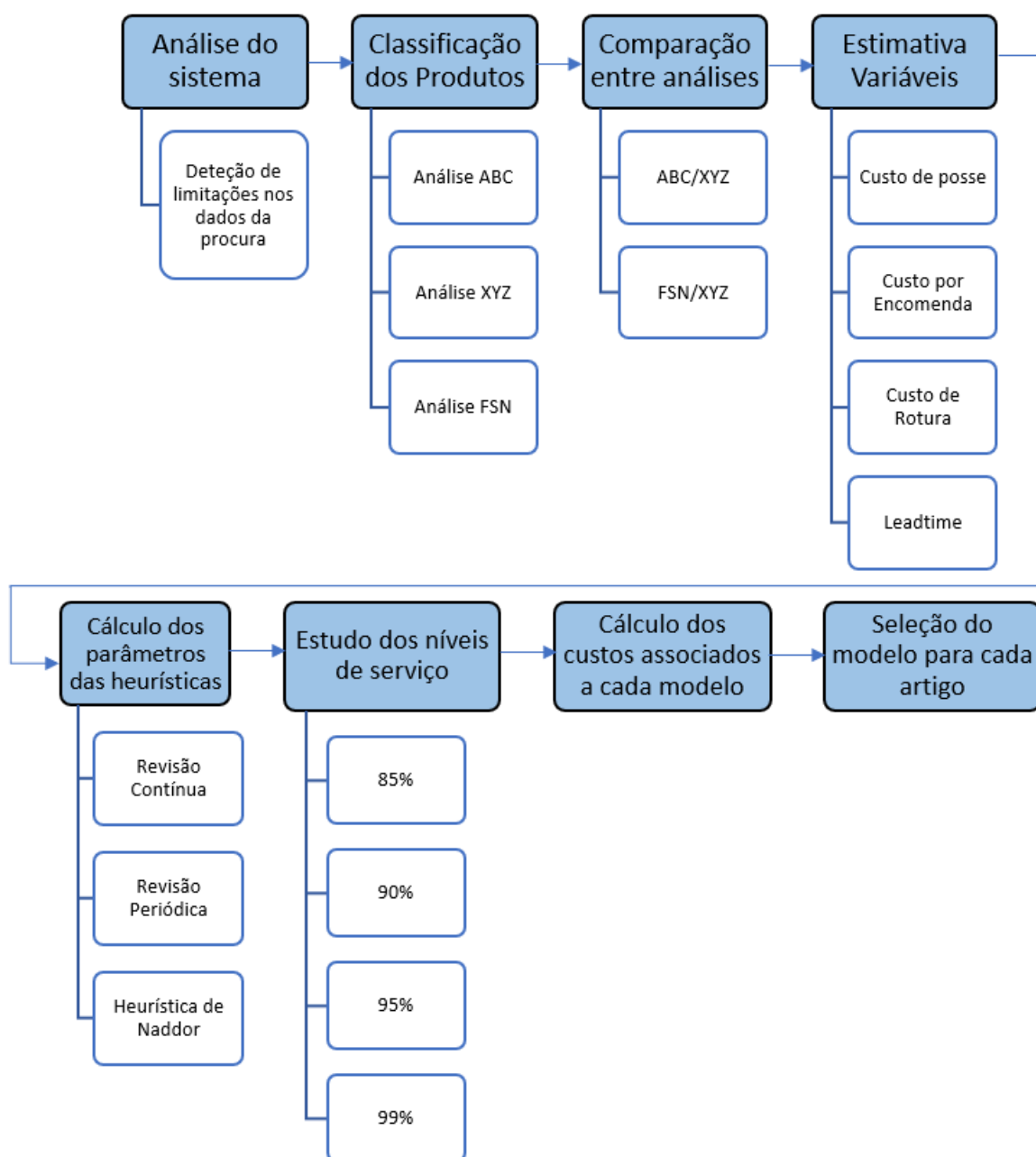


Figura 3.1 - Esquema método proposto

3.1 Classificação de *Stocks*

Inicialmente, deve realizar-se uma análise pormenorizada de como a empresa funciona e perceber como todas as encomendas são efetuadas, de forma a recolher-se toda a informação necessária aos métodos aplicados.

Neste caso de estudo os métodos de classificação usados foram a análise ABC, XYZ e FSN. Para a aplicação destas análises foi necessário calcular o valor, a variabilidade da procura e a taxa de rotação dos *stocks*:

- Valor: que corresponde à importância de cada artigo para a empresa.
- Variabilidade da procura: definição se a procura do artigo é constante ao longo do tempo ou não.
- Taxa de rotação: que representa o tempo médio que um artigo permanece em armazém.

Há a salientar que o cálculo de cada um destes indicadores foi baseado no volume de vendas do último ano, tendo sido analisado os dados de março de 2022 até março de 2023.

Os resultados obtidos para as análises ABC, XYZ e FSN serão relacionados entre si de forma a realizar-se uma análise mais pormenorizada, que englobe os três indicadores descritos em cima, e a obter-se uma conclusão sobre quais são os produtos críticos, para a empresa, em que deve ser aplicado um modelo revisão dos *stocks*.

3.1.1 Análise ABC

A análise ABC, é baseada na lei de Pareto que afirma que 20% das causas são responsáveis por 80% das consequências. Tendo isto por base, este método realiza a segmentação dos *stocks* em três diferentes grupos (Kučera & Hendrych, 2022):

A – Produtos de alto valor e/ou com alta participação nas vendas, que representam 20% de todos os itens em *stock* e participam em 80% das vendas.

B – Produtos de médio valor, que são considerados moderadamente importantes por representarem 30% da totalidade dos produtos e participarem em apenas 15% do total das vendas.

C – Produtos de baixo valor, considerados pouco importantes, que representam 50% dos itens em *stock* e participam em, apenas, 5% do total de vendas (Kučera & Hendrych, 2022).

Através da classificação é possível identificar quais os produtos que têm um valor significativo para a empresa, os produtos de alto valor (A), e aqueles com um valor reduzido

que apenas são encomendados quando são necessários, sem serem retidos em *stock*. (Muthalib et al., 2022a).

No entanto, a classificação ABC terá de ser revista periodicamente, uma vez que, o consumo da matéria prima em questão pode sofrer alterações ao longo do tempo, tanto a nível da sazonalidade como da variação da procura (Morim, 2018).

Por vezes, quando o número de produtos a analisar é bastante reduzido e os dados analisados não correspondem às percentagens teóricas anteriormente apresentadas, dever-se-á ter em conta a possibilidade de considerar, apenas, 2 classes de produtos (A e B). A classe A corresponde à junção das classes A e B anteriores, representando cerca de 85% dos itens, e a classe B corresponde aos restantes produtos (Morim, 2018).

3.1.2 Análise XYZ

A classificação XYZ é uma extensão dinâmica da análise ABC e consiste numa divisão dos *stocks* através da previsão e regularidade da procura (Nowotyńska, 2013). Este método foi criado pela necessidade de realizar uma classificação dos *stocks*, considerando o ritmo a que são vendidos, para além do valor do *stock* (ABC) (Bulinski et al., 2013). Para tal, esta análise distingue os itens de acordo com a variação da sua procura, da seguinte forma (Scholz-Reiter et al., 2012a):

X – Elementos com uma procura pouco variável que provoca um elevado grau de certeza na previsão da procura;

Y – Produtos com um grau moderado de vendas, com flutuações médias na sua procura que permitem uma previsão não muito precisa da procura;

Z – Elementos com um ritmo de vendas reduzido, com muitas flutuações na sua procura, não sendo aconselhável realizar uma previsão da sua procura.

A análise XYZ tem 3 fases distintas. Na primeira é necessário determinar o coeficiente de variância da procura, para cada tipo de *stock* (Equação 3.3). Na segunda ordenam-se os materiais de acordo com o seu coeficiente de variância da procura por ordem crescente. Por fim, na terceira, verifica-se os resultados obtidos com os gráficos da procura dos artigos (Nowotyńska, 2013).

Para o cálculo do coeficiente de variância é necessário calcular a média aritmética da procura, que é dada pela seguinte equação (3.1) (Trubchenko et al., 2020):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \quad (3.1)$$

Em que:

x_i – A média da procura no mês i , $i = 1, 2, \dots, n$;

N – O número total de meses analisados.

De seguida, calcula-se o desvio padrão da procura, através da equação (3.2):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (3.2)$$

Para obter-se o coeficiente de variação, divide-se o desvio padrão pela média aritmética, como demonstrado na equação (3.3):

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (3.3)$$

Após calcular-se o coeficiente de variação para todos os tipos de itens, organizam-se os *stocks* por ordem crescente em relação ao coeficiente de variação e dividem-se os itens pela respetiva classe, assumindo que (Nowotyńska, 2013):

- O grupo X são os *stocks* em que o CV pertence ao intervalo [0%, 50%], representando os produtos com menor variação da sua procura;
- O grupo Y são os *stocks* em que o CV pertence ao intervalo]50%,125%], representando os produtos com uma variância média da procura;
- O grupo Z são os *stocks* em que o CV pertence ao intervalo]125%, ∞[, são os produtos com uma procura muito instável e uma precisão baixa na sua previsão, não sendo aconselhável prevê-la.

3.1.3 Análise FSN

De forma a obter uma classificação dos *stocks* mais aprofundada, recorre-se à análise FSN que classifica os itens em *stock* de acordo com a sua taxa de rotação no armazém. A classificação aplicada divide os *stocks* em três grupos distintos, que são (Mor et al., 2021):

- F – (Fast-moving *stocks*) - rotação rápida;
- S – (Slow-moving *stocks*) – rotação lenta;
- N – (Non-moving *stocks*) – sem rotação.

Esta análise é aplicada de diferentes formas como em (Mor et al., 2021) ou (Muthalib et al., 2022b), no entanto, para a organização estudada, considerou-se que o método apresentado em (Hmida et al., 2014) é o mais indicado, atendendo a que toda a informação requerida está disponível, o mesmo não acontecendo nos dois métodos anteriores.

O procedimento para a aplicação desta metodologia consiste em:

1. Obter a procura total para cada *stock*, no intervalo de tempo estudado;
2. Organizar os itens de forma decrescente, baseado no total da sua procura;
3. Dividir os artigos da seguinte forma:
 - a. F – Corresponde a 25% do total de artigos encomendados com mais procura;
 - b. S – Corresponde aos 50 % seguintes, do total de artigos encomendados;
 - c. N – Corresponde aos 25% restantes;

3.1.4 Análise ABC/XYZ

Devido ao amplo espectro de aplicação, após segmentar-se os *stocks* em relação ao seu valor (ABC) e à variação da sua procura (XYZ), é necessário criar uma relação entre estas duas análises, para avaliar-se os produtos de uma forma mais precisa. A Tabela 3.1 representa o resultado da conjugação das duas análises, os itens são divididos em nove grupos, de acordo com as suas características (Scholz-Reiter et al., 2012b).

Tabela 3.1 - Matriz ABC/XYZ

	A	B	C	
X	AX	BX	CX	Variabilidade
Y	AY	BY	CY	
Z	AZ	BZ	CZ	
	Alto	Valor		Baixo

3.1.5 Análise FSN/XYZ

Devido ao amplo espectro de aplicação, após segmentar-se os *stocks*, em relação à frequência com que são vendidos (FSN) e à variabilidade da sua procura (XYZ), é necessário criar uma relação entre estas duas análises, de forma a identificarem-se os itens com uma taxa de rotação elevada e com uma variabilidade da sua procura reduzida (Devarajan & Jayamohan,

2016). A Tabela 3.2 representa o resultado da conjugação das duas análises, os itens são divididos em nove grupos de acordo com as suas características.

Tabela 3.2 - Matriz FSN/XYZ

	F	S	N	
X	FX	SX	NX	Variabilidade Alto
Y	FY	SY	NY	
Z	FZ	SZ	NZ	
	Alto		Baixo	
	Taxa de Rotação			

3.2 Custos

Todos os custos e o lead time esquematizados neste subcapítulo são fundamentais no cálculo dos parâmetros das revisões de *stock* e no cálculo do custo final de cada uma delas.

3.2.1 Custo de Posse Unitário

De forma a aproximar-se o modelo, o mais possível, da realidade encontrada, é necessário estimar o custo de posse unitário, com base em custos reais despendidos pela empresa. Assim, é preciso uma pesquisa detalhada dos custos e imputá-los de uma forma lógica. Para tal, definiu-se de que forma o custo de posse unitário deveria ser calculado, equação (3.4). De salientar que, todos os custos devem ter a mesma base temporal, que pode ser o ano, o mês, a semana ou até mesmo o dia, refletindo-se na base temporal do custo (Ballou, 2003) (Askarany et al., 2009).

$$\text{Custo de Posse Unitário} = (\text{Custo de Armazenagem} + \text{Seguros} + \text{Custo de Depreciação} + \text{Custo Obsoleto} + \text{Custo de Oportunidade}) / \text{Número de Unidades} \quad (3.4)$$

Custo de Armazenagem: todas as despesas relacionadas com a armazenagem, renda, manutenção, água, eletricidade, entre outros.

Seguro: custo relacionado com o seguro de inventário, ou seguro de armazém.

Custo de Depreciação: se as unidades em *stock* sofrem depreciação ao longo do tempo, deve calcular-se a depreciação unitária.

Custo Obsoleto: se existe a possibilidade de o material mantido em *stock* cair em desuso, deverá imputar-se um valor unitário caso isto aconteça.

Custo de Oportunidade: o custo de manter retido capital, que poderia estar a ser investido de outra forma mais rentável.

Para se aplicar a equação (3.4) à realidade da empresa, foi necessário fazer ajustes, nomeadamente, ignorar o custo de depreciação, custo obsoleto e custo de oportunidade. Este ajuste deveu-se ao facto de não estarem disponíveis os dados necessários ao cálculo daqueles custos e por não fazerem sentido no contexto do caso de estudo. Para além disso, aplicou-se um fator de correção, no valor da eletricidade e da água, porque, estes valores disponíveis eram os montantes gerais da fábrica, portanto, grande parte deles era imputável à produção. Foi utilizado o valor 0,2 para este fator de correção, tendo sido definido com base na experiência dos funcionários da ArgoBaum, equação (3.5).

$$C_p = 0,2 (EDP + AquaElvas) + Seguros \quad (3.5)$$

Depois de calcular-se o custo de posse anual para a totalidade das ferramentas e das matérias-primas, imputou-se esse valor de acordo com o volume comprado de cada ferramenta e matéria prima. Em relação às matérias-primas o volume é relativamente simples de calcular, através das dimensões descritas nas Notas de Encomenda. Contudo, para as ferramentas foi necessário fazer aproximações para o cálculo do seu volume por terem formatos distintos, o volume total de cada família de ferramentas foi calculado de acordo com a seguinte equação (3.6), em que o $V_{médio}$ corresponde ao cálculo do volume da ferramenta com as dimensões médias.

$$V_{total} = V_{médio} \times \text{Número de ferramentas} \quad (3.6)$$

Após determinar-se o volume total para cada uma das famílias, calculou-se a percentagem da respetiva de cada família para, por fim, multiplicar-se esses valores pelo custo de posse total e obter o custo de posse associado a cada família.

3.2.2 Custo por Encomenda

Conhecer os custos associados com um sistema de *stocks* é imprescindível, para uma boa gestão dos mesmos (Kaminsky & Kaya, 2009). Por isso, tal como para o custo de posse unitário, é importante definir o custo de encomenda, com base em custos reais despendidos pela empresa (Ballou, 2003).

Procedeu-se à definição do custo associado a uma encomenda, equação (3.7).

$$\text{Custo de Encomenda} = (\text{Custo de Processamento} + \text{Custo de Transporte} + \text{Custo de Comunicação} + \text{Custo Administrativo}) / \text{Número de Encomendas} \quad (3.7)$$

Custo de Processamento: inclui despesas relacionadas com o processamento de uma encomenda, como a verificação de chegada, a conformidade da encomenda, a documentação e a coordenação.

Custo de Transporte: custo de transporte associado à entrega da encomenda.

Custo de Comunicação: considera o custo de quaisquer métodos de comunicação, como, chamadas telefónicas, emails, ou outros meios de comunicação.

Custos administrativos: custos associados à gestão da encomenda, como por exemplo, salários das pessoas responsáveis, custos de software, entre outros.

Aplicando a equação (3.7) à realidade da ArgoBaum, para calcular o custo de encomenda obedeceu-se à equação (3.8), onde são aplicados dois fatores de correção aos salários dos trabalhadores, uma vez que, para além da tarefa de executar (Custo administrativos) e verificar a encomenda (Custo de Processamento), estes também realizam outras tarefas. Portanto, estes fatores de correção foram calculados através da equação (3.9).

$$C_e = (\text{Comunicações} + 12 \times (F_f \times S_f + F_e \times S_e)) \quad (3.8)$$

F_f – Fator de correção do trabalhador da fábrica responsável pela verificação e conformidade da encomenda.

S_f – Salário do trabalhador da fábrica.

F_e – Fator de correção do trabalhador do escritório responsável pela execução da encomenda.

S_e – Salário do trabalhador do escritório.

$$F = \frac{\text{Horas de trabalho dispendidas por encomenda} \times \text{Média de Encomendas Semanal}}{\text{Horas trabalhadas semanalmente}} \quad (3.9)$$

Há a salientar que, na equação (3.8) o valor calculado é multiplicado por 12 por se pretender calcular o custo de encomenda anual.

Em conjunto com os funcionários da ArgoBaum, que acompanharam este trabalho, definiu-se o número de horas trabalhadas por encomenda para cada um dos trabalhadores.

Efetuu-se a estimativa com base na experiência dos funcionários por não existirem dados referentes a estes indicadores.

Em relação ao F_f definiu-se que o valor de horas trabalhadas nas tarefas relacionadas com as encomendas seriam 0,5 horas, sendo que se efetua uma média de 4,12 encomendas semanais, e que o trabalhador passa 40 horas semanais na empresa, conclui-se que o F_f era igual a aproximadamente 5%.

Para o F_e , definiu-se que o trabalhador gastava cerca de 2 horas na execução de uma encomenda, considerando as 4,12 encomendas semanais e as 40 horas de trabalho semanais, obteve-se o valor de, aproximadamente, 21% para este fator.

Após calcularem-se os fatores de correção anteriores, obteve-se a seguinte expressão para o custo de encomenda (C_e), equação (3.10).:

$$C_e = MEO + 12 \times (0,05 \times S_f + 0,21 \times S_e) \quad (3.10)$$

Após calcular-se o custo total das encomendas através da equação anterior, imputou-se o custo às famílias de matérias-primas e ferramentas, de acordo com o número de encomendas realizadas para cada família, para tal, seguiu-se a seguinte equação (3.11) em que a % de encomendas é referente à totalidade encomendada. Obtendo-se assim o custo de encomenda por família ($C_{e/família}$)

$$C_{e/família} = C_e \times \% \text{ de encomendas} \quad (3.11)$$

3.2.3 Custo de Rotura

Para além do Custo de Posse e do Custo de Encomenda, é importante estimar-se o Custo de Rotura, das diferentes estratégias de gestão de *stocks* para se estimar os custos totais de cada aplicação o mais realista possível.

Neste tipo de custos, há duas variáveis que devem ser tidos em conta na sua estimativa, a venda perdida e a venda cativa (*backorder*). Na primeira variável considera-se que, na venda perdida a empresa, naquele momento, não tinha *stock* para dar resposta ao cliente, perdendo a oportunidade de vender o produto. Na *backorder*, assume-se que, o cliente espera até que a empresa tenha capacidade para satisfazer o seu pedido (Frenk et al., 2014).

Na Figura 3.2 está representado, graficamente, o que é o *backlog stock*, verificando-se que este corresponde ao *stock* necessário para adquirir/produzir, satisfazendo a procura total do cliente. Esta definição é fundamental para a compreensão da estimativa deste custo.

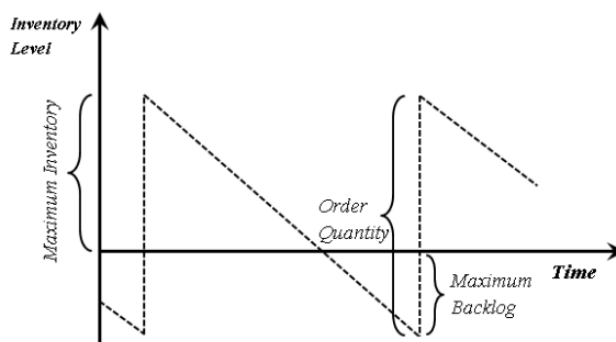


Figura 3.2 - Backlog Stock

Quantificar as consequências do *backlog stock* sempre foi um problema na gestão de *stocks*. Na literatura existem várias formas de considerar estes custos, as duas mais relevantes são, na primeira, aplicar restrições à taxa de serviço (*fill rate service*), para especificar os custos relacionados com o atraso da entrega, ou, na segunda, manipular a procura, causando a sua redução futura (*perturbed demand approach*) (Frenk et al., 2014) (Ouyang et al., 1996).

De forma a simplificar-se a estimativa, e devido à falta de dados para a aplicação de cada um destes métodos, optou-se por dar como perdida a venda do material que não se encontra em *stock*. Considerou-se que o custo de uma venda perdida era igual ao custo do produto não vendido.

Para efetuar-se a estimativa do custo de rotura, deve aplicar-se a equação (3.12).

$$\text{Custo de Rotura} = (\text{Custo da Compra do Stock}) / \text{Número de Unidades} \quad (3.12)$$

Custo da Compra do *Stock* – corresponde ao montante gasto para se adquirir a quantidade de *stock* utilizada num período de tempo.

Número de unidades – se o artigo analisado for uma matéria prima corresponde ao número de kg adquiridos e se for uma ferramenta ao número de unidades compradas.

4 ESTUDO DE CASO

Para contextualizar o problema identificado na ArgoBaum procedeu-se, inicialmente, a uma breve introdução sobre a empresa e a sua realidade. De seguida, abordou-se, sucintamente, o sistema produtivo tanto a nível Industrial como Médico, as duas áreas de negócio da empresa, que têm diferenças significativas entre si, e fez-se uma caracterização do sistema de armazenagem e do método de gestão de *stocks* implementado atualmente.

4.1 ArgoBaum

A ArgoBaum é uma empresa portuguesa da área metalomecânica de precisão, fundada em abril de 2015. Neste momento, tem o seu polo de produção fixado em Elvas e o seu polo administrativo situado em Lisboa. Conta com 15 colaboradores alocados aos diferentes departamentos, nomeadamente, Produção, Orçamentação, Engenharia e Contabilidade.

A sua atividade principal é a fabricação e comercialização de peças de precisão, que requeiram uma qualidade extrema, tanto no ramo da indústria médica como industrial, para tal, utiliza moldes de injeção, ferramentas de prensagem, corte a laser, entre outros métodos da metalomecânica. Para além disso, também, realizam o design e a engenharia de peças especiais utilizando os mais inovadores softwares de CAD/CAM (*Computer-Aided Design and Manufacturing*) e prestam também serviços de consultoria internacional, *research* e *survey*, nomeadamente estabelecendo contactos entre clientes e fábricas e armazéns locais.

A ArgoBaum possui uma forte presença no mercado internacional, com cerca de 80% da sua faturação exportada.

4.1.1 Indústria Médica

Na área da indústria médica são produzidos um vasto leque de dispositivos como: implantes dentários; componentes protéticos; kits cirúrgicos (brocas, chaves e instrumentais); dispositivos e produtos médicos ortopédicos; trauma *products* e instrumentos cirúrgicos. De uma forma geral, as matérias-primas utilizadas na produção destes produtos são o titânio e o aço inox.

É de salientar que a ArgoBaum tem dois certificados de qualidade nesta área emitidos pelo *Quality Evaluation Center*, um deles em *Manufacturing of high precision micro*

metalworking parts cumprindo os requisitos da ISO 9001:2015 e, outro, em *Manufacturing, distribution and sales of metal implants non sterile, prosthetic components, abutments and instruments. Anodization of non-sterile implants, prosthetic components, abutments and instruments*, referente à ISO 13485:2016.

Para além dos certificados de qualidade, a ArgoBaum, também, tem 4 projetos cofinanciados pelos Fundos Europeus Estruturais e de Investimento, que fazem parte do programa PT2020 no domínio da fabricação de dispositivos médicos e do desenvolvimento regional do Alentejo

4.1.2 Setor Industrial

Na unidade fabril da ArgoBaum, para além dos dispositivos médicos, também, são produzidas peças de elevada precisão para as mais diversas indústrias, como, aeronáutica, automotiva, ferroviária, defesa, energia, engenharia e moldes de injeção. Para a produção deste tipo de peças são utilizados diferentes tipos de alumínio e aços.

É importante referir que, também nesta área, a ArgoBaum tem um certificado de qualidade emitido pela *Quality Evaluation Center* na área de *Manufacturing of high precision micro metalworking parts*, cumprindo os requisitos da ISO 9001:2015.

4.2 Processo de Produção

Desde o momento em que o cliente executa a encomenda até ao momento em que recebe o produto encomendado, são realizadas diversas operações que importa detalhar, para contextualizar o problema deste caso de estudo.

Inicialmente, o cliente faz um pedido de orçamento, fornecendo os requisitos do produto à ArgoBaum. Na orçamentação aqueles requisitos são analisados e é elaborado um orçamento. Este é comunicado ao cliente, que pode aceitá-lo, recusá-lo ou optar por enviá-lo a uma empresa concorrente. Pode, ainda, pedir a sua retificação. Caso isto aconteça, o orçamento é reavaliado, repetindo-se o restante processo Figura 4.1.

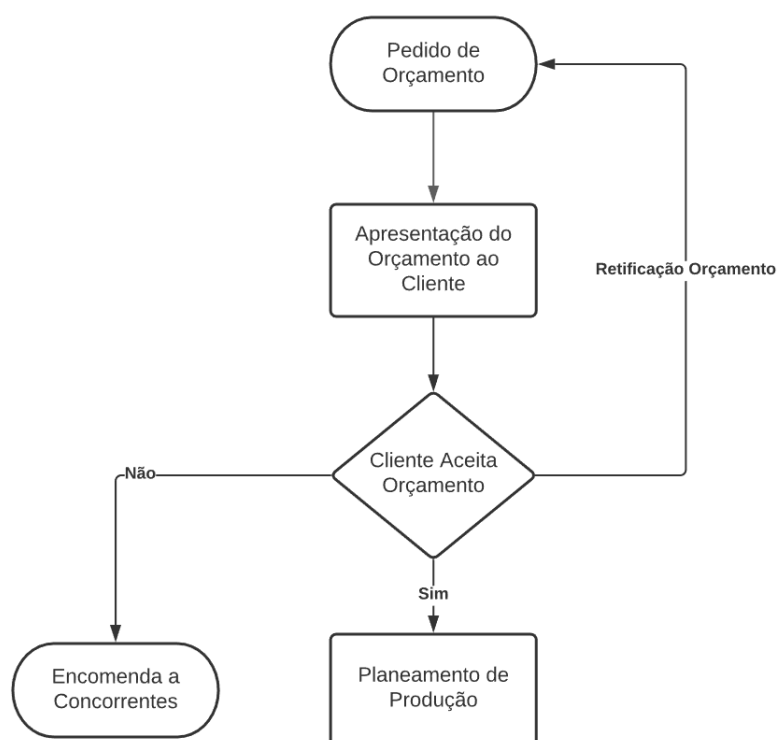


Figura 4.1 - Orçamentação – Produção

Aceite o orçamento proposto, é registada a encomenda e esta passa para o Planeamento de Produção. Nesta fase, é avaliada a capacidade de a empresa produzir na íntegra a encomenda, tendo em conta o limite das máquinas e a dimensão do projeto, e a necessidade de recorrer a parceiros, nomeadamente, para adquirir algum tipo de bem, não acabado, necessário à produção da encomenda. Pode, ainda, colocar-se a hipótese de recorrer a novos parceiros, casos os atuais não consigam responder à solicitação da ArgoBaum.

O Planeamento de Produção avalia, ainda, se é necessário comprar matérias-primas ou ferramentas, de acordo com as especificações da encomenda do cliente, colocando as encomendas aos fornecedores. Quando a empresa tiver todos os matérias e ferramentas necessários, começa a produção da encomenda. No momento em que a encomenda for finalizada é enviada para o cliente Figura 4.2.

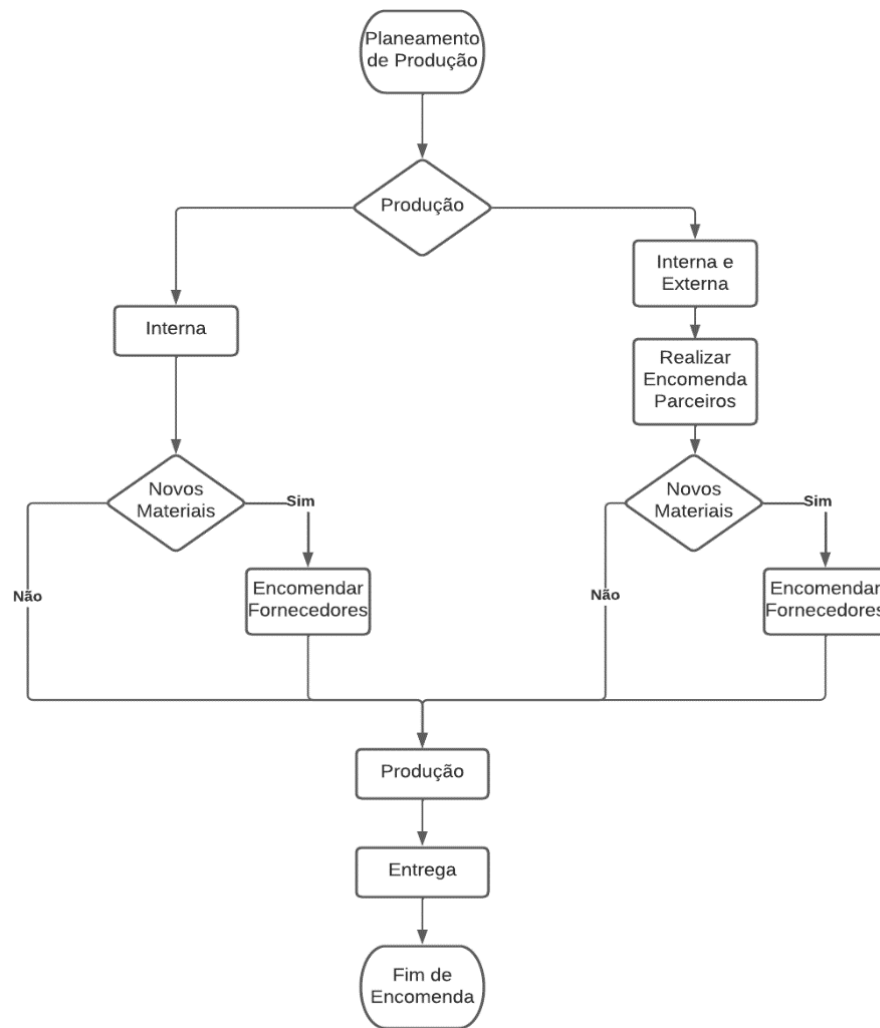


Figura 4.2 - Produção – Encomenda

4.3 Gestão de *Stocks* Matérias-Primas

4.3.1 Indústria Médica

Relativamente ao modelo de gestão de *stocks* implementado nesta área de negócio, a empresa realiza um reaprovisionamento do titânio e do inox, as únicas duas matérias-primas armazenadas, consoante as flutuações do seu preço e o contexto geopolítico, não obedecendo a nenhuma heurística de gestão de *stocks* ou de previsão da procura. Tornando o processo bastante subjetivo e com uma elevada margem de otimização.

4.3.2 Setor Industrial

Incidindo na área industrial, não existe nenhum tipo de matéria prima armazenada, devido à variedade de matérias-primas utilizadas e às diferentes especificações dos produtos encomendados pelos clientes. Muitas vezes, é até necessário encomendar novas ferramentas para produzir peças com os requisitos definidos pelo cliente.

4.4 Aplicação

Nesta fase do trabalho vai ser aplicada a metodologia proposta no capítulo anterior. O ponto 4.5 foca-se na abordagem seguida para a obtenção dos dados. O ponto 4.6 faz uma classificação dos *stocks* existentes. Segue-se o ponto 4.7 onde se realiza uma estimativa das variáveis necessárias à aplicação dos modelos de gestão de *stocks*. No 4.8 são calculados os parâmetros para cada um dos sistemas estudados. Por fim, o ponto 4.9 diz respeito ao cálculo do custo final e à seleção da melhor opção para cada artigo.

4.5 Recolha e Análise de Dados

Antes da recolha dos dados referentes ao historial de encomendas da empresa, foi fundamental a compreensão do sistema de informação da empresa. Foi o ponto de partida para a análise e resolução do caso de estudo da ArgoBaum.

Uma vez que a empresa trabalha por encomenda, fabricando produtos distintos consoante os requisitos do cliente, não faz sentido analisar-se a procura de um produto em particular, pois esta acontece esporadicamente ao longo do tempo, sendo muito raro a sua repetição. Cada cliente entrega à ArgoBaum um desenho 2D ou um ficheiro de CAD com as especificações que pretende para as suas peças. As peças encomendadas são para trabalhos específicos, por esse motivo, é raro acontecer a produção de uma peça exatamente igual, com as mesmas especificações, que outra anteriormente produzida.

Pela razão apresentada anteriormente, em vez de se analisar a procura de produtos específicos, optou-se pela análise à procura das matérias-primas consumidas pela empresa. Geralmente, cada produto é composto por, apenas, uma matéria prima. Para além da procura das matérias-primas, analisou-se, também, a procura das ferramentas usadas no fabrico.

Tal como as peças produzidas pela ArgoBaum, cada ferramenta tem especificações muito precisas, por exemplo, o diâmetro, se tem, ou não, arrefecimento interno, a que tipo de

material se destina, entre outras. Por este motivo, torna-se inútil analisar a procura de uma ferramenta específica, pois, esta não se vai repetir no período de tempo abrangido por este trabalho.

Uma das maiores dificuldades sentidas, ao longo do trabalho, foi a compreensão e obtenção dos dados da procura real das matérias-primas e das ferramentas. A dificuldade no acesso a informação relevante, que estivesse de acordo com a realidade da empresa e fosse importante para o estudo, tornou-se um problema. A ArgoBaum não trabalha com nenhum software que auxilie a gestão de *stocks*, apenas, possuindo os registos das encomendas em notas de encomenda. Nestes documentos são detalhados o fornecedor e os respetivos elementos de identificação, o número da encomenda, a data, o responsável interno pela sua emissão, a quantidade, a descrição do produto encomendado, entre outros elementos. No anexo A.1 encontra-se um exemplo de uma nota de encomenda.

Para analisar os dados da melhor forma possível, é importante detalhar a forma como foi calculada a quantidade bruta de matéria prima.

Após o cliente colocar a encomenda, detalhando o formato das peças pretendidas, a encomenda é encaminhada para o engenheiro da fábrica que, com apoio do software informático (CAD), define a matriz da produção e calcula as quantidades brutas de matéria prima que é necessário adquirir, assim como, a sua forma e dimensões. De seguida, o pedido de encomenda é enviado para o escritório onde são solicitados orçamentos a vários fornecedores. Acabando por se adquirir a matéria prima ao fornecedor que apresente o menor custo para as especificações pretendidas.

A realização da nota de encomenda de uma ferramenta é similar, ao anteriormente descrito. Será enviado o pedido de encomenda se não existirem em *stock* as ferramentas necessárias para a execução da encomenda do cliente.

Os dados que a ArgoBaum possui, e disponibilizou para a resolução deste caso de estudo, são as notas de encomenda das matérias-primas e das ferramentas. Estes dados não correspondem à procura real pois, em relação às matérias-primas haverá sempre desperdício na fabricação.

Não se possuindo outros dados para estimar a procura real das matérias-primas e ferramentas utilizadas, optou-se por considerar os dados das notas de encomenda, apesar de diferirem da quantidade real dos produtos vendidos.

Antes de se segmentar cada encomenda na sua respetiva família, calculou-se o peso de cada pedido, através das especificações presentes na descrição na nota de encomenda, Anexo

A.1, de forma a poder relacionar-se a quantidade comprada nas várias encomendas. Este cálculo foi, apenas, efetuado para as matérias-primas, não fazendo sentido aplicar-se às ferramentas, considerando-se, neste caso, apenas a quantidade encomendada.

Iniciou-se a segmentação das encomendas por grupos, nas matérias-primas dividiram-se as encomendas em 6 grupos distintos:

- Aço;
- Aço Inox;
- Alumínio;
- Latão;
- Polímeros;
- Titânio;

Em relação às ferramentas executou-se a segmentação em 7 grupos distintos:

- Brocas;
- Fresas;
- Fita serras;
- Machos;
- Pastilhas;
- Pinças elásticas;
- Outros, que engloba:
 - Qualidade – todos os produtos relacionados com a verificação da qualidade como por exemplo: calibres e zeradores;
 - Items – são as restantes ferramentas que são encomendadas esporadicamente ao longo do tempo;

5 CASOS DE ESTUDO

5.1 Matérias Primas

5.1.1 Classificação de *Stocks*

Os indicadores analisados neste caso de estudo foram o valor associado a cada tipo de *stock*, a variabilidade da sua procura e a taxa de rotação dos itens. Para calcular-se cada um dos indicadores, obedeceu-se às formulações definidas nos fundamentos teóricos, Capítulos 3.1.1 - 3.1.5.

5.1.1.1 Análise ABC

Como o número de itens analisados é bastante reduzido, optou-se por se considerar apenas 2 classes na análise ABC, a classe A idêntica à original, e a classe B que corresponde à junção das classes B e C inicialmente formuladas. Desta forma, obtiveram-se as classes para as matérias-primas (ver Tabela 5.1). De salientar que, para a elaboração da Tabela 5.1 as matérias-primas foram ordenadas por ordem decrescente do seu valor. O custo total das matérias-primas é, também, apresentado abaixo da Tabela 5.1

Tabela 5.1 - Análise ABC - Matérias-primas

Matéria Prima	Custo (€)	Custo %	Custo Cumulativo %	Classe
Alumínio	23088,7	28%	28%	A
Aço	21683,9	26%	54%	A
Polímeros	13632,6	17%	71%	A
Latão	9341,2	11%	82%	B
Titânio	8736,0	11%	93%	B
Aço Inox	5865,8	7%	100%	B

Custo Total (€)	82348,1
-----------------	---------

A classe A engloba o Alumínio, o Aço e os Polímeros, representando cerca de 71% do custo total, sendo o Alumínio a matéria prima com maior valor (28%), seguida do Aço (26%). A classe B representa apenas 29 % e é composta pelo Latão, Titânio e Aço Inox, todas as matérias-primas desta classe têm percentagens de custo a rondar os 10%.

Procedeu-se à elaboração da representação gráfica dos dados obtidos para facilitar a análise, (ver Figura 5.1).

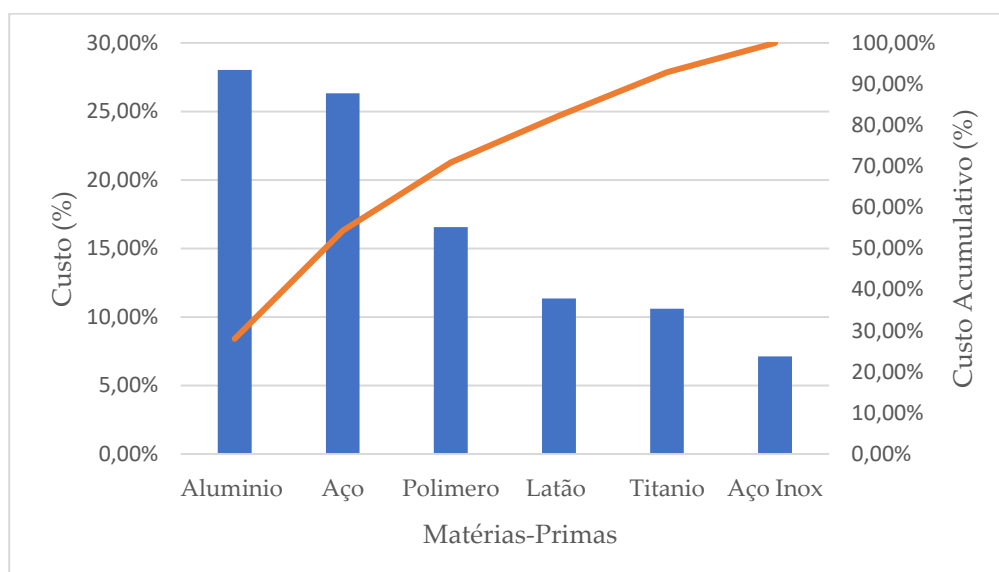


Figura 5.1 - Análise ABC – Matérias-primas

Apesar da classe A corresponder a cerca de 70% do custo total, corresponde a 83% dos produtos encomendados, contradizendo a lei de Pareto que afirma que aproximadamente 20-30 % dos produtos representam 70-80 % do volume de vendas. Contudo, podemos verificar que o Alumínio, o Aço e os Polímeros têm diferenças significativas no custo de aquisição em relação aos outras matérias, por isso, apesar dos resultados não obedecerem à lei de Pareto, considerou-se os mesmos para realizar a relação entre o valor e a previsibilidade dos *stocks*, através da análise ABC/XYZ.

5.1.1.2 Análise XYZ

Para efetuar-se uma classificação dos *stocks* mais detalhada, realizou-se um estudo da variabilidade da procura para cada matéria prima, através da análise XYZ. Para tal, começou-se por calcular o desvio padrão da procura média mensal (σ), através da fórmula detalhada no Capítulo 3.1.2. Após obter-se o desvio padrão, calculou-se a média aritmética da procura mensal. Por fim, aplicou-se a equação (3.3), para se obter o coeficiente de variação (CV) e avaliar-se a variância da procura, consoante o valor do coeficiente. Na Tabela 5.2 são apresentados os resultados obtidos para o cálculo do coeficiente de variância do Aço

Tabela 5.2 - Análise XYZ - Aço

	Procura (unidades)	$\sum \sigma$	σ (unidades)	CV	XYZ
Janeiro	1,54	35667,71	686	1,05	Y
Fevereiro	72	28398,63			
Março	1683,69	88052,20			
Abril	1992,38	148877,90			
Maio	500	2021,93			
Junho	0	35835,83			
Julho	924,28	6008,28			
Agosto	66,6	28926,45			
Setembro	1478,74	56440,43			
Outubro	760,02	905,72			
Novembro	342,72	8166,51			
Dezembro	47,23	30859,74			

Como o resultado obtido para o CV do aço foi 1,05, esta matéria prima encontra-se na classe Y, que corresponde a *stocks* com uma variância média, com o CV intervalo de valores]0,5; 1,25].

A Figura 5.2 demonstra a procura de aço, para cada mês do ano. Como podemos observar, a procura tem uma variância média elevada, confirmando o resultado anteriormente obtido.

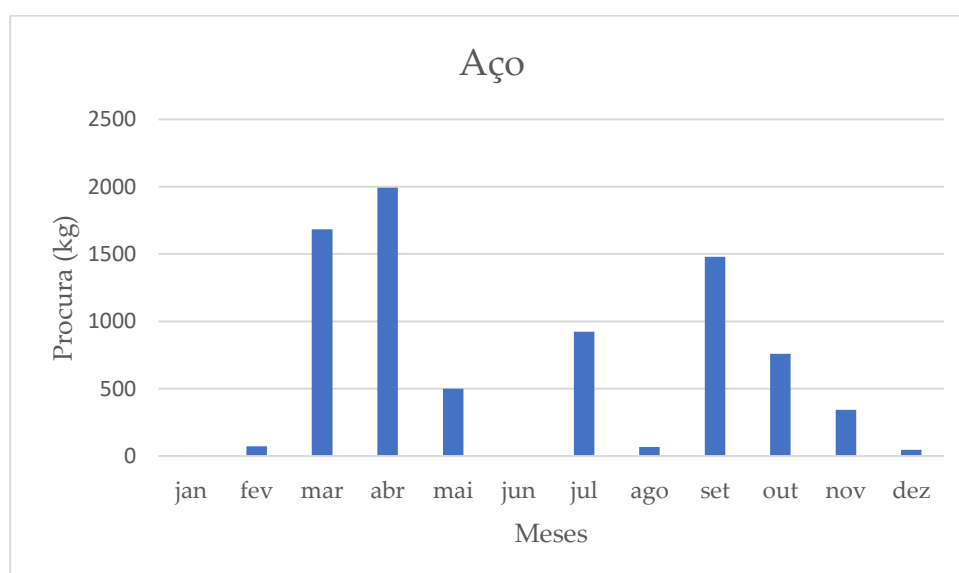


Figura 5.2 - Procura mensal – Aço

As restantes tabelas de resultados e gráficos das matérias-primas encontram-se compiladas nos anexos A.2.

As classes obtidas para cada matéria prima encontram-se discriminadas na Tabela 5.3. Verifica-se que nenhuma matéria prima se encontra na classe X, família em que a procura é relativamente estável, este resultado é obtido, em grande parte, devido aos meses em que não existe procura. Nos restantes meses a procura não é muito dispare.

Tabela 5.3 - Classes análise XYZ - Matérias-primas

Matérias-primas	XYZ
Aço	Y
Alumínio	Y
Latão	Z
Aço Inox	Z
Polímeros	Z
Titânio	Y

5.1.1.3 Análise FSN

Para além das análises ao valor (ABC) e a variabilidade da procura (XYZ), optou-se por se realizar uma análise à taxa de rotação de cada um dos *stocks* da empresa, de forma a realizar uma análise mais exaustiva da procura, estudando o comportamento da procura a vários níveis. Para esse fim, procedeu-se ao cálculo da Quantidade Usada para cada uma das matérias-primas e da Quantidade Total encomendada.

De seguida, calculou-se a percentagem de quantidade encomendada (Quantidade %) e elaborou-se a Tabela 5.4 com todos os dados obtidos. De notar que, tal como na análise ABC, as matérias-primas são ordenadas de ordem decrescente em relação à Quantidade Usada.

Considerou-se, apenas, duas classes nesta metodologia, por se estar a analisar apenas 6 produtos diferentes. A classe F (*Fast-moving stocks*) considerada na análise dos dados corresponde à junção das classes F e S (*Slow-moving stocks*), descritas no Capítulo 3.1.3. A classe S (*Slow-moving stocks*) corresponde, apenas, à classe N (*Non-moving stocks*). descrita, naquele Capítulo.

A classe F é composta por, apenas, duas matérias-primas, o Aço, que corresponde a 54% da quantidade total, e o alumínio, que corresponde a 24% do total. As restantes matérias-primas fazem parte da classe S, com quantidades inferiores a 10% do total.

Após a segmentação das matérias-primas pelas duas classes, elaborou-se a Figura 5.3 com os dados obtidos.

Tabela 5.4 - Análise FSN - Matérias-primas

Matéria Prima	Quantidade Usada (kg)	Quantidade (%)	Quantidade Cumulativa (%)	Classe
Aço	7869,20	54	54	F
Alumínio	3514,10	24	78	F
Latão	1370,65	9	87	S
Aço Inox	990,50	7	94	S
Polímeros	802,17	5	99	S
Titânio	79,30	1	100	S

Quantidade Total (kg)	14625,92
-----------------------	----------

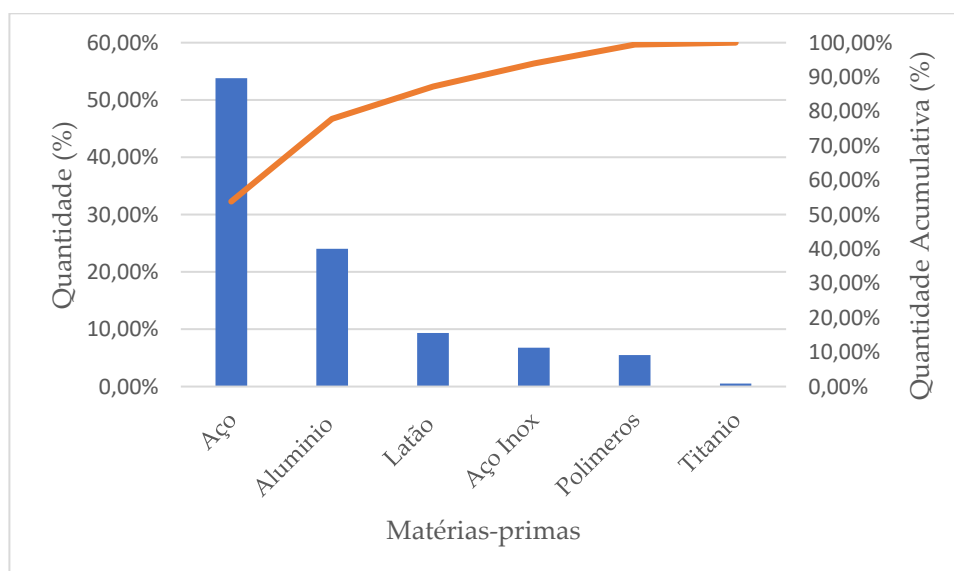


Figura 5.3 - Análise FSN - Matérias-primas

É importante frisar que, apesar do Aço e do Alumínio pertencerem ambos à classe F, o Aço representa uma quantidade bastante superior ao alumínio, mais do dobro, tendo uma taxa de rotação bastante superior. As outras matérias-primas têm taxas de rotação reduzidas, querendo isto dizer que, permanecem longos períodos de tempo em armazém.

5.1.1.4 Análise ABC/XYZ

Uma vez que no caso de estudo foram consideradas, apenas, duas classes na segmentação ABC adaptou-se a relação, descrita na Tabela 3.1, de forma a ir ao encontro dos dados analisados, obtendo-se a Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Matriz ABC/XYZ revista - - Matérias-primas

	A	B	
X	AX	BX	Variabilidade
Y	AY	BY	
Z	AZ	BZ	
	Alto	Baixo	
	Valor		

Para o caso de estudo serão analisados, apenas, os itens que se enquadram nas seguintes características:

- AX: produtos com um valor elevado e sem muita variação na sua procura;
- AY: produtos com um valor elevado, mas, com alguma variação na sua procura;

Após concluírem-se as análises referentes ao valor (ABC), à previsibilidade/variância (XYZ) e à taxa de rotação (FSN), relacionaram-se os resultados obtidos, de forma a identificar-se o tipo de produtos a manter em *stock*, pela empresa.

Começou por relacionar-se o valor com a previsibilidade/variância, análise ABC/XYZ, (ver Tabela 5.6), concluindo-se que as duas matérias-primas que deverão ter uma estratégia de gestão de *stocks* definida são o Aço e o Alumínio. Apesar de terem uma previsibilidade/variância não muito constante (Y) o seu valor é elevado (A). É importante referir que, os Polímeros apesar de terem um valor elevado (A), deverão continuar a obedecer à estratégia inicialmente aplicada pela ArgoBaum, serem encomendados apenas quando são necessários, por terem uma previsibilidade/variância bastante inconstante e imprevisível.

Tabela 5.6 - Classes análise ABC/XYZ - Matérias-primas

Matérias-primas	ABC/XYZ
Aço	AY
Alumínio	AY
Latão	BZ
Aço Inox	BZ
Polímeros	AZ
Titânio	BY

5.1.1.5 Análise FSN/XYZ

Da mesma forma que, para a segmentação ABC considerou-se, apenas, a existência de duas classes de itens, na segmentação FSN, referente à taxa de rotação dos produtos em armazém, optou-se por adaptar o método, Tabela 3.2, para, apenas, duas classes referentes à taxa de rotação, obtendo-se a representação da Tabela 5.7 Esta adaptação foi ao encontro dos dados analisados.

Tabela 5.7 - Matriz FSN/XYZ revista - Matérias-primas

	F	S	
X	FX	SX	Variabilidade Alto
Y	FY	SY	
Z	FZ	SZ	
	Baixo		Baixo
	Taxa de Rotação		

Para o caso de estudo serão analisados, apenas, os itens que se enquadram nas seguintes características:

- FX – Produtos com uma alta rotação de *stock* e com a procura relativamente constante;
- FY – Produtos com uma alta rotação de *stock* e com flutuações médias na sua procura;

Após finalizada a relação entre o valor e a previsibilidade/variância (ABC/XYZ) calculou-se a relação entre a taxa de rotação e a previsibilidade/variância (FSN/XYZ), de forma a identificarem-se os produtos com taxas de rotação elevadas e uma procura, relativamente, constante.

De facto, com a realização da Tabela 5.8, verificou-se que as matérias-primas com taxas de rotação elevadas (F), Aço e Alumínio, tinham uma previsibilidade/variância da sua procura relativamente constante (Y). Indo, esta conclusão, ao encontro do analisado na relação anterior (ABC/XYZ).

Tabela 5.8 - Classes análise FSN/XYZ - Matérias-primas

Matéria Prima	FSN/XYZ
Aço	FY
Alumínio	FY
Latão	SZ

Matéria Prima	FSN/XYZ
Aço Inox	SZ
Polímeros	SZ
Titânio	SY

Em suma, analisando-se os resultados obtidos em ambas as relações (ABC/XYZ) e (FSN/XYZ) concluiu-se que, as matérias-primas em que se deveria aplicar uma técnica de revisão dos *stocks* são o Aço e o Alumínio, as restantes matérias-primas devem continuar a seguir a política aplicada pela ArgoBaum.

5.1.2 Custos e *Lead time*

No Capítulo 2.10 é detalhada a Revisão Contínua (s,Q) a Revisão Periódica (T,S) e a Heurística de Naddor (T, s, S). Estas técnicas foram selecionadas para o cálculo das quatro variáveis importantes para a gestão de *stocks*, o período de tempo em que o *stock* deve ser revisto (T), o ponto de encomenda (s) o *stock* máximo (S) e a quantidade económica de encomenda (Q).

Para a aplicação destas revisões e da heurística é necessário estimar algumas variáveis como o Custo de posse (C_p), o Custo de encomenda (C_e), o Custo de rotura (C_d) e o Lead Time (LT), neste capítulo e no seguinte são detalhados como foram estimadas estas variáveis, para aplicação posterior das heurísticas, através dos métodos esquematizados no Capítulo 3.2.

Para a imputação dos Custos foi requisitado à ArgoBaum faturas dos últimos 4 meses, referentes à água utilizada na fábrica, à eletricidade consumida na fábrica, às telecomunicações do escritório e aos seguros, da fábrica e dos *stocks*, detalhando-se o montante despendido em cada um dos meses.

5.1.2.1 Custo de Posse

O custo de posse unitário representa o valor despendido pela empresa para manter uma unidade em *stock*, por um determinado período de tempo. Este custo tem em conta encargos relacionados com o custo da armazenagem, os seguros do armazém e dos *stocks*, o custo de depreciação, o custo dos obsoletos e o custo de oportunidade.

Para este caso de estudo, não se consideraram os custos de depreciação, uma vez que as unidades retidas em *stock* não ficam tempo suficiente em *stock* para que o seu valor se altere, o custo dos obsoletos, porque, os materiais e ferramentas usados são sempre os mesmos, não

se correndo o risco dos mesmos caírem em desuso, e o custo de oportunidade, por não existir uma forma objetiva de calcular o mesmo.

Desta forma, através da Tabela 5.9, calcularam-se os custos da ArgoBaum com a eletricidade, a água e os seguros, nos 4 primeiros meses do ano de 2023. Calculou-se o valor total gasto pela empresa com a posse dos *stocks*.

Tabela 5.9 - Despesas ArgoBaum – Custo de Posse

Despesas - ArgoBaum 2023			
Entidade	Mês	Valor (€)	Total (€)
Eletricidade	Janeiro	1 838,69	7 387,76
	Fevereiro	1 611,29	
	Março	2 203,50	
	Abril	1 734,28	
Água	Janeiro	200,00	617,72
	Fevereiro	217,72	
	Março	300 00	
	Abril	200,00	
Seguros	Janeiro	244,50	887,78
	Fevereiro	243,08	
	Março	198,33	
	Abril	201,87	

O montante total obtido para o Custo de posse (C_p) foi 2488,88 €, que agora terá de ser imputado às matérias-primas e ferramentas compradas pela ArgoBaum. A forma encontrada para imputar o custo total de posse aos diferentes produtos foi considerar o seu volume por ser uma forma de uniformizar cada um dos artigos. Para calcular o volume total de cada uma das matérias-primas, obteve-se a massa total de cada família e, posteriormente, dividiu-se pela densidade da matéria prima, obtendo-se, o volume da mesma.

Na Tabela 5.10 estão representados a massa total, de cada uma das matérias-primas, a respetiva massa volúmica (ρ), e o valor calculado para o seu volume.

Tabela 5.10 - Massa e Volume total - Matérias-primas

	Massa Total (kg)	Densidade (kg/m ³)	Volume Total (m ³)
Aço	7869,20	7860	1,00
Alumínio	3514,00	2600	1,35
Aço Inox	990,50	7850	0,13
Polímeros	802,17	1330	0,60
Titânio	79,30	4500	0,02
Latão	1370,00	7900	0,17

Na Tabela 5.11 encontram-se detalhados os volumes totais em m³ de todas as matérias-primas analisadas, com estes calculou-se o volume total encomendado obtendo-se o valor de 3,27 m³. A partir deste valor, calculou-se a % correspondente a cada volume das famílias, de matérias-primas.

Após definida cada uma das %, imputou-se o valor do custo correspondente à % do volume ocupado por cada matéria prima, alcançando-se, assim, o custo de posse para cada matéria prima. De salientar que, este custo é referente apenas a 4 meses de posse, uma vez que os custos analisados são os desse período de tempo. Por fim, multiplicou-se o valor do custo de posse, referente aos 4 meses, por 3, obtendo o custo anual de posse de cada produto.

Tabela 5.11 - Imputação Custos de Posse - Matérias-primas

	Volume Total (m ³)	Volume (%)	Custo de Posse 4 meses (€)	Custo de Posse anual (€)
Aço	1,0012	30,57	760,92	2 282,76
Alumínio	1,3515	41,27	1 027,21	3 081,63
Aço Inox	0,1262	3,85	95,90	287,70
Polímeros	0,6031	18,42	458,40	1 375,21
Titânio	0,0176	0,54	13,39	40,18
Latão	0,1734	5,30	131,80	395,41
Total	3,2747			

5.1.2.2 Custo por Encomenda

Uma vez terminada a estimativa do custo de posse e a sua imputação a cada uma das matérias-primas encomendadas pela ArgoBaum, prosseguiu-se com a estimativa do custo de Encomenda. Adotando uma estratégia idêntica à anterior, começou-se por calcular o custo de encomendas total e, posteriormente, o custo foi imputado a cada produto.

O custo de encomenda representa o somatório de todos os custos relacionados com o processamento da encomenda (verificação de chegada, conformidade, documentação, entre outros) o custo de transporte, o custo de comunicação, relacionados com os métodos de comunicação (telecomunicações) e os custos administrativos, associados à gestão da encomenda, (salários das pessoas responsáveis, softwares, entre outros).

Através da Tabela 5.12, calcularam-se os custos despendidos nas telecomunicações dos 4 primeiros meses do ano de 2023. Consideraram-se, também, os salários das pessoas envolvidas no processo de encomenda, tanto a nível de verificação da encomenda (realizada na fábrica em Elvas), como na execução da mesma (escritórios de Lisboa), e o custo de transporte das encomendas.

Tabela 5.12 - Despesas ArgoBaum – Custo por Encomenda

Despesas - Argo Baum 2023			
	Mês	Valor (€)	Total (€)
Comunicações	Janeiro	406,99	2 031,89
	Fevereiro	413,21	
	Março	794,78	
	Abril	416,91	

Inicialmente, calculou-se o custo de encomenda (C_e), incluindo as telecomunicações e os salários dos trabalhadores, por serem custos imputados consoante o número de encomendas realizadas de cada produto. Sendo adicionado, mais tarde, o custo de transporte (C_t), por este ser diferente para cada um dos produtos.

Considerou-se que ambos os trabalhadores tinham encargos para a empresa na ordem dos 1300€, portanto o custo de encomenda (C_e) obtido foi 3371€ para os 4 meses analisados, que multiplicando por 3, obteve-se 10113 € de custos de encomenda anuais.

Depois de determinado este valor, foi necessário imputá-lo os diferentes produtos. A base de imputação adotada foi a percentagem de encomendas realizadas para cada produto. Na Tabela 5.13 encontra-se detalhado o Número de Encomendas, por produto e a sua %, em relação ao total de Encomendas (% Encomendas Totais).

De salientar que, o valor total de encomendas não é referente, apenas, aos produtos analisados na Tabela 5.13, mas sim de todos os produtos encomendados pela ArgoBaum no intervalo de tempo referido, tanto matérias-primas como ferramentas.

Tabela 5.13 - Encomendas por artigo - -Matérias-primas

	Número de encomendas	% Encomendas Totais
Aço	26	12,09%
Alumínio	28	13,02%
Total	215	

Quando se determinou a respetiva % de encomendas de cada um dos produtos, multiplicou-se este valor pelo custo de encomenda total (C_e), calculado anteriormente, de forma a imputar-se o respetivo custo, Tabela 5.14. Posteriormente, adicionou-se o total dos custos de transporte referentes às encomendas realizadas nos primeiros 4 meses do ano de 2023, para cada um dos produtos, Tabela 5.14.

Tabela 5.14 - Custo por Encomenda - Matérias-primas

	Custo das Encomendas (€)	Custo de Transporte (€)	Custo de Transporte + Custo das Encomendas (€)	C_e (€)
Aço	1 222,97	132,00	1 354,97	52,11
Alumínio	1 317,04	184,12	1 501,16	53,61

Por fim, somou-se o valor do custo de encomenda, anteriormente determinado, com o custo de transporte, obtendo-se o custo das encomendas, para os 4 primeiros meses do ano. Ao dividir-se este valor pelo número de encomendas realizadas, neste período de tempo, obteve-se a estimativa do custo de encomenda, para cada um dos produtos analisados.

5.1.2.3 Custo de Rotura

Como explicado no Capítulo 3.2.3, para a estimativa do custo de rotura optou-se por considerar que, quando existem unidades em falta para satisfazer a procura do cliente, estas unidades deixavam de ser vendidas, não considerando *backorders*, e teriam um custo equivalente ao do produto não vendido.

Por esse motivo, calculou-se a quantidade total adquirida das matérias-primas (kg), (ver Tabela 5.15). Posteriormente, calculou-se o total despendido para adquirir estas quantidades e dividiu-se esse montante pela quantidade total encomendada, obtendo-se o Custo de rotura para todos os artigos analisados.

Tabela 5.15 - Custo de rotura - Matérias-primas

	Quantidade Usada (kg)	Custo (€)	C _d (€)
Aço	7869,2	21 683,90	2,76
Alumínio	3514,1	23 088,70	6,57

5.1.2.4 Lead Time

O *Lead Time* (LT) ou tempo de aprovisionamento, representa o período entre o início de uma atividade, produtiva ou não, e o seu fim. A definição mais convencional para *Lead Time*, na área de *Supply Chain Management* (SCM), é o tempo que medeia entre o pedido do cliente e a chegada do produto. Neste caso em concreto, o LT representa o tempo de espera entre o momento que a ArgoBaum efetua a encomenda, de um determinado material ou ferramenta, e o instante em que ele é entregue na fábrica em Elvas.

O ideal para o cálculo desta variável seria ter dados reais, do momento em que a encomenda foi efetuada e o momento da sua receção. No entanto, a empresa, apenas, possui o momento em que a encomenda foi efetuada, não se conhecendo ao certo o momento em que esta foi entregue pelo fornecedor.

De forma a contornar-se o problema, recorreu-se, à experiência e conhecimento dos funcionários da ArgoBaum e à aplicação de uma distribuição triangular. De seguida, é apresentado como foi obtida a estimativa.

A distribuição triangular é uma distribuição de probabilidade contínua, bastante utilizada quando existe falta de informação sobre a distribuição dos dados. Geralmente, é aplicada quando os dados são limitados por um intervalo conhecido, em que o valor central é o mais provável de ocorrer, decrescendo a probabilidade de ocorrência de uma forma linear até aos valores limite (mínimo e máximo) (*Triangular Distribution - an overview*, 2017).

A função densidade de probabilidade desta distribuição é dividida em dois membros conforme ilustrado na equação (3.13) (*Triangular Distribution - an overview*, 2017).

$$X = \begin{cases} a + \sqrt{\text{RAND}() (b-a)(c-a)}, & \text{se } 0 < \text{RAND}() < F(c) \\ b - \sqrt{(1 - \text{RAND}())(b-a)(b-c)}, & \text{se } F(c) < \text{RAND}() < 1 \end{cases} \quad (5.1)$$

Em que:

- $F(c) = \frac{(c-a)}{(b-a)}$;
- $\text{RAND}()$ corresponde a um número aleatório pertencente ao intervalo]0; 1[;
- a é o valor mínimo, b é o valor máximo e c é o valor mais provável;

Na Figura 5.4 são demonstradas, graficamente, as características da função densidade de probabilidade de uma distribuição triangular (Devore & Berk, 2011).

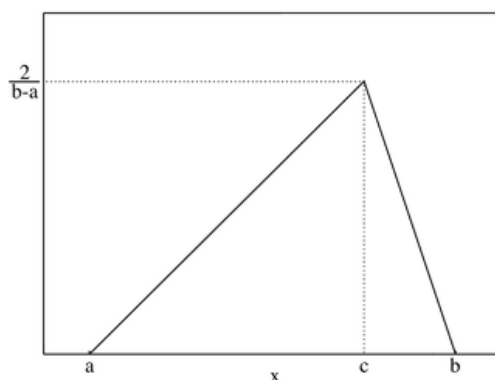


Figura 5.4 - Distribuição Triangular

Através da distribuição triangular, identificou-se qual seria o limite inferior da função (a), menor tempo possível que a encomenda demora a chegar à fábrica, o valor mais provável (c) e o limite superior da função (b), maior tempo possível de chegada da encomenda.

Para cada um dos produtos selecionados anteriormente, foram gerados 50 valores aleatórios que seguissem a distribuição triangular, de acordo com os parâmetros apresentados na Tabela 5.16, obtidos através da experiência dos colaboradores da ArgoBaum para cada uma das matérias-primas.

Tabela 5.16 - Parâmetros distribuição triangular - Matérias-primas

	a	b	c
Aço	5	10	15
Alumínio	3	7	15

Depois dos valores serem gerados, tentou ajustar-se os mesmos a uma distribuição normal, possibilitando a sua aplicação na Heurística de Naddor. Para cada matéria prima obteve-se os resultados da Tabela 5.17.

Tabela 5.17 - Parâmetros distribuição normal - Lead time - Matérias-primas

	μ (dias)	σ (dias)
Aço	10	2
Alumínio	8	2

De salientar que, os dados da tabela são em dias, concluindo-se, assim, que uma encomenda de Aço será à partida aquela que demorará mais tempo a chegar à fábrica.

5.1.3 Gestão de *Stocks*

Nos próximos 3 subcapítulos, os cálculos irão ser exclusivamente efetuados para o Aço, contudo, para o Alumínio, apenas, serão apresentados os resultados finais obtidos para cada uma das variáveis. Para todos os cálculos apresentados, considerou-se um nível de serviço (λ) equivalente a 95%.

5.1.3.1 Revisão Contínua

Na revisão contínua *Order-Quantity* (s , Q), é necessário calcular o ponto de encomenda (s) e a quantidade económica de encomenda (Q). Para o cálculo do ponto de encomenda é necessário ter-se em consideração o *stock* de segurança (Q_{seg}), portanto, começou-se por calculá-lo, para cada um dos artigos em análise.

O Q_{seg} depende diretamente do z_{crit} , valor da função inversa da distribuição normal para o nível de serviço λ . O σ_x representa o desvio padrão da procura durante o ano analisado. O LT (Lead time) corresponde ao tempo de aprovisionamento dos artigos, o σ_{LT} é o desvio padrão do Lead time. O $\bar{x}$ é a média da procura durante o ano analisado.

O valor do z_{crit} para um nível de serviço de 95% é 1,65. Na Tabela 5.18 são apresentados o $\bar{x}$ e o σ_x , para cada um dos artigos. É importante frisar que, ambos os valores foram calculados para uma base temporal mensal e diária.

Tabela 5.18 - Distribuição normal – Procura

	$\bar{x}$ /mês	σ_x	$\bar{x}$ /dia	σ_x
Aço	655,8	685,7	31,2	149,6
Alumínio	292,8	364,7	13,9	79,6
Brocas	11,3	9,0	0,5	2,0
Fresa	12,2	8,7	0,6	1,9
Pastilhas	40,7	33,2	1,9	7,3

Para se transformar os valores da $\bar{x}$ mensal em diária necessitou-se, apenas, de dividir o montante mensal pelo número médio de dias úteis mensais (21). Em relação ao σ_x , dividiu-se o valor do σ_x mensal pela raiz quadrada da média de dias úteis mensais, obtendo-se o σ_x diário.

Na Tabela 5.19 efetuou-se o mesmo procedimento para o LT. Contudo, em vez de se transformar os dados mensais em diários, transformou-se os dados diários em mensais, aplicando-se os mesmos cálculos, que na tabela anterior.

Tabela 5.19 - Distribuição normal - Lead time

	LT (dias)	σ_{LT} (dias)	LT (mês)	σ_{LT} (mês)
Aço	10	2	0,48	0,44
Alumínio	8	2	0,38	0,44
Brocas	5	1	0,24	0,22
Fresa	5	1	0,24	0,22
Pastilhas	5	1	0,24	0,22

Uma vez detalhadas todas as variáveis necessárias para o cálculo do Q_{seg} , obteve-se o seguinte cálculo (5.2) para o Q_{seg} do Aço:

$$Q_{seg} = 1,65 \times \sqrt{685,7^2 \times 0,48 + 0,44^2 \times 655,8^2} = 781 \text{ kg} \quad (5.2)$$

Depois, passou-se para o cálculo do ponto de encomenda (s_0) (5.3):

$$s_0 = 655,8 \times 0,48 + 781 = 1093 \text{ kg} \quad (5.3)$$

Por fim, calculou-se a quantidade económica de encomenda (Q_0) para o Aço. Esta depende diretamente do Custo de Posse (C_p), do custo de encomenda (C_e) e da $\bar{x}$. Contudo, antes de se aplicar a expressão para o cálculo da Q_0 , foi necessário definir o C_p , por kg de produto, para as matérias-primas Tabela 5.20.

Tabela 5.20 - Custo de Posse por kg - Matérias-primas

	C_p anual (€)	C_p anual (€) / kg
Aço	2 282,76	0,29
Alumínio	3 081,63	0,88

Dividiu-se o C_p anual pela totalidade de kg encomendados para ser aplicado em cálculos futuros.

O C_e utilizado para o cálculo da Q_0 (5.4), encontra-se representado na Tabela 5.14.

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 \times 52,11 \times 655,8}{0,29}} = 485,4 \text{ kg} \quad (5.4)$$

Na Tabela 5.21 encontram-se representados os valores do Q_{seg} , s e Q_0 , calculados para cada uma das matérias-primas analisadas.

Tabela 5.21 - Parâmetros revisão contínua - Matérias-primas

	Q_{seg} (kg)	s_0 (kg)	Q_0 (kg)
Aço	780,9	1093,2	485,4
Alumínio	371,6	483,1	189,2

5.1.3.2 Revisão Periódica

Na revisão Periódica *Order-Up-To-Level* (T , S), como é explicado no Capítulo 2.10.2, é necessário calcular-se o tempo ótimo entre revisões de *stock* (T_0), o nível de *stock* máximo (S_0) e o Q_{seg} . Apesar de nenhuma variável depender do seu cálculo, é importante determinar a estimativa do custo total desta estratégia de gestão de *stocks*, para posteriormente, compararem-se as estratégias.

Começou-se por calcular o tempo ótimo entre revisões do *stock* (T_0), aplicando-se a fórmula detalhada no Capítulo 2.10.2. Este parâmetro depende diretamente do C_p , do C_e e da $\bar{x}$. Para o cálculo daquele parâmetro (5.5), utilizaram-se os valores do custo de posse, por kg, presentes na Tabela 5.11 e os custos por encomenda, representados na Tabela 5.14.

$$T_0 = \sqrt{\frac{2 \times 52,11}{0,29 \times 655,8}} = 0,74 \text{ meses} = 16 \text{ dias úteis} \quad (5.5)$$

O valor obtido para o tempo ótimo entre revisões de *stock* para o aço foram 0,74 meses, se multiplicarmos este valor pelo número médio de dias úteis mensais, obtém-se que o *stock* deverá ser revisto de 16 em 16 dias úteis.

De seguida, calculou-se o nível de *stock* máximo (S_0) (5.6), no momento da revisão a empresa deverá encomendar uma quantidade que juntamente com a quantidade existente em *stock* perfaça este valor. Este parâmetro depende diretamente da $\bar{x}$, do LT e do T_0 . Por este motivo, é necessário calcular primeiro o T_0 em vez do S_0 . De salientar que os valores utilizados para o LT e para $\bar{x}$ encontram-se representados na Tabela 5.18 e Tabela 5.19, assim como, os seus respetivos desvios padrão.

$$S_0 = 655,8 \times (0,74 + 0,48) = 797,7 \text{ kg} \quad (5.6)$$

Por fim, calculou-se o Q_{seg} (5.7) referente a este tipo de revisão. A sua forma de cálculo difere da revisão contínua, tendo-se em consideração o T_0 , para além da $\bar{x}$, do σ_x , do LT e do σ_{LT} , aumentando o valor do *stock* mantido cativo em *stock*. Este aumento acontece, porque, este

tipo de revisão acarreta uma maior incerteza, uma vez que o *stock* não é revisto diariamente como na revisão contínua. Geralmente este tipo de revisão é aplicado em produtos com valor reduzido.

$$Q_{\text{seg}} = 1,65 \times \sqrt{685,7^2 \times (0,48 + 0,74) + 0,44^2 \times 655,8^2} = 1334,2 \text{ kg} \quad (5.7)$$

Na Tabela 5.22 são representados os parâmetros necessários para a aplicação desta estratégia de gestão de *stocks*, para os artigos analisados. Assim como, os valores necessários para o cálculo do custo final associado à sua aplicação.

Tabela 5.22 - Parâmetros revisão periódica - Matérias-primas

	Q_{seg} (kg)	S_0 (kg)	T_0 (meses)	T_0 (dias uteis)
Aço	1334,2	797,7	0,74	16
Alumínio	645,2	300,8	0,65	14

5.1.3.3 Heurística de Naddor

Após terminada a classificação dos *stocks* e estimadas as variáveis necessárias para a aplicação da Heurística de Naddor, modelo de gestão de *stocks* selecionado para este caso de estudo, passou-se à aplicação da heurística, com base em cada um dos valores obtidos para os produtos analisados.

Como referido no Capítulo 2.10.3, a heurística de Naddor funciona do seguinte modo: o *stock* é revisto a cada período de tempo T_0 e, caso o nível de *stock* seja inferior ou igual ao ponto de encomenda s , é colocada uma encomenda com o montante necessário para o período, até atingir o *stock* máximo S .

O primeiro passo para a aplicação da heurística, é o cálculo do tempo ótimo de encomenda (T_0) e da quantidade ótima de encomenda (Q_0). Estes dois parâmetros são calculados com vista à minimização dos custos totais. Ou seja, tendo em conta os custos associados e o nível de serviço pretendido, e se não existissem restrições no que diz respeito ao momento de colocação da encomenda e ao Lead Time, qual seria o momento e a quantidade a encomendar, com o menor custo possível. Diz-se que estes valores são provisórios por não se considerarem todas as variáveis à partida.

Para o cálculo destes dois parâmetros foi necessário utilizar os custos de posse (C_p) e os custos de encomenda (C_e) definidos. Também foi necessário calcular a média ($\bar{x}$) e o desvio padrão (σ_x) da procura. Ponderou-se calcular estes parâmetros para a média da procura

mensal e o seu desvio padrão, no entanto, os valores obtidos seriam muito díspares e não fariam sentido neste caso de estudo.

Na eventualidade de haver alguma restrição em relação ao tempo de revisão do nível de *stock*, esta heurística é bastante flexível, uma vez que possibilita a alteração do valor de T_0 consoante as limitações do sistema.

O primeiro passo para a aplicação da heurística é o cálculo do T_0 (5.8), variável que é calculada de uma forma bastante similar à revisão periódica, distinguindo-se, apenas, por considerar-se o nível de serviço (λ) na sua expressão para além das variáveis mencionadas no capítulo da revisão periódica. Para o cálculo do T_0 aplicou-se a fórmula detalhada no Capítulo 2.10.3 da revisão de literatura.

$$T_0 = \sqrt{\frac{2 \times 52,11}{0,29 \times 655,8 \times 0,95}} = 0,76 \text{ meses} = 16 \text{ dias úteis} \quad (5.8)$$

Obteve-se o período ótimo entre revisões, 0,76 meses, que corresponde a 16 dias úteis, entre revisões, valor idêntico ao obtido na revisão periódica. De seguida, passou-se para o cálculo da quantidade ótima de encomenda (Q_0) (5.9), uma vez mais, esta variável foi calculada de uma forma quase idêntica à revisão contínua, apenas, diferenciando-se por considerar o nível de serviço (λ) na sua aplicação. A fórmula para o cálculo da Q_0 encontra-se detalhada na Secção 2.10.4..

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 \times 52,11 \times 655,8}{0,29 \times 0,95}} = 498,0 \text{ kg} \quad (5.9)$$

Ao contrário do T_0 , no cálculo da Q_0 considerar-se o λ tem um aumento significativo no seu valor, aumentando um pouco menos de 13 kg de matéria prima em relação à calculada na revisão contínua. Na Tabela 5.23 encontram-se representados os valores obtidos para o T_0 e a Q_0 das matérias-primas.

Tabela 5.23 - Variáveis auxiliares (T_0 e Q_0) heurística de Naddor - Matérias-primas

	T_0 (meses)	T_0 (dias)	Q_0 (kg)
Aço	0,76	16	498,0
Alumínio	0,66	14	194,1

De seguida, procedeu-se ao cálculo da média ($\bar{y}$) e do desvio padrão (σ_y) da procura, durante o lead time mais o tempo entre revisões, em função das variáveis T_0 e Q_0 , anteriormente calculadas.

Para o cálculo destas variáveis auxiliares foi necessário o cálculo da probabilidade de não existir procura (P_0), para cada matéria prima em análise e consultou-se a Tabela 5.19 que contém cada um dos LT e os seus respetivos σ_{LT} . Na Tabela 5.24 encontram-se representadas as P_0 , para cada um dos artigos analisados.

Tabela 5.24 - Probabilidade de não existir procura - Matérias-primas

	P_0
Aço	8 %
Alumínio	17 %

O cálculo da $\bar{y}$ (5.10) e σ_y (5.11) referente ao T_0 segue a fórmula detalhada na Secção 2.10.4 e é demonstrado de seguida. Inicialmente, considerou-se que a unidade de tempo (w) era igual a 12 meses, porque, em todo o trabalho analisa-se a procura numa base mensal. Contudo, os valores obtidos eram inadequados para a realidade da empresa e para o caso de estudo. Portanto, nesta aplicação da heurística de Naddor, assumiu-se os mesmos pressuposto que o autor Kurtulus (2006), a unidade de tempo (w), que é utilizada no cálculo das variáveis auxiliares, assume os mesmos valores de T_0 .

$$\bar{y} = \bar{y}(T_0) = (0,48 + \frac{0,76}{2}) \times 655,8 = 561,3 \text{ kg} \quad (5.10)$$

$$\sigma_y = \sigma_y(T_0) = \sqrt{(0,48 + \frac{0,76}{3}) \times 685,7^2 + \frac{(0,76 \times 655,8)^2}{12} + \frac{1 - 0,08^{0,76}}{6}} = 603,0 \text{ kg} \quad (5.11)$$

Os valores obtidos para as variáveis auxiliares referentes à T_0 das matérias-primas encontram-se na Tabela 5.25.

Tabela 5.25 - Variáveis auxiliares ($\bar{y}(T_0)$ e $\sigma_y(T_0)$) heurística de Naddor - Matérias-primas

	$\bar{y}(T_0)$ kg	$\sigma_y(T_0)$ kg
Aço	561,3	603,0
Alumínio	208,6	288,4

O passo seguinte foi calcular as mesmas variáveis $\bar{y}$ (5.12) e σ_y (5.13) referentes à Q_0 , para tal consultou-se, uma vez mais, a Secção 2.10.4, que contém as expressões para o cálculo destas variáveis auxiliares.

$$\bar{y} = \bar{y}(Q_0) = (0,48 + \frac{0,76}{2}) \times 655,8 + \frac{498 - 1}{12} = 602,7 \text{ kg} \quad (5.12)$$

$$\sigma_y = \sigma_y(Q_0) = \sqrt{(0,48 + \frac{0,76}{3}) \times 685,7^2 + \frac{(0,76 \times 655,8)^2}{12} + \frac{1 - 0,08^{0,76}}{6} + \frac{498^2 - 1}{12}} = 619,9 \text{ kg} \quad (5.13)$$

Os valores obtidos para as variáveis auxiliares referentes à Q_0 das matérias-primas encontram-se na Tabela 5.26.

Tabela 5.26 - Variáveis auxiliares ($\bar{y}(Q_0)$ e $\sigma_y(Q_0)$) heurística de Naddor - Matérias-primas

	$\bar{y}(Q_0)$ kg	$\sigma_y(Q_0)$ kg
Aço	602,7	619,9
Alumínio	224,7	293,8

Por fim, após obtidas todas as variáveis auxiliares essenciais para o cálculo dos parâmetros da heurística de Naddor (T , s , S), prosseguiu-se com o cálculo do ponto de encomenda (s_0), do nível de *stock* máximo (S_0) e da quantidade mínima de encomenda (Q), que é igual à diferença entre o S_0 e o s_0 .

$$s_0 = 602,7 + 1,65 \times 619,9 - 498 = 1127,5 \text{ kg} \quad (5.14)$$

$$S_0 = 561,3 + 1,65 \times 603,0 = 1556,2 \text{ kg} \quad (5.15)$$

$$Q = 1556,2 - 1127,5 = 428,7 \quad (5.16)$$

Nas Tabela 5.27 são apresentados os parâmetros para a aplicação da heurística de Naddor (T , s , S), para as matérias-primas.

Tabela 5.27 - Parâmetros heurística de Naddor - Matérias-primas

	s_0 (kg)	S_0 (kg)	Q (kg)	T_0 (meses)
Aço	1127,5	1556,2	428,7	0,76
Alumínio	515,4	684,5	169,1	0,66

De salientar que, para esta Heurística não foi necessário calcular o *stock* de segurança, porque, a expressão de cálculo dos pontos de encomenda contém uma parcela que engloba aquele *stock*, ($z_{\text{crit}} \times \sigma_y(Q_0)$)

As variáveis necessárias à aplicação da revisão contínua *Order-Quantity* (s , Q), Q_{seg} , s_0 e Q_0 , foram calculadas neste capítulo e encontram-se definidas na Tabela 5.21 para as matérias-primas

As variáveis necessárias à aplicação da revisão periódica *Order-Up-To-Level* (T , S), T_0 e S_0 , foram calculadas neste capítulo e encontram-se definidas na Tabela 5.22 para cada matéria prima

As variáveis necessárias à aplicação da heurística de Naddor (T , s , S), foram calculadas neste capítulo e encontram-se definidas na Tabela 5.27, para cada matéria prima. Para além destes parâmetros, também, foi calculada a quantidade mínima de encomenda (Q).

5.1.4 Nível de Serviço

Após demonstrado como calcular cada um dos parâmetros para as estratégias de gestão de *stocks* analisadas, optou-se por fazer uma análise à relação entre o aumento do nível de serviço (λ) e o aumento do custo final de cada revisão. Possibilitando à ArgoBaum fazer uma análise ao aumento dos custos e concluir se compensa, ou não, aumentar o nível de serviço da empresa, por este trazer benefícios em termos de satisfação do cliente.

Para tal, calcularam-se novamente as variáveis, anteriormente apresentadas, para três níveis de serviço distintos, 85%, 90% e 99%, não se considerou níveis de serviço inferiores a 85%, porque, a empresa pretende ter uma política de satisfação do cliente, o que implica níveis de serviço altos. O valor da função inversa da distribuição normal para estes valores (z_{crit}) é 1,04, 1,29 e 2,33. Apresentam-se estes valores para permitir, no próximo capítulo, fazer uma estimativa dos seus respetivos custos.

5.1.4.1 Revisão Contínua

Os valores obtidos para a revisão contínua nos 3 níveis de serviço analisados são apresentados na Tabela 5.28, para as matérias-primas. É importante mencionar que a Q_0 não se altera com a diferenciação do λ , por esse motivo não se adicionou às tabelas.

Tabela 5.28 - Parâmetros revisão continua restantes níveis de serviço - Matérias-primas

	85%		90%		99%	
	Q_{seg} (kg)	s_0 (kg)	Q_{seg} (kg)	s_0 (kg)	Q_{seg} (kg)	s_0 (kg)
Aço	492,2	804,5	610,6	922,8	1102,8	1415,1
Alumínio	234,2	345,8	290,5	402,1	524,7	636,3

5.1.4.2 Revisão Periódica

Os valores obtidos para a revisão periódica para os 3 níveis de serviço encontram-se detalhados em baixo, na Tabela 5.29, para as matérias-primas. A única variável que se altera nesta revisão é o Q_{seg} , por isso, é o único parâmetro representado nas tabelas.

Tabela 5.29 - Parâmetros revisão periódica restantes níveis de serviço - Matérias-primas

	Q_{seg} - 85% (kg)	Q_{seg} - 90% (kg)	Q_{seg} - 99% (kg)
Aço	840,9	1043,1	1884,0
Alumínio	406,7	504,5	911,2

5.1.4.3 Heurística de Naddor

Nesta heurística de gestão de *stocks*, existem dois parâmetros que variam consoante o λ , o ponto de encomenda (s_0) e o nível de *stock* máximo (S_0). Na Tabela 5.30 estão representados os valores destes parâmetros para as matérias-primas.

Tabela 5.30 - Parâmetros heurística de Naddor restantes níveis de serviço - Matérias-primas

	85%		90%		99%	
	s_0 (kg)	S_0 (kg)	s_0 (kg)	S_0 (kg)	s_0 (kg)	S_0 (kg)
Aço	749,3	1188,4	904,3	1339,1	1549,0	1966,2
Alumínio	336,2	508,6	409,6	580,7	715,2	880,7

Neste capítulo, foram calculadas todas as variáveis que se alteram consoante a variação do λ para os 3 tipos de revisões, de acordo com os 3 novos valores dos λ considerados. Nas Tabela 5.28 são apresentadas as variáveis calculadas para a revisão contínua, enquanto na Tabela 5.29 apresentam-se as variáveis calculadas para a revisão periódica. Para a heurística de Naddor foi apresentada a Tabela 5.30.

5.1.5 Custos Totais

Para retirarem-se conclusões sobre as várias estratégias de gestão de *stocks*, torna-se fundamental apurar uma estimativa do custo do que cada uma irá representar para a ArgoBaum. Desta forma, nesta secção, irão analisar-se os parâmetros calculados para cada heurística, assumindo-se que os dados recolhidos desde abril de 2022 até abril de 2023 voltariam a repetir-se no ano seguinte.

Começou-se a análise com a construção de uma tabela, para cada nível de serviço e artigo, nas 3 estratégias de gestão de *stocks*. Assim, contruiu-se a Tabela 5.31 para um nível de

serviço 85% e uma revisão contínua da matéria prima Aço, a matéria prima que irá ser utilizada como exemplo, estudando-se o comportamento deste artigo para os dados apresentados. Na Tabela 5.31 é representado a Procura mensal do Aço, o seu *Stock* inicial (*Stock* (i)), final (*Stock* (f)) e a Quantidade Encomendada (Encomenda).

Tabela 5.31 - Exemplo de aplicação revisão contínua - Aço

85%	Jan (kg)	Fev (kg)	Mar (kg)	Abr (kg)	Mai (kg)	Jun (kg)	Jul (kg)	Ago (kg)	Set (kg)	Out (kg)	Nov (kg)	Dez (kg)
Procura Aço	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2
<i>Stock</i> (i)	1289,9	1288,4	1216,4	988,9	938,1	923,5	923,5	970,0	903,4	880,9	1091,7	1234,4
<i>Stock</i> (f)	1288,4	1216,4	-467,3	-1003,5	438,1	923,5	-0,8	903,4	-575,3	120,9	749,0	1187,2
Encomenda	0	0	3xQ ₀	4xQ ₀	1xQ ₀	0	2xQ ₀	0	3xQ ₀	2xQ ₀	1xQ ₀	0

Na revisão contínua o operador realiza uma revisão do nível de *stocks* constante, optando por encomendar matéria prima quando o *Stock* (f) é inferior ao nível de encomenda. Apesar da revisão ser contínua, consideraram-se intervalos de tempo mensais para simplificar a estimativa do custo final. Para além disso, assumiu-se que a ArgoBaum começaria o ano com um *Stock* (i) idêntico à soma do *stock* de segurança com a quantidade ótima de encomenda. No caso do Aço o *Stock* (i), para o nível de serviço de 85%, é igual a 804,5 kg (ponto de encomenda) + 485,4 kg (quantidade ótima de encomenda) = 1289,9 kg

Calculou-se o *Stock* (f) através da subtração da procura mensal do Aço ao *Stock* (i). Quando se optou por encomendar matéria prima foi necessário realizar-se uma análise crítica à quantidade a encomendar, decidindo-se encomendar o valor de matéria prima que permitia alcançar um nível de *Stock* (i) superior ao ponto de encomenda. Este montante era calculado através dos múltiplos da quantidade ótima de encomenda, optando-se por escolher o menor múltiplo que permitia o *Stock* (i) ser superior ao ponto de encomenda.

As restantes tabelas, referentes à revisão contínua dos outros artigos para os 4 níveis de serviço estudados, encontram-se em Anexos A.4.

Para a revisão periódica, realizou-se uma análise semelhante à contínua, tendo em atenção as características desta estratégia. Em primeiro lugar, fez-se uma aproximação do tempo ótimo de revisão, para cada um dos artigos, obtendo-se a seguinte Tabela 5.32.

Tabela 5.32 - Aproximação tempo entre revisões revisão periódica - Matérias-primas

	T ₀ exato (meses)	T ₀ aproximado (meses)
Aço	0,74	1
Alumínio	0,65	1

Considerou-se o valor de T_0 aproximado, para a aplicação desta heurística, revendo o nível de *stock* de acordo com este valor. Para o Aço este valor é 1 mês, portanto, o *stock* terá de ser revisto mensalmente.

Tal como na revisão contínua, considerou-se que a ArgoBaum tinha *Stock* (i) no início do ano. O valor considerado para este *stock* é igual à soma do *stock* de segurança, calculado para cada nível de serviço, e do nível de *Stock* máximo de encomenda.

Na Tabela 5.33 encontra-se representado a revisão periódica do Aço, para um nível de serviço de 85%, o *Stock* (i) é 840,9kg (*stock* de segurança) + 797,7kg (nível de *stock* máximo) que é igual a 1638,6 kg. No final de cada mês deverá ser encomendada a quantidade necessária para perfazer este valor (1638,6 kg). Como neste caso as revisões de *stock* são mensais, a quantidade a encomendar é idêntica à procura mensal.

Tabela 5.33 - Exemplo de aplicação revisão periódica - Aço

85%	Jan (kg)	Fev (kg)	Mar (kg)	Abr (kg)	Mai (kg)	Jun (kg)	Jul (kg)	Ago (kg)	Set (kg)	Out (kg)	Nov (kg)	Dez (kg)
Procura Aço	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2
<i>Stock</i> (i)	1638,6	1638,6	1638,6	1638,6	1638,6	1638,6	1638,6	1638,6	1638,6	1638,6	1638,6	1638,6
<i>Stock</i> (f)	1637,1	1566,6	-45,1	-353,8	1138,6	1638,6	714,3	1572,0	159,9	878,6	1295,9	1591,4
Encomenda	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2

As restantes tabelas, referentes à revisão periódica dos outros artigos para os 4 níveis de serviço estudados, encontram-se em Anexos A.5.

A heurística de Naddor é um modelo híbrido entre a revisão contínua e periódica, Secção 2.10.4 que os *stocks* são revistos em intervalos de tempo definidos pelo tempo ótimo de revisão, no entanto, só será encomendado material se o nível de *stock* for inferior ao ponto de encomenda. Por este motivo, tal como na revisão periódica, começou-se por aproximar o tempo ótimo de revisão à unidade, de forma a facilitar os cálculos, obtendo-se a Tabela 5.34.

Tabela 5.34 - Aproximação tempo entre revisões, heurística de Naddor - Matérias-primas

	T_0 exato (meses)	T_0 aproximado (meses)
Aço	0,76	1
Alumínio	0,66	1

Na aplicação desta heurística, considerou-se que a empresa tinha *stock* (i), no início do ano, idêntico ao nível de *stock* máximo, calculado, anteriormente, para cada nível de serviço. No caso do Aço este valor é 1188,4 kg para um nível de serviço igual a 85%.

Na Tabela 5.35 encontra-se demonstrado a revisão dos *stocks*, de acordo com a heurística de Naddor, para o Aço com um nível de serviço de 85%. De salientar que, como o tempo

ótimo entre revisões para o Aço é 1 mês terá de se fazer uma revisão mensal da procura e, se o *Stock*(f) for inferior ao ponto de encomenda (749,3 kg), deverá efetuar-se uma encomenda que permita repor o nível de *stock*, novamente, para o nível de *stock* máximo (1188,4 kg).

Tabela 5.35 - Exemplo de aplicação heurística de Naddor - Aço

85%	Jan (kg)	Fev (kg)	Mar (kg)	Abr (kg)	Mai (kg)	Jun (kg)	Jul (kg)	Ago (kg)	Set (kg)	Out (kg)	Nov (kg)	Dez (kg)
Procura Aço	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2
<i>Stock</i> (i)	1188,4	1186,8	1114,8	1188,4	1188,4	1188,4	1188,4	1188,4	1121,8	1188,4	1188,4	845,6
<i>Stock</i> (f)	1186,8	1114,8	-568,9	-804,0	688,4	1188,4	264,1	1121,8	-357,0	428,3	845,6	798,4
Encomenda			1757,2	1992,4	500,0		924,3		1545,3	760,0		

As restantes tabelas referentes à heurística de Naddor, para os outros artigos e para os 4 níveis de serviço estudados, encontram-se nos Anexos A.6.

Para o cálculo dos custos finais é necessário saber o Custo por encomenda, o Custo de posse por kg, e o custo de rotura. Estes custos foram anteriormente estimados, para cada artigo, Capítulos 5.1.2.1 - 5.1.2.3. Para além daqueles custos, também, é necessário conhecer o número de encomendas efetuadas (N), a quantidade média em *stock* (Q) e a quantidade de unidades em falta (q_f), para se aplicar a expressão do custo total e apurar o custo de cada família de artigos. Estas três variáveis foram estimadas através das tabelas construídas neste capítulo.

Na Tabela 5.36 encontra-se representado o cálculo do número de encomendas efetuadas (N), a quantidade média em *stock* (Q) e a quantidade de unidades em falta (q_f) para o Aço, na revisão contínua e com um nível serviço de 85%, dados Tabela 5.21.

Tabela 5.36 - Exemplo cálculo (N, Q e q_f) – Aço Revisão Contínua

85%	Jan	fev	Mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Procura Aço	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2
<i>Stock</i> (i)	1289,9	1288,4	1216,4	988,9	938,1	923,5	923,5	970,0	903,4	880,9	1091,7	1234,4
<i>Stock</i> (f)	1288,4	1216,4	-467,3	-1003,5	438,1	923,5	-0,8	903,4	-575,3	120,9	749,0	1187,2
Encomenda	0	0	$3 \times Q_0$	$4 \times Q_0$	$1 \times Q_0$	0	$2 \times Q_0$	0	$3 \times Q_0$	$2 \times Q_0$	$1 \times Q_0$	0
Q	1289,1	1252,4	608,2	494,4	688,1	923,5	461,8	936,7	451,7	500,9	920,3	1210,8
N	7											
q_f	-2046,9											

Para o cálculo do N contou-se, apenas, o número de meses em que tinham sido efetuadas encomendas. Em relação ao q_f , somou-se o valor dos meses em que o *Stock* (f) é negativo. Por fim, a variável Q foi obtida através da média do *Stock* (i) e do *Stock* (f), sendo importante frisar que, quando o *Stock* (f) é negativo, o valor considerado para esta é 0.

De seguida, calculou-se o custo de posse mensal. Para tal, bastou dividir o valor obtido para o custo anual, Tabela 5.20 por 12 meses. Na Tabela 5.37 encontram-se detalhados os valores destes custos, para as matérias-primas. Foi necessário calcular estes custos para, posteriormente, no cálculo do custo final, multiplicar os valores pela quantidade média do *stock* mensal, de forma a obter uma estimativa para o custo de posse mensal.

Tabela 5.37 - Custo de posse mensal - Matérias-primas

	C_p (anual) / kg	C_p (mensal) / kg
Aço	0,29 €	0,02 €
Alumínio	0,88 €	0,07 €

Para além do C_p (mensal) / kg, utilizou-se também o C_e calculado no Capítulo 5.1.2.2, de forma a estimar-se o montante gasto na realização das encomendas, necessárias para satisfazer a procura do cliente, em cada uma das estratégias de gestão de *stocks*.

Por fim, recorreu-se, também, à estimativa realizada para o C_d , do Capítulo 5.1.2.3, para, multiplicar pela quantidade de unidades em falta (q_f) e obter uma estimativa do custo gasto com as unidades não vendidas, por não existir *stock* no momento da procura do cliente.

Na fórmula de cálculo (5.17) encontra-se representado o custo total para a revisão contínua do Aço com um nível de serviço de 85%. Aplicou-se a equação (2.18) definida na Secção 2.11 para o cálculo daquele custo.

$$C_t = 52,11 \times 7 + 0,02 \times (\sum Q) + 2,76 \times 2046,9 = 7167,41 \quad (5.17)$$

O valor calculado encontra-se representado na Tabela 5.38 linha Aço, coluna Contínua, subcoluna 85%. Os restantes valores calculados também se encontram representados na tabela dos custos totais.

Tabela 5.38 - Custos totais métodos de gestão de *stocks* - Matérias-primas

	Contínua				Periódica				Naddor			
	85%	90%	95%	99%	85%	90%	95%	99%	85%	90%	95%	99%
Aço	7167,41	5290,16	3924,87	625,60	2109,38	1483,75	1148,52	1307,97	5338,10	4130,21	2420,86	848,55
Alumínio	8485,37	7418,99	5883,41	3174,84	4704,74	3211,68	1800,14	1581,01	8419,99	7051,59	5081,11	2215,98

5.2 Ferramentas

5.2.1 Classificação de *Stocks*

5.2.1.1 Análise ABC

Tal como para as matérias-primas, elaborou-se a Tabela 5.39, onde são representados os valores do Custo €, Custo %, Custo Cumulativo e Classe para cada um dos tipos de ferramentas do passado ano. Como foram analisadas, apenas, 7 classes de ferramentas optou-se, uma vez mais, por considerar-se, apenas, 2 classes na análise ABC, a classe A corresponde às ferramentas com um maior valor e a classe B, para as ferramentas com um valor intermédio ou reduzido.

Tabela 5.39 - Análise ABC - Ferramentas

Ferramenta	Custo (€)	Custo (%)	Custo Cumulativo (%)	Classe
Fresas	5969,88	26	26	A
Pastilhas	4696,03	21	47	A
Brocas	3678,88	16	63	A
Outros	2626,61	12	75	B
Pinças Elásticas	2464,79	11	85	B
Machos	2110,22	9	95	B
Fitas Serra	1203,33	5	100	B

Custo Total (€)	82348,106
-----------------	-----------

A classe A é composta pela família das Fresas, Pastilhas e Brocas, perfazendo 63% do Custo Total. O tipo de ferramenta com maior volume de compras é a Fresa, com 26% do total, seguida das Pastilhas e das Brocas, com valores substancialmente menores 21% e 16%, respetivamente. A classe B engloba os grupos dos Outros, das Pinças Elásticas, dos Machos e das Fita Serras, esta classe tem um custo cumulativo de 37% do custo total.

Para melhor compreensão e análise destes dados, elaborou-se a Figura 5.5, que demonstra o custo % e custo cumulativo % de cada tipo de ferramenta.

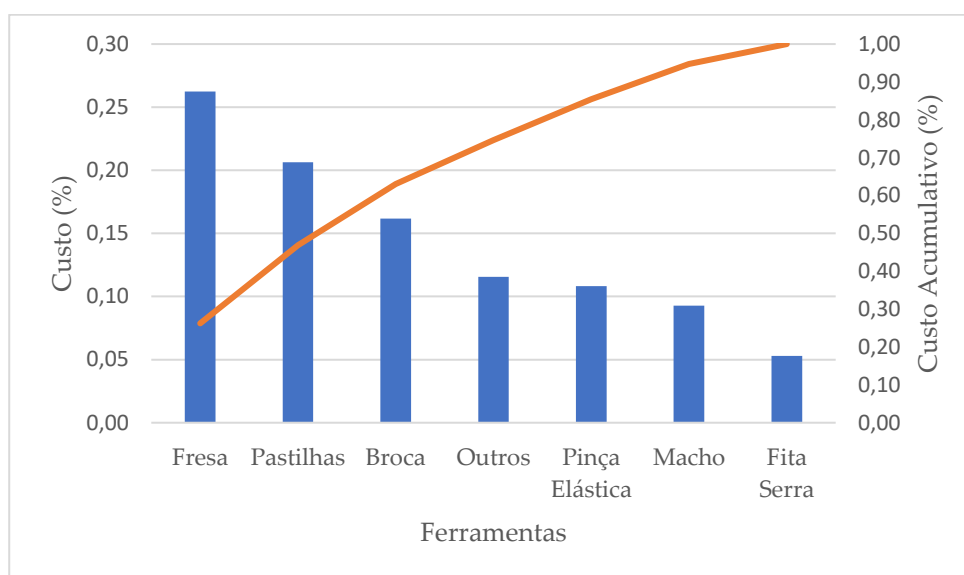


Figura 5.5 - Análise ABC - Ferramentas

Tal como nas matérias-primas, concluiu-se que a curva não obedece ao teorema de Pareto, uma vez que, 63% do volume de compras corresponde a 73% dos produtos encomendados.

Na Figura 5.5 a diferença entre os grupos pertencentes à classe A e os que pertencem à classe B é reduzida. Sendo aconselhável, para além deste método, analisar as ferramentas de acordo com outras metodologias.

5.2.1.2 Análise XYZ

Tal como para as matérias-primas, executou-se o cálculo do coeficiente de variação através das equações (3.1-3.3)

Na Tabela 5.40, são apresentados os resultados obtidos para a família das brocas. De salientar que, a procura das ferramentas é em unidades, ao contrário das matérias-primas que é em kg. Mas as variáveis auxiliares são calculadas da mesma forma.

O resultado obtido para o CV nas brocas foi 0,80, um valor que se encontra no grupo Y, de variância média.

Para se comprovar os resultados obtidos construiu-se a Figura 5.6, em que são apresentados os dados da procura da família das brocas, para cada mês. Ao contrário do Aço, as Brocas têm procura todos os meses, daí o resultado obtido para o CV ser substancialmente inferior.

Tabela 5.40 - Análise XYZ - Brocas

	Procura (unidades)	$\Sigma \sigma$	σ (unidades)	CV	XYZ
Janeiro	2	7,13	9	0,80	Y
Fevereiro	1	8,75			
Março	10	0,13			
Abril	8	0,88			
Maio	30	29,29			
Junho	22	9,63			
Julho	16	1,88			
Agosto	7	1,50			
Setembro	6	2,29			
Outubro	7	1,50			
Novembro	23	11,50			
Dezembro	3	5,67			

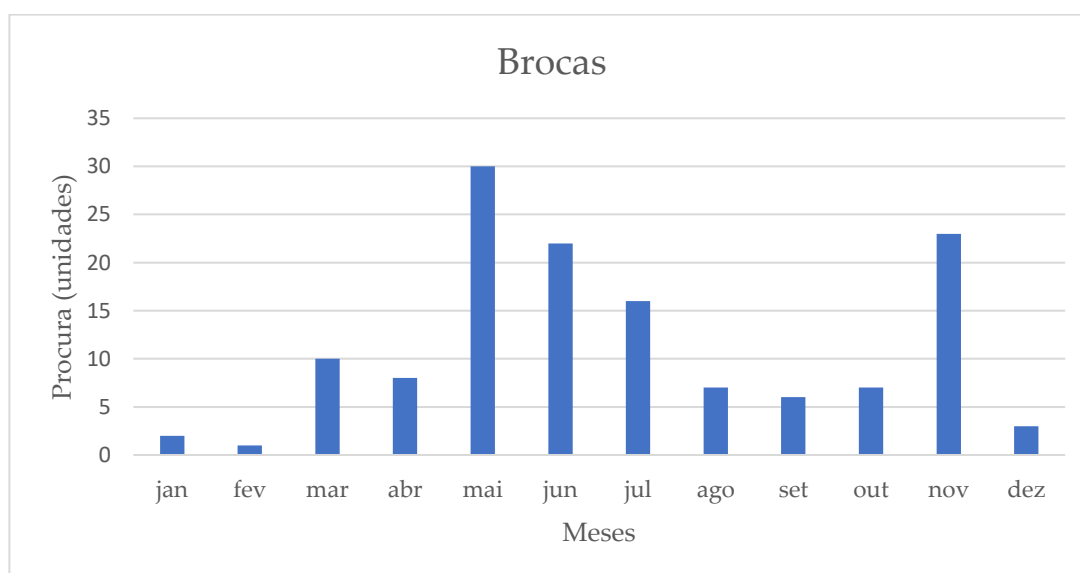


Figura 5.6 - Procura mensal – Brocas

As tabelas de resultados de todas as ferramentas, exceto a família dos Outros, encontram-se detalhadas no anexo A.3, assim como os respectivos gráficos. Não se efetuaram os cálculos do coeficiente de variação para a família dos Outros, por esta ser composta por vários tipos de ferramentas, com procuras muito reduzidas, como foi especificado no Capítulo 4.5.

Na Tabela 5.41 é apresentada cada uma das classes para as famílias das ferramentas. Pode constatar-se que, de modo geral, as ferramentas têm uma procura mais constante que as matérias-primas. Uma das possíveis razões é a utilização das ferramentas em todas as encomendas do cliente, enquanto que, cada encomenda tem, apenas, uma matéria prima específica.

Tabela 5.41 - Classes análise XYZ - Ferramentas

Ferramenta	XYZ
Fresa	Y
Pastilhas	Y
Broca	Y
Outros	
Pinça Elástica	Z
Macho	Y
Fita Serra	Y

5.2.1.3 Análise FSN

Prosseguiu-se para a análise da taxa de rotação das ferramentas. Calcularam-se as Quantidades Usadas para cada uma e a Quantidade Total encomendada, da mesma forma que nas matérias-primas, elaborou-se a Tabela 5.42, calculando a Quantidade % e a Quantidade Cumulativa %, para cada uma das Ferramentas. Consideram-se, apenas, duas classes nesta análise, a classe F e S, detalhadas anteriormente (ver Capítulo 5.1.1.3), por ser analisado o comportamento de, apenas, 7 grupos de ferramentas.

Tabela 5.42 - Análise FSN - Ferramentas

Ferramentas	Quantidade Usada (unidades)	Quantidade %	Quantidade Cumulativa %	Classe
Pastilhas	488	46%	46%	F
Fresas	146	14%	60%	F
Brocas	135	13%	73%	F
Outros	101	10%	83%	S
Machos	79	7%	90%	S
Pinças Elástica	62	6%	96%	S
Fitas Serra	48	4%	100%	S

Quantidade Total (kg)	1059
-----------------------	------

A classe F é composta por 3 tipos de ferramentas, as Pastilhas, com 46% do total encomendado, as Fresas, com 14% e as Brocas, com 13%. As restantes ferramentas pertencem à classe S, com Quantidades % iguais ou inferiores a 10%.

Com os dados calculados na Tabela 5.42 elaborou-se a Figura 5.7.

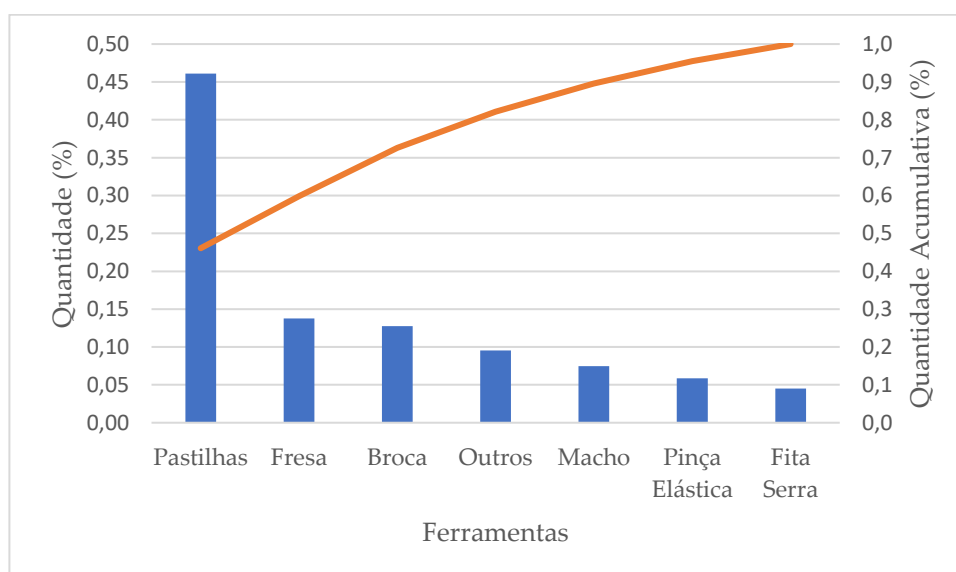


Figura 5.7 - Análise FSN – Ferramentas

Uma vez mais, as ferramentas têm um comportamento ligeiramente diferente das matérias-primas, através da Figura 5.7, constata-se que as Pastilhas representam um valor de Quantidade % bastante superior às das restantes ferramentas, à semelhança do que acontece com o Aço. No entanto, as restantes ferramentas não têm valores muito díspares, ao contrário das matérias-primas. Evidenciando-se a taxa de rotação elevada das Pastilhas, em relação às restantes ferramentas, querendo isto dizer que, o tipo de ferramenta que é mais vezes encomendado são as Pastilhas.

5.2.1.4 Análise ABC/XYZ

Na análise comparativa ABC/XYZ, inicialmente construiu-se a Tabela 5.43, concluindo-se que os 3 tipos de ferramentas que deveriam adotar uma estratégia de gestão de *stocks* própria, são as Fresas, as Pastilhas e as Brocas. Estas têm um valor elevado (A) e uma variância com algumas oscilações ao longo do tempo, mas, ainda assim, são relativamente constantes (Y).

Uma vez mais é importante relembrar que, o tipo de ferramentas “Outros” não tem nenhum valor correspondente na Tabela 5.43, por ser constituído por ferramentas de variadas famílias, não fazendo sentido, neste contexto, avaliar-se o grupo.

Tabela 5.43 - Classes análise ABC/XYZ - Ferramentas

Ferramenta	ABC/XYZ
Fresas	AY
Pastilhas	AY

Ferramenta	ABC/XYZ
Brocas	AY
Outros	
Pinças Elástica	BZ
Machos	BY
Fitas Serra	BY

5.2.1.5 Análise FSN/XYZ

Por fim, elaborou-se a Tabela 5.44, para analisar-se a relação entre a taxa de rotação e a previsibilidade/variância (FSN/XYZ) das ferramentas.

De novo, verificou-se que os produtos com uma taxa de rotação dos *stocks* elevada (F), Fresas, Pastilhas e Brocas tinham, também, uma previsibilidade/variância da procura relativamente constante (Y).

Tabela 5.44 - Classes análise FSN/XYZ - Ferramentas

Ferramenta	FSN/XYZ
Fresas	FY
Pastilhas	FY
Brocas	FY
Outros	
Pinças Elástica	SZ
Machos	SY
Fitas Serra	SY

Neste capítulo concluiu-se que as ferramentas que deveriam ter uma técnica de revisões de *stocks* definida são as Fresas, Pastilhas e Brocas, as restantes devem continuar a obedecer à política inicialmente adotada pela empresa, somente são encomendadas quando necessárias.

5.2.2 Custos e *Lead time*

Tal como foi efetuado para as matérias-primas, ao longo destes subcapítulos vão ser estimados os C_p , C_e , C_d e o LT para cada um dos tipos de ferramentas. Em cada um dos subcapítulos o método adotado é idêntico ao utilizado para as matérias-primas, contudo pode haver algumas diferenças devido as características das ferramentas.

5.2.2.1 Custo de Posse

Como mencionado anteriormente, o custo total estimado para a posse de artigos durante 4 meses no armazém da ArgoBaum foi de 2488,88€. E, uma vez mais, a forma encontrada para imputar este custo às ferramentas foi através da % do volume associado a cada ferramenta e o volume total de produtos encomendados.

Na Tabela 5.45 encontram-se detalhados o volume médio para uma ferramenta de cada tipo, o número de unidades encomendadas e o volume total de cada uma das famílias de ferramentas.

Assumiu-se que as Brocas correspondiam a um cilindro com 1 cm de diâmetro e 15 cm de altura. Para as Fresas assumiu-se que tinham a mesma forma e os mesmos valores médios. Para as Pastilhas considerou-se que teriam a forma de um prisma triangular com uma base de 2cm, altura da base 2cm e altura do prisma 1cm.

Após o cálculo dos volumes construiu-se a Tabela 5.45, com os valores anteriormente descritos.

Tabela 5.45 - Volume total - Ferramentas

	Volume (cm ³)	Unidades Encomendadas	Volume Total (cm ³)
Broca	2,4	135	324,0
Fresa	2,4	146	350,4
Pastilhas	2,0	488	976,0

Depois de calculados todos os volumes, utilizou-se o volume total das encomendas 3,2747 m³, calculado no caso de estudo anterior, e através do volume de cada família de ferramentas, Tabela 5.45, obteve-se a % do volume total para cada uma das ferramentas. Na Tabela 5.46. multiplicou-se esta percentagem pelo C_p total, estimando-se o C_p anual associado a cada família de ferramentas.

Tabela 5.46 - Imputação Custos de Posse - Ferramentas

	Volume Total (m ³)	Volume (%)	Custo de Posse 4 meses (€)	Custo de Posse anual (€)
Brocas	0,0003	0,01	0,24	0,73
Fresas	0,0003	0,01	0,26	0,78
Pastilhas	0,0010	0,03	0,74	2,23
Total	3,2747			

5.2.2.2 Custo por Encomenda

De seguida passou-se para a estimativa do C_e de cada uma das ferramentas. Adotou-se o mesmo método utilizado nas matérias-primas. Inicialmente foi calculado o valor total gasto pela empresa em comunicações e, depois, somou-se os encargos despendidos pela empresa com os funcionários. Obteve-se um valor de 10113€ de custos fixos referentes ao custo de encomendas anual.

Após determinado esse valor, imputou-se o mesmo aos vários tipos de ferramentas, seguindo o critério adotado para as matérias-primas. Na Tabela 5.47 estão esquematizadas o número de encomendas, para cada tipo de ferramentas, e a respetiva percentagem referente ao total de encomendas efetuadas.

Tabela 5.47 - Encomendas por artigo - Ferramentas

	Número de encomendas	% Encomendas Totais
Brocas	25	11,63%
Fresas	31	14,42%
Pastilhas	20	9,30%
Total	215	

Depois de determinada a percentagem, multiplicou-se esta pelo valor do custo das encomendas anual, obtendo-se o custo das encomendas por família, Tabela 5.48. Por fim, adicionou-se o custo de transporte das encomendas de cada família, ao dividir-se este valor pelo número de encomendas efetuadas por tipo de ferramenta obteve-se o C_e de cada ferramenta, Tabela 5.48.

Tabela 5.48 - Custo por Encomenda - Ferramentas

	Custo das Encomendas (€)	Custo de Transporte (€)	Custo de Transporte + Custo das Encomendas (€)	C_e (€)
Brocas	1 175,93	73,67	1 249,60	49,98
Fresas	1 458,16	43,12	1 501,28	48,43
Pastilhas	940,75	0,00	940,75	47,04

5.2.2.3 Custo de Rotura

Para o cálculo do custo de rotura fez-se as mesmas considerações que no caso de estudo anterior, não considerando *backorders*, e assumindo o custo de rotura idêntico ao dos produtos não vendidos.

Calculou-se o número de unidades adquiridas das ferramentas, (ver Tabela 5.49). Posteriormente, apurou-se o valor total despendido para as adquirir e dividiu-se o montante pela quantidade total adquirida, obtendo-se o C_d para as ferramentas analisadas.

Tabela 5.49 - Custo de rotura - Ferramentas

	Quantidade Usada (unidades)	Custo (€)	C_d (€)
Brocas	135	3 678,88	27,25
Fresas	146	5 969,88	40,89
Pastilhas	488	4 696,03	9,62

5.2.2.4 Lead Time

Toda a teoria aplicada neste subcapítulo é idêntica à apresentada no Capítulo 5.1.2.4. Para cada ferramenta foram gerados 50 valores aleatórios que seguissem a distribuição triangular, de acordo com os parâmetros apresentados na Tabela 5.50, obtidos através da experiência dos colaboradores da ArgoBaum.

Tabela 5.50 - Parâmetros distribuição triangular - Ferramentas

	a	b	c
Broca	2	4	10
Fresa	2	4	10
Pastilhas	2	4	10

Ajustaram-se os valores estimados na Tabela 5.50 a uma distribuição normal. Para cada ferramenta obteve-se os resultados da Tabela 5.51.

Tabela 5.51 - Parâmetros distribuição normal - *Lead time* - Ferramentas

	μ (dias)	σ (dias)
Brocas	5	1
Fresas	5	1
Pastilhas	5	1

5.2.3 Gestão de *Stocks*

Nos próximos 3 subcapítulos, irão ser apresentados, apenas, os resultados obtidos para as ferramentas uma vez que a maioria dos cálculos são idênticos ao caso de estudo das matérias-primas. Para os resultados apresentados, continuou-se a considerar um nível de serviço (λ) equivalente a 95%.

5.2.3.1 Revisão Contínua

Na Tabela 5.52 são apresentados o $\bar{x}$ e o σ_x , para cada uma das ferramentas. A base temporal usada continua a ser mensal e diária, conforme identificado na Tabela 5.52.

Tabela 5.52 - Distribuição normal - Procura - Ferramentas

	$\bar{x}$ (mês)	σ_x (mês)	$\bar{x}$ (dia)	σ_x (dia)
Brocas	11,3	9,0	0,5	2,0
Fresa	12,2	8,7	0,6	1,9
Pastilhas	40,7	33,2	1,9	7,3

Na Tabela 5.53 aplicou-se procedimento idêntico para o cálculo do LT.

Tabela 5.53 - Distribuição normal - Lead time - Ferramentas

	LT (dias)	σ_{LT} (dias)	LT (mês)	σ_{LT} (mês)
Brocas	5	1	0,24	0,22
Fresa	5	1	0,24	0,22
Pastilhas	5	1	0,24	0,22

Uma vez detalhadas todas as variáveis necessárias para o cálculo do Q_{seg} e do s_0 , procedeu-se aos seus cálculos para cada tipo de ferramenta, Tabela 4.54.

No cálculo anual do C_p das ferramentas, não se dividiu o montante obtido pelo seu peso, ao contrário das matérias-primas, por duas razões distintas. A primeira tem a haver com o facto de as ferramentas serem objetos utilizados no fabrico das encomendas, não fazendo sentido considerar-se o seu peso, mas sim, o número de unidades encomendadas. A segunda razão está relacionada com o valor reduzido que se obteve para o custo de posse anual destes artigos. Se se optasse por dividir este valor pelo número de unidades encomendas anualmente obtinham-se valores muito reduzidos, que não se enquadravam com a realidade.

Pelos motivos anteriormente descritos, considerou-se que o custo de posse anual por unidade para as ferramentas é igual ao custo de posse anual, Tabela 4.54.

Após todas as variáveis estarem definidas para o cálculo da Q_0 procedeu-se à sua determinação, para cada ferramenta, Tabela 5.55, obtendo os três parâmetros necessários à aplicação da revisão contínua.

Tabela 5.54 - Custo de Posse por unidade - Ferramentas

	C_p anual (€)	C_p anual (€) / unidade
Brocas	0,73	0,73
Fresas	0,78	0,78
Pastilhas	2,23	2,23

Tabela 5.55 - Parâmetros revisão contínua - Ferramentas

	Q_{seg} (unidades)	s_0 (unidades)	Q_0 (unidades)
Brocas	7	10	39
Fresas	7	10	39
Pastilhas	27	37	41

5.2.3.2 Revisão Periódica

Da mesma forma que foi aplicado no Capítulo 5.1.3.2, para este caso de estudo começou-se por calcular o T_0 , de cada ferramenta analisada, passou-se para o cálculo do S_0 e finalizou-se com o cálculo do Q_{seg} , que deve ser mantido em *stock*.

Na Tabela 5.56 é apresentado o valor calculado, para cada uma destas variáveis, nas três famílias de ferramentas analisadas.

Tabela 5.56 - Parâmetros revisão periódica - Ferramentas

	Q_{seg} (unidades)	S_0 (unidades)	T_0 (meses)	T_0 (dias uteis)
Brocas	29	42	3,49	73
Fresas	27	42	3,19	67
Pastilhas	63	51	1,02	21

5.2.3.3 Heurística de Naddor

Tal como nos últimos dois subcapítulos a generalidade dos cálculos efetuados são idênticos ao caso de estudo das matérias-primas, por isso, irão ser apresentados, apenas, os resultados obtidos para as ferramentas. As expressões dos cálculos foram detalhadas no Capítulo 2.11 e os cálculos foram explicados no Capítulo 5.1.3.3.

Começou-se por calcular o T_0 e a Q_0 para cada uma das ferramentas, variáveis que são necessárias para o cálculo do $\bar{y}(T_0)$, $\sigma_y(T_0)$, $\bar{y}(Q_0)$ e $\sigma_y(Q_0)$. Na Tabela 5.57 encontra-se detalhado o valor destas variáveis para cada ferramenta.

Tabela 5.57 - Variáveis auxiliares (T_0 e Q_0) heurística de Naddor - Ferramentas

	T_0 (meses)	T_0 (dias)	Q_0 (unidades)
Brocas	3,58	75	40
Fresas	3,28	69	40
Pastilhas	1,04	22	42

Para além do T_0 e da Q_0 , é necessário saber o valor da P_0 para cada uma das ferramentas, de forma a poder-se calcular as seguintes variáveis $\bar{y}(T_0)$, $\sigma_y(T_0)$, $\bar{y}(Q_0)$ e $\sigma_y(Q_0)$. Na Tabela 5.58 encontram-se detalhados estes valores.

Tabela 5.58 - Probabilidade de não existir procura - Ferramentas

	P_0
Brocas	0,00
Fresas	0,00
Pastilhas	0,08

Após todas as variáveis estarem definidas, procedeu-se ao cálculo das variáveis $\bar{y}(T_0)$ e $\sigma_y(T_0)$ detalhadas na Tabela 5.59e, de seguida, ao cálculo das variáveis $\bar{y}(Q_0)$ e $\sigma_y(Q_0)$ Tabela 5.60.

Tabela 5.59 - Variáveis auxiliares ($\bar{y}(T_0)$ e $\sigma_y(T_0)$) heurística de Naddor - Ferramentas

	$\bar{y}(T_0)$ unidades	$\sigma_y(T_0)$ unidades
Brocas	23	16
Fresas	23	15
Pastilhas	31	28

Tabela 5.60 - Variáveis auxiliares ($\bar{y}(Q_0)$ e $\sigma_y(Q_0)$) heurística de Naddor - Ferramentas

	$\bar{y}(Q_0)$ unidades	$\sigma_y(Q_0)$ unidades
Brocas	26	20
Fresas	26	19
Pastilhas	34	31

Por fim, após todas as variáveis auxiliares estarem definidas, prosseguiu-se com o cálculo do ponto de encomenda (s_0), do nível de stock máximo (S_0) e da quantidade mínima de encomenda (Q). Os resultados obtidos estão representados na Tabela 4.61.

Tabela 5.61 - Parâmetros heurística de Naddor - Ferramentas

	s_0 (unidades)	S_0 (unidades)	Q (unidades)	T_0 (meses)
Brocas	18	49	31	3,58
Fresas	18	48	30	3,28
Pastilhas	43	78	35	1,04

As variáveis necessárias à aplicação da revisão contínua *Order-Quantity* (s , Q), Q_{seg} , s_0 e Q_0 , foram calculadas neste capítulo e encontram-se definidas na Tabela 5.55

As variáveis necessárias à aplicação da revisão periódica *Order-Up-To-Level* (T , S), T_0 e S_0 , foram calculadas neste capítulo e encontram-se definidas na Tabela 5.56

As variáveis necessárias à aplicação da heurística de Naddor (T , s , S), foram calculadas neste capítulo e encontram-se definidas na Tabela 5.61.

5.2.4 Nível de Serviço

Tal como anteriormente, optou-se por fazer um estudo à alteração do custo da revisão, com diferentes níveis de serviço. Considerou-se 3 níveis de serviço, 85%, 90% e 99%, para além do 95% inicialmente aplicado.

5.2.4.1 Revisão Contínua

Os valores obtidos para a revisão contínua nos 3 níveis de serviço analisados são apresentados na Tabela 5.62.

Tabela 5.62 - Parâmetros revisão contínua restantes níveis de serviço - Ferramentas

	85%		90%		99%	
	Q_{seg} (unidades)	s_0 (unidades)	Q_{seg} (unidades)	s_0 (unidades)	Q_{seg} (unidades)	s_0 (unidades)
Brocas	5	7	6	8	10	13
Fresas	4	7	6	8	10	13
Pastilhas	17	27	21	31	38	48

5.2.4.2 Revisão Periódica

Os valores obtidos para a revisão periódica para os 3 níveis de serviço encontram-se detalhados em baixo, na Tabela 5.63.

Tabela 5.63 - Parâmetros revisão periódica restantes níveis de serviço - Ferramentas

	Q _{seg} - 85% (unidades)	Q _{seg} - 90% (unidades)	Q _{seg} - 99% (unidades)
Brocas	18	23	41
Fresas	17	21	38
Pastilhas	40	49	89

5.2.4.3 Heurística de Naddor

Na Tabela 5.64 estão representados os valores dos parâmetros para as ferramentas analisadas.

Tabela 5.64 - Parâmetros heurística de Naddor restantes níveis de serviço - Ferramentas

	85%		90%		99%	
	s ₀ (unidades)	S ₀ (unidades)	s ₀ (unidades)	S ₀ (unidades)	s ₀ (unidades)	S ₀ (unidades)
Brocas	6	39	11	43	32	60
Fresas	6	39	11	43	31	58
Pastilhas	24	60	32	67	64	97

Neste capítulo, foram calculadas todas as variáveis que se alteram consoante a variação do λ , para os 3 tipos de revisões, considerando 3 λ adicionais. Na Tabela 5.62 são apresentadas as variáveis calculadas para a revisão contínua, enquanto na Tabela 5.63 é apresentado as variáveis calculadas para a revisão periódica, e na Tabela 5.64 para a heurística de Naddor.

5.2.5 Custos Totais

Tal como no caso de estudo das matérias-primas, neste caso de estudo é fundamental estimar o custo associado a cada heurística de revisão de *stocks* para os diferentes níveis de serviço, de forma a comparar resultados e retirarem-se conclusões. Para o cálculo, assumiu-se que os dados da procura recolhidos desde abril de 2022 até abril de 2023 se iriam repetir no ano seguinte, é necessário este pressuposto para se calcular o *Stock* inicial (*Stock* (i)), final (*Stock* (f)) e a Quantidade Encomendada (Encomenda), através da comparação dos parâmetros calculados com a procura do passado ano.

De salientar, que neste subcapítulo não se irá aprofundar os cálculos, por estes serem semelhantes ao caso de estudo anterior.

Escolheram-se as Brocas como ferramenta exemplo, para a qual irão ser estimados cada um dos parâmetros, anteriormente mencionados, para cada revisão e para um nível de serviço

de 85%. Na Tabela 5.65 são representados os dados estimados para as Brocas na revisão contínua.

Tabela 5.65 - Exemplo de aplicação revisão contínua - Brocas

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	46,5	44,5	43,5	33,5	25,5	34,8	12,8	36,0	29,0	23,0	16,0	32,3
Stock (f)	44,5	43,5	33,5	25,5	-4,5	12,8	-3,2	29,0	23,0	16,0	-7,0	29,3
Encomenda	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0

As restantes tabelas, referentes à revisão contínua dos outros artigos para os 4 níveis de serviço estudados, encontram-se nos Anexos A.4.

Para a revisão periódica, foi necessário fazer-se uma aproximação do T_0 para números inteiros de forma a facilitar os cálculos posteriores. Na Tabela 5.66 encontram-se detalhados esses tempos para cada ferramenta.

Tabela 5.66 - Aproximação tempo entre revisões revisão periódica - Ferramentas

	T_0 exato (meses)	T_0 aproximado (meses)
Brocas	3,49	3
Fresas	3,19	3
Pastilhas	1,02	1

Após os T_0 estarem definidos, elaboram-se as tabelas de aplicação da revisão periódica para cada uma das ferramentas. A Tabela 5.67 é o exemplo referente às Brocas.

Tabela 5.67 - Exemplo de aplicação revisão periódica - Brocas

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	60,1	58,1	57,1	60,1	52,1	22,1	60,0	44,0	37,0	60,0	53,0	30,0
Stock (f)	58,1	57,1	47,1	52,1	22,1	0,1	44,0	37,0	31,0	53,0	30,0	27,0
Encomenda			13,0			60,0			29,0			33,0

As restantes tabelas, referentes à revisão periódica dos outros artigos para os 4 níveis de serviço estudados, encontram-se nos Anexos A.5.

De seguida, realizou-se o mesmo estudo para a heurística de Naddor, uma vez mais foi necessário realizar uma aproximação dos T_0 , para valores inteiros de forma a facilitar a análise da Tabela 5.69. Na Tabela 5.68 estão os valores utilizados para o T_0 para cada ferramenta.

Tabela 5.68 - Aproximação tempo entre revisões, heurística de Naddor - Ferramentas

	T ₀ exato (meses)	T ₀ aproximado (meses)
Brocas	3,58	4
Fresas	3,28	3
Pastilhas	1,04	1

Depois de aproximados os tempos ótimos entre revisões, construíram-se as tabelas de análise para cada ferramenta. A Tabela 5.69 é o exemplo referente às Brocas para a heurística de Naddor.

Tabela 5.69 - Exemplo de aplicação Heurística de Naddor - Brocas

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	39,3	37,3	36,3	26,3	18,3	-11,7	-33,7	-49,7	39,3	33,3	26,3	3,3
Stock (f)	37,3	36,3	26,3	18,3	-11,7	-33,7	-49,7	-56,7	33,3	26,3	3,3	0,3
Encomenda				não				96,0				39,0

As restantes tabelas referentes à heurística de Naddor, para os outros artigos e para os 4 níveis de serviço estudados, encontram-se nos Anexos A.6.

O cálculo dos custos finais tem por base o número de encomendas efetuadas (N), a quantidade média em *stock* (Q) e a quantidade de unidades em falta (q_f), estes dados posteriormente vão ser multiplicados pelo C_e , C_p por unidade e pelo C_d , respetivamente. Para se obter estes dados, analisaram-se as tabelas criadas anteriormente e efetuou-se a sua determinação, como foi explicado no Capítulo 5.1.5. Na Tabela 5.70 encontra-se representado o cálculo do número de encomendas efetuadas (N), a quantidade média em *stock* (Q) e a quantidade de unidades em falta (q_f) para as Brocas na revisão contínua com um nível de serviço de 85%.

Tabela 5.70 - Exemplo de cálculo (N, Q e q_f) - Brocas

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	46,5	44,5	43,5	33,5	25,5	34,8	12,8	36,0	29,0	23,0	16,0	32,3
Stock (f)	44,5	43,5	33,5	25,5	-4,5	12,8	-3,2	29,0	23,0	16,0	-7,0	29,3
Encomenda	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Q	45,5	44,0	21,8	16,8	10,5	23,8	6,4	32,5	14,5	19,5	4,5	30,8
N	3,0											
q_f	14,6											

Como mencionado anteriormente, para o cálculo do custo final deve multiplicar-se a Q pelo C_p por unidade, contudo este valor ainda não foi calculado. Na Tabela 5.71 encontra-se demonstrado o valor estimado para esta variável, referente a cada uma das ferramentas analisadas.

Tabela 5.71 - Custo de posse mensal - Ferramentas

	C_p (anual) / unidade	C_p (mensal) / unidade
Broca	0,73 €	0,06 €
Fresa	0,78 €	0,07 €
Pastilhas	2,23 €	0,19 €

O C_e e o C_d necessários, também, para o cálculo do custo final, já se encontram definidos nos Capítulos 5.2.2.2 e 5.2.2.3.

Na fórmula de cálculo (6.1) encontra-se representado o custo total para a revisão contínua das Brocas, com um nível de serviço de 85%. Aplicou-se a equação (2.18) definida no Capítulo 2.11 para este cálculo. De salientar, que se efetuou uma aproximação da q_f para o valor acima, por se estar a analisar ferramentas e, portanto, não fazer sentido considerar um número não inteiro.

$$C_t = 49,98 \times 3 + 0,06 \times (\sum Q) + 14,6 \times 27,3 = 166,42 \quad (6.1)$$

Na Tabela 5.72 encontram-se esquematizados todos os valores calculados para o custo final das ferramentas analisadas para cada revisão de *stocks* estudada.

Tabela 5.72 - Custos totais métodos de gestão de *stocks* - Ferramentas

	Contínua				Periódica				Naddor			
	85%	90%	95%	99%	85%	90%	95%	99%	85%	90%	95%	99%
Brocas	166,42	169,98	170,99	173,03	231,94	235,16	239,74	248,41	4254,41	3825,51	3207,90	2277,55
Fresas	163,53	164,30	165,41	167,51	225,97	229,16	233,75	242,42	2278,68	1875,95	1429,77	586,99
Pastilhas	1944,26	1755,71	1484,21	1113,62	839,22	767,57	773,94	832,00	317,56	376,54	394,45	430,15

5.3 Comparação Casos de estudo

Como podemos observar na Tabela 5.73 são sublinhados a verde as estratégias de gestão de *stocks*, e o respetivo nível de serviço, para os quais cada artigo obtém o custo total mais reduzido.

Tabela 5.73 - Custos Totais métodos de gestão de *stocks*

	Contínua				Periódica				Naddor			
	85%	90%	95%	99%	85%	90%	95%	99%	85%	90%	95%	99%
Aço	6240,38	5290,16	3924,87	625,60	2109,38	1483,75	1148,52	1307,97	5338,10	4130,21	2420,86	848,55
Alumínio	8485,37	7418,99	5883,41	3174,84	4704,74	3211,68	1800,14	1581,01	8419,99	7051,59	5081,11	2215,98
Broca	166,42	169,98	170,99	173,03	231,94	235,16	239,74	248,41	4254,41	3825,51	3207,90	2277,55
Fresa	163,53	164,30	165,41	167,51	225,97	229,16	233,75	242,42	2278,68	1875,95	1429,77	586,99
Pastilhas	1944,26	1755,71	1484,21	1113,62	839,22	767,57	773,94	832,00	317,56	376,54	394,45	430,15

Conclui-se, portanto, que para o Aço se deve adotar uma estratégia de gestão dos *stocks* contínua com um nível de serviço de 99%. Em última instância, cabe à empresa decidir qual destas estratégias satisfaz melhor os seus interesses.

Para o Alumínio a estratégia com menor custo foi a revisão periódica com um nível de serviço de 99%, alcançando um custo total anual de 1581,01€.

Ao contrário das duas matérias-primas analisadas, nas ferramentas, a diferença entre os custos totais de gestão de *stocks* não é tão evidente. Existindo várias estratégias em que a diferença de preços é inferior a 20€. Isto acontece, porque, os custos de rotura são relativamente elevados e nas matérias-primas existem muitas unidades em falta, por este motivo, os níveis de serviço das estratégias seleccionadas são 99%. Apesar de terem um custo de posse mais elevado, compensa por terem menos unidades em falta.

Em relação às brocas a estratégia em que obteve um custo mais reduzido foi a aplicação da revisão contínua com um nível de serviço de 85%. Com esta estratégia obtém-se menos custos de posse, por ter-se um *stock* de segurança mais reduzido e, mesmo este sendo mais reduzido, sem rotura. As restantes revisões contínuas têm valores para o custo total bastante similares, pois, o número de encomendas e a quantidade em falta são idênticas, apenas, diferindo na quantidade média mantida em *stock*, que evidentemente aumenta consoante o nível de serviço.

O caso das fresas é em tudo idêntico ao das brocas, a estratégia que tem um custo total mais reduzido é a revisão contínua com um nível de serviço de 99%, sendo o custo total de 163,53€. Neste caso, também não existe rotura e o número de encomendas é idêntico em todas as revisões contínuas, apenas, distinguindo-se o preço pela quantidade de *stock* de segurança, que está diretamente relacionado com o nível de serviço.

O caso das pastilhas é um pouco diferente das restantes ferramentas, existindo uma discrepância maior entre o custo total das várias estratégias de gestão de *stocks*. Isto acontece,

porque, neste caso existe quantidade em falta na revisão contínua e periódica. Sendo a estratégia com o custo total mais reduzido a heurística de Naddor, com um nível de serviço de 85%, com um custo de 317,56€. As heurísticas de Naddor para as pastilhas obtêm todas um custo de aplicação bastante semelhante.

Podemos concluir pela análise, anteriormente efetuada, que o comportamento das matérias-primas e das ferramentas é bastante díspar tanto a nível de custo final, as matérias-primas têm um custo mais elevado. Como nas estratégias a adotar para a gestão de *stocks* as matérias-primas têm níveis de serviço mais elevado para minimizar a existência de roturas de *stocks* enquanto nas ferramentas opta-se por níveis de serviço mais baixos por não haver tantas roturas de *stock*.

6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O objetivo deste trabalho foi definir políticas e modelos de gestão de *stocks* para sistemas de produção *Engineer to Order*, uma vez que foi identificada falta de informação na literatura à cerca de como aplicar uma metodologia que se adequasse às características destas empresas, por terem uma procura bastante volátil e estarem diretamente dependentes das especificações do cliente.

Na revisão literária do trabalho, foram abordados temas de diversas áreas da logística, como a gestão de *stocks* e a gestão da cadeia de abastecimento, conhecimentos que, posteriormente, foram essenciais para fundamentar o método proposto. Para além disso, detalharam-se os diferentes tipos de sistemas de produção e o funcionamento de uma empresa *Engineer to Order*. Concluindo-se que apesar de este tipo de empresas ter um elevado nível de personalização seria possível a criação de um método para a gestão dos seus *stocks*.

Neste trabalho optou-se por uma pesquisa narrativa, logo a procura por informação teórica teve uma elevada importância. Somente um conhecimento aprofundado das áreas anteriormente descritas possibilitou a criação de um método que se enquadrasse naquele tipo de empresa e que cumprisse os objetivos traçados para o trabalho (*Logística e gestão da cadeia de abastecimento*, 2017) (Atan et al., 2017).

Para alcançar o objetivo detalhou-se o método proposto. Começou-se pela classificação dos *stocks*, através de análises que estudassem o comportamento dos produtos em relação ao seu valor, variabilidade da procura e da quantidade encomendada, relacionando os resultados obtidos em cada uma destas análises. De seguida, estimou-se as variáveis essenciais para a aplicação dos modelos de gestão de *stocks* e para o cálculo dos seus parâmetros, tais como, o custo de posse, o custo de encomenda, o custo de rotura. Por fim, calcularam-se os parâmetros dos modelos de gestão de *stocks* para cada produto, com diferentes níveis de serviço e estudou-se os modelos com base nos dados da procura, recolhidos no último ano, para estimar-se o custo de cada modelo e eleger-se o mais benéfico para a empresa.

Neste método, efetuaram-se as análises possíveis, tendo em conta a pouca informação disponível na ArgoBaum, utilizando-se uma metodologia concisa com análises que se complementavam. No entanto, realizaram-se muitas estimativas, o que poderia ser evitado se

existissem dados relacionados com a procura exata do cliente e com os custos da empresa, como a administração das encomendas e o custo de armazenagem dos produtos.

Com a aplicação das análises ABC, XYZ e FSN e a relação entre os seus resultados, análise ABC/XYZ e FSN/XYZ, pretendeu-se realizar uma classificação dos *stocks* pormenorizada, que incidisse sobre o valor, a variância da procura e a quantidades dos *stocks* da empresa. Nesta etapa do trabalho, concluiu-se que as matérias-primas relevantes eram o Aço e o Alumínio e, em relação às ferramentas, eram as Brocas, Fresas e Pastilhas, para estes produtos foi identificada a necessidade de aplicar um método de revisão dos *stocks*. Os restantes produtos, adquiridos pela empresa, deveriam continuar com a estratégia de gestão de *stocks* em que apenas são comprados quando necessários.

De seguida, realizaram-se as estimativas para as variáveis necessárias ao cálculo dos parâmetros das revisões de *stocks*, o custo de posse, o custo de encomenda, o custo de rotura e o lead time. Como referido anteriormente, estas estimativas poderiam ser mais precisas, se se possuíssem dados reais da empresa. Um caso evidente desta falta de informação foi a estimativa do lead time, realizada com base na experiência dos funcionários da ArgoBaum. Se a empresa registasse a data em que a encomenda foi recebida na fábrica o cálculo do lead time teria seria mais objetivo e adequado à realidade.

Depois de todas as estimativas realizadas, procedeu-se ao cálculo dos parâmetros das revisões de *stock* dos vários produtos. Na literatura, geralmente, produtos com o valor mais elevado ou com uma variabilidade da sua procura menor devem seguir uma revisão contínua. Contudo, neste caso de estudo, optou-se por realizar o cálculo das três revisões analisadas, para todos os produtos relevantes, de forma a identificar-se a revisão que teria um custo mais reduzido, para a empresa, sem se assumir, à partida, nenhuma revisão, com base na classificação de *stocks*.

Para finalizar o método proposto, calculou-se o número de encomendas efetuadas (N), a quantidade média em *stock* (Q) e a quantidade de unidades em falta (q_f), com base na procura registada no passado ano, para cada um dos produtos. Posteriormente, calculou-se o custo total, com estas variáveis. Concluindo-se qual seria a revisão mais benéfica para a empresa, considerando-se que a revisão com o menor custo seria a mais vantajosa.

Através da aplicação deste método, a empresa pode concluir quais os produtos que deveriam ter uma revisão dos *stocks*, quais os seus parâmetros e obter uma estimativa do custo despendido na sua gestão. Numa vertente teórica, concluiu-se que nem sempre nos produtos com um valor mais elevado deve optar-se por uma revisão contínua, se o objetivo da empresa

for a redução de custos, o mesmo se aplica a produtos com um valor médio e à revisão periódica.

Como mencionado anteriormente, a maior limitação deste trabalho foi a falta de informação, tendo sido necessário realizar muitas estimativas. No caso de se ter mais informação disponível dever-se-ia recalcular as estimativas dos custos e do lead time, para aproximar o mais possível o caso de estudo à realidade da empresa.

Para o futuro, sugere-se que se faça um estudo sobre como armazenar os artigos adquiridos, no armazém da empresa, que se defina a política a adotar no armazém (FIFO, LIFO, etc.) e que se aplique à gestão de *stocks* o presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, A. L. O. (2012). Gestão de Stocks—Aplicação prática a uma empresa de consumíveis de escritório. *ISCTE-IUL Business School*.
- Alves, H. (2015). Estudo e implementação de modelos de gestão de stocks em sistemas ERP para empresas retalhistas. *Universidade do Minho*.
- Askarany, D., Yazdifar, H., & Askary, S. (2009). Supply chain management, activity-based costing and organisational factors. *International Journal of Production Economics*, 127, 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.08.004>
- Atan, Z., Ahmadi, T., Stegehuis, C., Kok, T. de, & Adan, I. (2017). Assemble-to-order systems: A review. *European Journal of Operational Research*, 261(3), 866–879. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.02.029>
- Ballou, R. H. (2003). *Business Logistics/Supply Chain Management and Logware CD Package* (5th edition). Prentice Hall - United Kingdom.
- Ballou, R. H. (2004). *Business logistics/supply chain management: Planning, organizing, and controlling the supply chain*. Upper Saddle River, N.J. : Pearson/Prentice Hall. http://archive.org/details/businesslogistic0000ball_c0g9
- Buliński, J., Waszkiewicz, C., & Buraczewski, P. (2013). Utilization of ABC/XYZ analysis in stock planning in the enterprise. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW*, 61, 89–96. Scopus.
- Bulinski, J., Waszkiewicz, C., & Buraczewski, P. (2013). Utilization of ABC/XYZ analysis in stock planning in the enterprise. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW*,

- Agriculture*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Utilization-of-ABC-XYZ-analysis-in-stock-planning-Bulinski-Waszkiwicz/899807a9db6fc6cfd08ac3293080bb0b9fc0d814>
- Cai, H., & Obara, I. (2009). Firm Reputation and Horizontal Integration. *The RAND Journal of Economics*, 40(2), 340–363.
- Chen, C.-S. (2006). Concurrent Engineer-To-Order operation in the Manufacturing Engineering Contracting industries. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 1(1–2), 37–58. Scopus. <https://doi.org/10.1504/ijise.2006.009049>
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson UK.
- Devarajan, D., & Jayamohan, M. S. (2016). Stock control in a Chemical Firm: Combined FSN and XYZ Analysis. *Procedia Technology*, 24, 562–567. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.111>
- Devore, J. L., & Berk, K. N. (2011). *Modern Mathematical Statistics with Applications*. Springer Science & Business Media.
- Donald Waters. (2003). *Inventory Control and Management, 2nd Edition / Wiley*. Wiley.Com. <https://www.wiley.com/en-us/Inventory+Control+and+Management%2C+2nd+Edition-p-9781118585214>
- Frenk, H., Kaya, M., & Pourghannad, B. (2014). *Generalizing the Ordering Cost and Holding-Backlog Cost Rate Functions in EOQ-Type Inventory Models*. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7639-9_5
- Gandhi, P., & Basur, A. (2000). Application of ABC analysis in medical store of ESIC Delhi. *Health Adm*, 10, 90–95.

- Gosling, J., & Naim, M. M. (2009). Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 122(2), 741–754. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.07.002>
- Hicks, C., McGovern, T., & Earl, C. F. (2000). Supply chain management: A strategic issue in engineer to order manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 65(2), 179–190. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(99\)00026-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(99)00026-2)
- Hilsdorf, W. de C., Rotondaro, R. G., & Pires, S. R. I. (2009). Integração de processos na cadeia de suprimentos e desempenho do serviço ao cliente: Um estudo na indústria calçadista de Franca. *Gestão & Produção*, 16(2), 232–244. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000200007>
- Hmida, J. B., Parekh, S., & Lee, J. (2014). Integrated inventory ranking system for oilfield equipment industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 7(1), 115–136. Scopus. <https://doi.org/10.3926/jiem.511>
- João de Carvalho, J. C. (2017). *Logística e gestão da cadeia de abastecimento*. Edições Sílabo.
- Kaminsky, P., & Kaya, O. (2009). Combined make-to-order/make-to-stock supply chains. *IIE Transactions*, 41, 103–119. <https://doi.org/10.1080/07408170801975065>
- Khanorkar, Y., & Kane, P. V. (2023). Selective inventory classification using ABC classification, multi-criteria decision making techniques, and machine learning techniques. *Materials Today: Proceedings*, 72, 1270–1274. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.298>
- Kingsman, B., Hendry, L., Mercer, A., & de Souza, A. (1996). Responding to customer enquiries in make-to-order companies Problems and solutions. *International Journal of Production Economics*, 46–47, 219–231. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00199-9](https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00199-9)

- Kjersem, K., Halse, L. L., Kiekebos, P., & Emblemståg, J. (2015). Implementing lean in engineer-to-order industry: A case study. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 460, 248–255. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22759-7_29
- Kučera, T., & Hendrych, V. (2022). *Application of ABC Analysis in Logistics Warehousing Processes: A Case Study*. 2022-October, 390–394. Scopus.
- Lalwani, C., & Mangan, J. (2016). *Global Logistics and Supply Chain Management* (3^a edição). John Wiley & Sons Inc.
- LeMay, S., Helms, M. M., Kimball, B., & McMahon, D. (2017). Supply chain management: The elusive concept and definition. *The International Journal of Logistics Management*, 28(4), 1425–1453. <https://doi.org/10.1108/IJLM-10-2016-0232>
- Meindl, P. (2001). *Kellogg School of Management*.
- Mor, R., Bhardwaj, A., Kharka, V., & Kharub, M. (2021). *Spare parts inventory management in the warehouse: A lean approach*. <https://doi.org/10.22068/ijiepr.32.2.179>
- Morim, M. J. S. (2018). *Análise e Redução de stocks numa empresa de aparelhos óticos de precisão*.
- Muthalib, I. S., Indah, A. B., Asmal, S., & Hamzir, G. Z. R. (2022a). *Planning of Excavator 320D Spare Part Inventory used ABC-FSN Analysis and Lot Sizing Method (Case Study: PT Trakindo Utama Makassar)*. 2543. Scopus. <https://doi.org/10.1063/5.0095469>
- Muthalib, I. S., Indah, A. B., Asmal, S., & Hamzir, G. Z. R. (2022b). *Planning of Excavator 320D Spare Part Inventory used ABC-FSN Analysis and Lot Sizing Method (Case Study: PT Trakindo Utama Makassar)*. 2543. Scopus. <https://doi.org/10.1063/5.0095469>
- Nowotyńska, I. (2013). An Application of Xyz Analysis in Company Stock Management. *Modern Management Review*, XVIII. <https://doi.org/10.7862/rz.2013.mmr.7>

- Ouyang, L.-Y., Yeh, N.-C., & Wu, K.-S. (1996). Mixture inventory model with backorders and lost sales for variable lead time. *Journal of the Operational Research Society*, 47(6), 829–832. Scopus. <https://doi.org/10.1057/jors.1996.102>
- Pereira, R. (2020). *Aplicação e Análise de um Modelo de Gestão de Stocks na Indústria Cerâmica*.
- Principles of Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management - Heizer, Jay; Render, Barry; Munson, Chuck: 9780134181981 - AbeBooks.* (2017). <https://www.abebooks.com/9780134181981/Principles-Operations-Management-Sustainability-Supply-0134181980/plp>
- Qin, H., Simchi-Levi, D., Ferer, R., Mays, J., Merriam, K., Forrester, M., & Hamrick, A. (2022). Trading safety stock for service response time in inventory positioning. *Production and Operations Management*, 31(12), 4462–4474. Scopus. <https://doi.org/10.1111/poms.13869>
- Rampling, P. (2021). *Horizontal and Vertical Integration The Tool for Growth in Century 21*.
- Rodrigues, T. S. N. (2017). *Otimização da gestão de stocks através da aplicação de ferramentas Lean: Estudo de caso numa PME*.
- Roldão, M. (2017). Conhecimento, didáctica e compromisso: O triângulo virtuoso de uma profissionalidade em risco. *Cadernos de Pesquisa*, 47, 1134–1149. <https://doi.org/10.1590/198053144367>
- Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012a). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), 445–451. Scopus. <https://doi.org/10.1108/17410401211212689>

- Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012b). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61, 445–451. <https://doi.org/10.1108/17410401211212689>
- Singh, A., Rasania, S. K., & Barua, K. (2022). Inventory control: Its principles and application. *Indian Journal of Community Health*, 34(1), 14–19. Scopus. <https://doi.org/10.47203/IJCH.2022.v34i01.004>
- Slack, operations management 10th edition. (2022). <https://www.pearson.com/se/Nordics-Higher-Education/subject-catalogue/decision-science/slack-operations-management-10thedition.html>
- Sprague, L. G., Ritzman, L. P., & Krajewski, L. (1990). Production Planning, Inventory Management and Scheduling: Spanning the Boundaries. *Managerial and Decision Economics*, 11(5), 297–315.
- Stoll, B. J., Hansen, N. I., Bell, E. F., Walsh, M. C., Carlo, W. A., Shankaran, S., Laptook, A. R., Sánchez, P. J., Van Meurs, K. P., Wyckoff, M., Das, A., Hale, E. C., Ball, M. B., Newman, N. S., Schibler, K., Poindexter, B. B., Kennedy, K. A., Cotten, C. M., & Watterberg, K. L. (2015). Trends in Care Practices, Morbidity, and Mortality of Extremely Preterm Neonates, 1993-2012. *JAMA*, 314(10), 1039–1051. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.10244>
- Tibben-Lembke, R. S. (1998). The Impact of Reverse Logistics on the Total Cost of Ownership. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 6(4), 51–60. <https://doi.org/10.1080/10696679.1998.11501810>
- Triangular Distribution—An overview. (2017). <https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/triangular-distribution>

- Trubchenko, T., Kiseleva, E., Loshchilova, M., Dreval, A., Ryzhakina, T., & Shaftelskaya, N. (2020). Application of ABC and XYZ Analysis to Inventory Optimization at a Commercial Enterprise. *SHS Web of Conferences*, 80, 01007. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20208001007>
- Wemmerlöv, U. (1984). Assemble-to-order manufacturing: Implications for materials management. *Journal of Operations Management*, 4, 347–368. [https://doi.org/10.1016/0272-6963\(84\)90021-4](https://doi.org/10.1016/0272-6963(84)90021-4)
- Zennaro, I., Finco, S., Battini, D., & Persona, A. (2019). Big size highly customised product manufacturing systems: A literature review and future research agenda. *International Journal of Production Research*, 57(15–16), 5362–5385. Scopus. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1582819>
- Zermati, P. (1996). *A Gestão de Stocks de Pierre Zermati—Livro*. <https://www.wook.pt/livro/a-gestao-de-stocks-pierre-zermati/45889>
- Zied Babai, M., Syntetos, A. A., & Teunter, R. (2010a). On the empirical performance of (T, s, S) heuristics. *European Journal of Operational Research*, 202(2), 466–472. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.030>
- Zied Babai, M., Syntetos, A. A., & Teunter, R. (2010b). On the empirical performance of (T,s,S) heuristics. *European Journal of Operational Research*, 202(2), 466–472. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.030>
- Askarany, D., Yazdifar, H., & Askary, S. (2009). Supply chain management, activity-based costing and organisational factors. *International Journal of Production Economics*, 127, 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.08.004>

Ballou, R. H. (2003). Business Logistics/Supply Chain Management and Logware CD Package (5th edition). Prentice Hall.

Ballou, R. H. (2004). Business logistics/supply chain management: Planning, organizing, and controlling the supply chain. Upper Saddle River, N.J. : Pearson/Prentice Hall. http://archive.org/details/businesslogistic0000ball_c0g9

Buliński, J., Waszkiewicz, C., & Buraczewski, P. (2013). Utilization of ABC/XYZ analysis in *stock* planning in the enterprise. Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, 61, 89–96. Scopus.

Bulinski, J., Waszkiewicz, C., & Buraczewski, P. (2013). Utilization of ABC/XYZ analysis in *stock* planning in the enterprise. Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, Agriculture. <https://www.semanticscholar.org/paper/Utilization-of-ABC-XYZ-analysis-in-stock-planning-Bulinski-Waszkiewicz/899807a9db6fc6cfd08ac3293080bb0b9fc0d814>

Christopher, M. (2016). Logistics & Supply Chain Management. Pearson UK.

de Carvalho, J. C. (2017). Logística e gestão da cadeia de abastecimento. Edições Sílabo.

Devarajan, D., & Jayamohan, M. S. (2016). *Stock* control in a Chemical Firm: Combined FSN and XYZ Analysis. Procedia Technology, 24, 562–567. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.111>

Devore, J. L., & Berk, K. N. (2011). Modern Mathematical Statistics with Applications. Springer Science & Business Media.

Frenk, H., Kaya, M., & Pourghannad, B. (2014). Generalizing the Ordering Cost and Holding-Backlog Cost Rate Functions in EOQ-Type Inventory Models. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7639-9_5

Gandhi, P., & Basur, A. (2000). Application of ABC analysis in medical store of ESIC Delhi. *Health Adm*, 10, 90–95. Scopus.

Ghobbar, A. A., & Friend, C. H. (2002). Sources of intermittent demand for aircraft spare parts within airline operations. *Journal of Air Transport Management*, 8(4), 221–231. [https://doi.org/10.1016/S0969-6997\(01\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0969-6997(01)00054-0)

Hilsdorf, W. de C., Rotondaro, R. G., & Pires, S. R. I. (2009). Integração de processos na cadeia de suprimentos e desempenho do serviço ao cliente: Um estudo na indústria calçadista de Franca. *Gestão & Produção*, 16(2), 232–244. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000200007>

Hmida, J. B., Parekh, S., & Lee, J. (2014). Integrated inventory ranking system for oilfield equipment industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 7(1), 115–136. Scopus. <https://doi.org/10.3926/jiem.511>

Inventory Control and Management, 2nd Edition | Wiley. (sem data). Wiley.Com. Obtido 13 de março de 2023, de <https://www.wiley.com/en-us/Inventory+Control+and+Management%2C+2nd+Edition-p-9781118585214>

Johnston, F., Boylan, J., & Shale, E. (2003). An examination of the size of orders from customers, their characterisation and the implications for inventory control of slow moving items. *Journal of The Operational Research Society - J OPER RES SOC*, 54, 833–837. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601586>

Kaminsky, P., & Kaya, O. (2009). Combined make-to-order/make-to-stock supply chains. *IIE Transactions*, 41, 103–119. <https://doi.org/10.1080/07408170801975065>

Kaya, G. O., Sahin, M., & Demirel, O. F. (2020). Intermittent demand forecasting: A guideline for method selection. *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 45(1). Scopus. <https://doi.org/10.1007/s12046-020-1285-8>

Khanorkar, Y., & Kane, P. V. (2023). Selective inventory classification using ABC classification, multi-criteria decision making techniques, and machine learning techniques. *Materials Today: Proceedings*, 72, 1270–1274. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.298>

Kučera, T., & Hendrych, V. (2022). Application of ABC Analysis in Logistics Warehousing Processes: A Case Study. 2022-October, 390–394. Scopus.

Lalwani, C., & Mangan, J. (2016). *Global Logistics and Supply Chain Management* (3a edição). John Wiley & Sons Inc.

LeMay, S., Helms, M. M., Kimball, B., & McMahon, D. (2017). Supply chain management: The elusive concept and definition. *The International Journal of Logistics Management*, 28(4), 1425–1453. <https://doi.org/10.1108/IJLM-10-2016-0232>

Meindl, P. (2001). Kellogg School of Management.

Mor, R., Bhardwaj, A., Kharka, V., & Kharub, M. (2021). Spare parts inventory management in the warehouse: A lean approach. <https://doi.org/10.22068/ijiepr.32.2.179>

Muthalib, I. S., Indah, A. B., Asmal, S., & Hamzir, G. Z. R. (2022a). Planning of Excavator 320D Spare Part Inventory used ABC-FSN Analysis and Lot Sizing Method (Case Study: PT Trakindo Utama Makassar). 2543. Scopus. <https://doi.org/10.1063/5.0095469>

Muthalib, I. S., Indah, A. B., Asmal, S., & Hamzir, G. Z. R. (2022b). Planning of Excavator 320D Spare Part Inventory used ABC-FSN Analysis and Lot Sizing Method (Case Study: PT Trakindo Utama Makassar). 2543. Scopus. <https://doi.org/10.1063/5.0095469>

Nowotyńska, I. (2013). An Application of Xyz Analysis in Company *Stock* Management. *Modern Management Review*, XVIII. <https://doi.org/10.7862/rz.2013.mmr.7>

Ouyang, L.-Y., Yeh, N.-C., & Wu, K.-S. (1996). Mixture inventory model with backorders and lost sales for variable lead time. *Journal of the Operational Research Society*, 47(6), 829–832. Scopus. <https://doi.org/10.1057/jors.1996.102>

Principles of Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management - Heizer, Jay; Render, Barry; Munson, Chuck: 9780134181981 - AbeBooks. (2017). <https://www.abebooks.com/9780134181981/Principles-Operations-Management-Sustainability-Supply-0134181980/plp>

Qin, H., Simchi-Levi, D., Ferer, R., Mays, J., Merriam, K., Forrester, M., & Hamrick, A. (2022). Trading safety *stock* for service response time in inventory positioning. *Production and Operations Management*, 31(12), 4462–4474. Scopus. <https://doi.org/10.1111/poms.13869>

Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), 445–451. Scopus. <https://doi.org/10.1108/17410401211212689>

Singh, A., Rasania, S. K., & Barua, K. (2022). Inventory control: Its principles and application. *Indian Journal of Community Health*, 34(1), 14–19. Scopus. <https://doi.org/10.47203/IJCH.2022.v34i01.004>

Slack, operations management 10th edition. (sem data). Obtido 13 de março de 2023, de <https://www.pearson.com/se/Nordics-Higher-Education/subject-catalogue/decision-science/slack-operations-management-10thedition.html>

Sprague, L. G., Ritzman, L. P., & Krajewski, L. (1990). Production Planning, Inventory Management and Scheduling: Spanning the Boundaries. *Managerial and Decision Economics*, 11(5), 297–315.

Syntetos, A. A., & Boylan, J. E. (2005). The accuracy of intermittent demand estimates. *International Journal of Forecasting*, 21(2), 303–314. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2004.10.001>

Tibben-Lembke, R. S. (1998). The Impact of Reverse Logistics on the Total Cost of Ownership. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 6(4), 51–60. <https://doi.org/10.1080/10696679.1998.11501810>

Triangular Distribution—An overview | ScienceDirect Topics. (2017). <https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/triangular-distribution>

Trubchenko, T., Kiseleva, E., Loshchilova, M., Dreval, A., Ryzhakina, T., & Shaftelskaya, N. (2020). Application of ABC and XYZ Analysis to Inventory Optimization at a Commercial Enterprise. *SHS Web of Conferences*, 80, 01007. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20208001007>

Williams, T. (1984). *Stock Control with Sporadic and Slow-Moving Demand*. *Journal of The Operational Research Society - J OPER RES SOC*, 35, 939–948. <https://doi.org/10.1057/jors.1984.185>

Zied Babai, M., Syntetos, A. A., & Teunter, R. (2010a). On the empirical performance of (T, s, S) heuristics. *European Journal of Operational Research*, 202(2), 466–472. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.030>

Zied Babai, M., Syntetos, A. A., & Teunter, R. (2010b). On the empirical performance of (T,s,S) heuristics. *European Journal of Operational Research*, 202(2), 466–472.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.030>

7 ANEXOS

A.1 Nota de Encomenda

FORNECEDOR <i>Supplier</i>			
Nome: <i>Company name</i>	Aalco		
Morada: <i>Address</i>	Pje. Can Noguera, 21 Nave 3 y 4, Polígono Barcelonés 08630 ABRERA (Barcelona)		
E-mail:	aalco@aalco.es		
Tif <i>Phone</i>	Telf. 93 770 47 90 - Fax. 93 770 05 66	NIF / CIF:	B59051524

Nº ORDEM <i>Order</i>	DATA <i>Date</i>	RESPONSÁVEL <i>Responsible</i>	VENCIMENTO <i>Payment term</i>	TAXA IVA <i>Rates</i>
AB22_NE_MP001	05/01/202	Dario Guerra	30 dias	

MARCA <i>BRAND</i>	PLAT. <i>PLATFORM</i>	ITEM REF	QUANT. <i>QUANTITY</i>	DESCRIÇÃO <i>DESCRIPTION</i>	PREÇO UNIT <i>Unit Cost</i>	TOTAL <i>Total</i>
			30	BARRA REDONDA CALIBRA AW2033 LF T8 5X3000MM	3,60 /pzas €	108,00 €

VENDEDOR		DATA	
QUALIDADE		DATA	
FATURAÇÃO		DATA	
EXPEDIÇÃO		DATA	

PORTES <i>DELIVERY</i>	30,00 €
SUBTOTAL <i>Subtotal</i>	
TAXAS <i>Rates</i>	
TOTAL <i>Total</i>	138,00 €

Figura A.1 - Nota de Encomenda

A.2 Procura - Matérias-Primas

A.2.1 Aço Inox

Tabela A.1 - Coeficiente de Variação Aço Inox

	Procura	$\sum \sigma$	σ	CV	XYZ
jan	0	567,7606	139,1061	1,685284	Z
fev	0	567,7606			
mar	356,6	6258,998			
abr	25,6	270,1961			
mai	0	567,7606			
jun	4,59	506,3719			
jul	13	403,0036			
ago	50,2	87,16528			
set	126,72	162,6438			
out	0	567,7606			
nov	409,09	8886,151			
dez	4,7	504,9438			

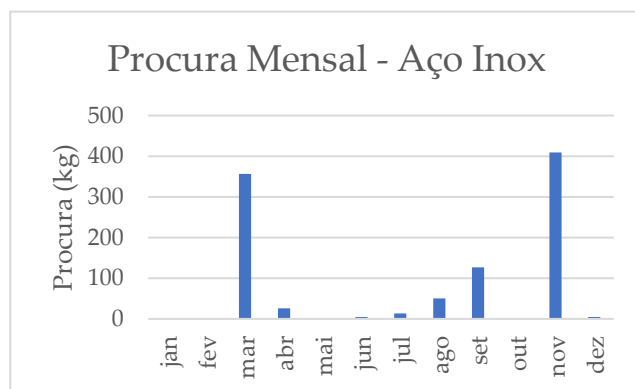


Figura A.1 - Gráfico da Procura Aço Inox

A.2.2 Alumínio

Tabela A.2 - Coeficiente de Variação Alumínio

	Procura	$\sum \sigma$	σ	CV	XYZ
jan	44,8	5127,056	364,6663	1,245268	Y
fev	0	7146,353			
mar	896,86	30403,18			
abr	1,8	7058,771			
mai	1,15	7090,336			
jun	7,48	6785,94			
jul	285,81	4,120361			
ago	174,71	1162,924			
set	335,92	154,6452			
out	750,96	17489,37			
nov	1014,61	43412,46			
dez	0	7146,353			

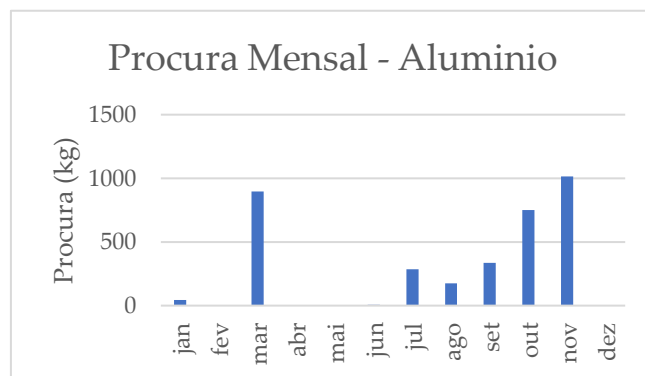


Figura A.2 - Gráfico da Procura Alumínio

A.2.3 Latão

Tabela A.3 - Coeficiente de Variação Latão

	Procura	$\Sigma \sigma$	σ	CV	XYZ
jan	0	1087,2	186,9357	1,636616	Z
fev	507,6	12895,6			
mar	100,88	14,83149			
abr	0	1087,2			
mai	0	1087,2			
jun	0	1087,2			
jul	0	1087,2			
ago	0	1087,2			
set	0	1087,2			
out	0	1087,2			
nov	287,25	2494,924			
dez	474,92	10841,99			

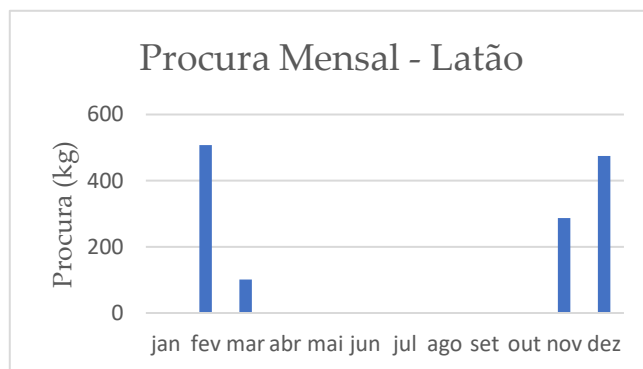


Figura A.3 - Gráfico da Procura Latão

A.2.4 Polímeros

Tabela A.4 - Coeficiente de Variação Polímeros

	Procura	$\Sigma \sigma$	σ	CV	XYZ
jan	0	372,3861	104,2843	1,560026	Z
fev	0	372,3861			
mar	74,054	4,327403			
abr	0,82	363,3062			
mai	0	372,3861			
jun	0	372,3861			
jul	0	372,3861			
ago	306,07	4768,937			
set	11,9	251,6054			
out	181,8	1101,167			
nov	227,53	2151,563			
dez	0	372,3861			

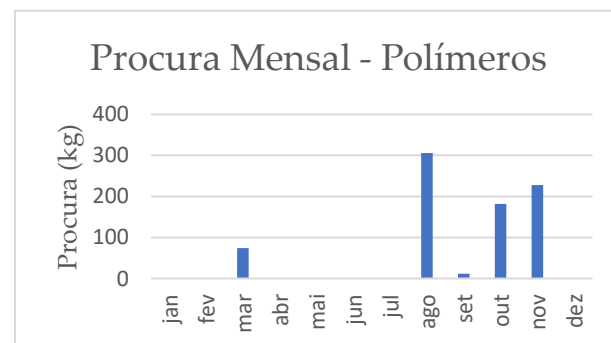


Figura A.4 - Gráfico da Procura Polímeros

A.2.5 Titânio

Tabela A.5 - Coeficiente de Variação Titânio

	Procura	Sum	DP	CV	XYZ
jan	0	3,639172	21,82706	3,302961	Z
fev	0,3	3,316256			
mar	79	436,7128			
abr	0	3,639172			
mai	0	3,639172			
jun	0	3,639172			
jul	0	3,639172			
ago	0	3,639172			
set	0	3,639172			
out	0	3,639172			
nov	0	3,639172			
dez	0	3,639172			

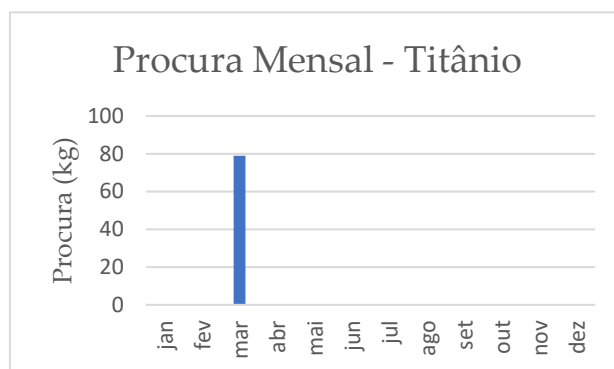


Figura A.5 - Gráfico da Procura Titânio

A.3 Procura - Ferramentas

A.3.1 Fitas Serra

Tabela A.6 - Coeficiente de Variação Fitas Serra

	Procura	Sum	DP	CV	XYZ
jan	5	0,083333	3,291403	0,822851	Y
fev	5	0,083333			
mar	5	0,083333			
abr	0	1,333333			
mai	10	3			
jun	9	2,083333			
jul	0	1,333333			
ago	0	1,333333			
set	4	0			
out	5	0,083333			
nov	5	0,083333			
dez	0	1,333333			

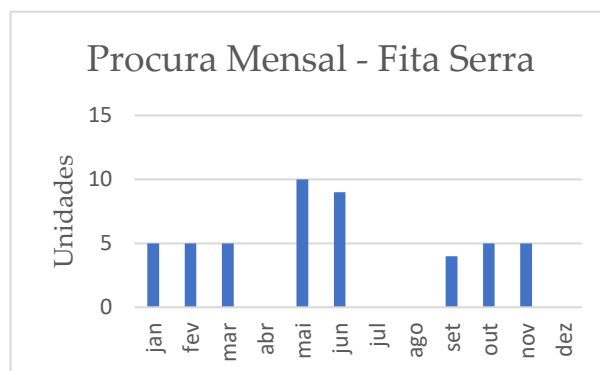


Figura A.6 - Gráfico da Procura Fitas Serra

A.3.2 Fresas

Tabela A.7 - Coeficiente de Variação Fresas

	Procura	Sum	DP	CV	XYZ
jan	2	8,613426	0,53583	8,706639	0,715614
fev	11	0,113426	0,061489		
mar	8	1,446759	0,219603		
abr	5	4,280093	0,377716		
mai	35	43,44676	1,203422		
jun	5	4,280093	0,377716		
jul	19	3,891204	0,360148		
ago	6	3,168981	0,325012		
set	16	1,224537	0,202034		
out	7	2,224537	0,272307		
nov	18	2,835648	0,307444		
dez	14	0,280093	0,096625		

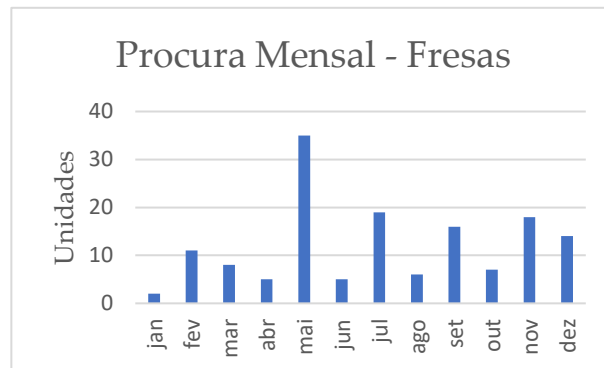


Figura A.7 - Gráfico da Procura Fresas

A.3.3 Machos

Tabela A.8 - Coeficiente de Variação Machos

	Procura	Sum	DP	CV	XYZ
jan	7	0,014468	3,426814	0,520529	Y
fev	3	1,070023			
mar	9	0,48669			
abr	6	0,028356			
mai	12	2,445023			
jun	6	0,028356			
jul	10	0,972801			
ago	1	2,597801			
set	3	1,070023			
out	4	0,556134			
nov	12	2,445023			
dez	6	0,028356			

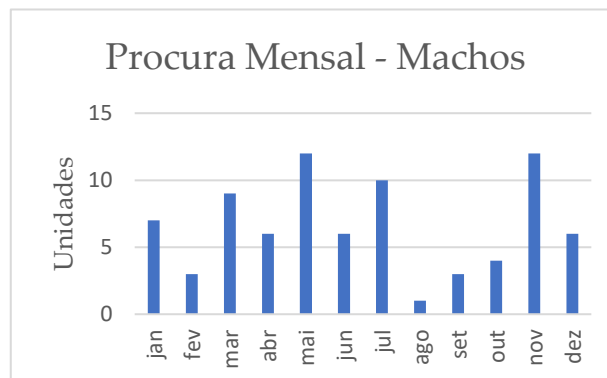


Figura A.8 - Gráfico da Procura Machos

A.3.4 Pastilhas

Tabela A.9 - Coeficiente de Variação Pastilhas

	Procura	Sum	DP	CV	XYZ
jan	50	7,259259	0,49191	33,22482	0,817004
fev	20	35,59259	1,089229		
mar	82	142,3704	2,178458		
abr	56	19,59259	0,808138		
mai	2	124,5926	2,037912		
jun	20	35,59259	1,089229		
jul	103	323,787	3,285255		
ago	9	83,56481	1,66898		
set	69	66,89815	1,493298		
out	0	137,8148	2,143322		
nov	66	53,48148	1,335184		
dez	11	73,34259	1,563571		

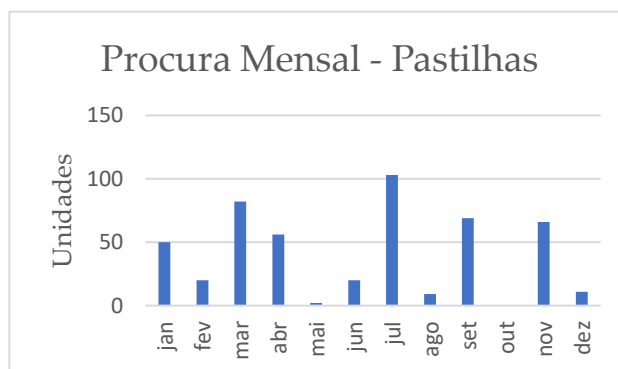


Figura A.9 - Gráfico da Procura Pastilhas

A.3.5 Pinças Elástica

Tabela A.10 - Coeficiente de Variação Pinças Elástica

	Procura	Sum	DP	CV	XYZ
jan	0	2,224537	11,59622	2,244429	Z
fev	0	2,224537			
mar	42	113,0579			
abr	0	2,224537			
mai	4	0,113426			
jun	0	2,224537			
jul	3	0,391204			
ago	1	1,446759			
set	0	2,224537			
out	0	2,224537			
nov	12	3,891204			
dez	0	2,224537			

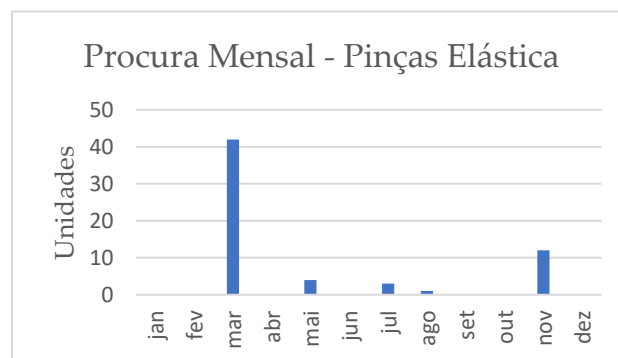


Figura A.10 - Gráfico da Procura Pinças Elástica

A.4 Tabelas Revisão Contínua

A.4.1 Aço

Tabela A.11 - Revisão contínua do Aço nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Aço	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2
Stock (i)	1408,2	1406,7	1334,7	1107,2	1056,4	1041,8	1041,8	1088,4	1021,8	999,2	1210,0	1352,7
Stock (f)	1406,7	1334,7	-349,0	-885,2	556,4	1041,8	117,6	1021,8	-457,0	239,2	867,3	1305,5
Encomenda	0,0	0,0	3,0	4,0	1,0	0,0	2,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0
Q	1407,5	1370,7	667,3	553,6	806,4	1041,8	579,7	1055,1	510,9	619,2	1038,7	1329,1
N	7,0											
q _f	-1691,1											
			Custo Final	5290,2								

Tabela A.12 - Revisão contínua do Aço nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Aço	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2
Stock (i)	1578,6	1577,1	1505,1	1277,6	1226,8	1212,2	1212,2	1258,8	1192,2	1169,6	1380,4	1523,1
Stock (f)	1577,1	1505,1	-178,6	-714,8	726,8	1212,2	288,0	1192,2	-286,6	409,6	1037,7	1475,9
Encomenda	0,0	0,0	3,0	4,0	1,0	0,0	2,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0
Q	1577,8	1541,1	752,5	638,8	976,8	1212,2	750,1	1225,5	596,1	789,6	1209,1	1499,5
N	7,0											
q _f	-1180,0											
			Custo Final	3924,9								

Tabela A.13 - Revisão contínua do Aço nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Aço	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2
Stock (i)	1900,5	2384,3	2312,3	2084,8	2034,1	2019,5	2019,5	2066,0	1999,4	1976,9	2187,7	2330,3
Stock (f)	1898,9	2312,3	628,6	92,5	1534,1	2019,5	1095,2	1999,4	520,7	1216,9	1844,9	2283,1
Encomenda	1,0	0,0	3,0	4,0	1,0	0,0	2,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0
Q	1899,7	2348,3	1470,5	1042,4	1784,1	2019,5	1557,3	2032,7	1260,0	1596,9	2016,3	2306,7
N	7,0											
q _f	92,5											
			Custo Final	625,6								

A.4.2 Alumínio

Tabela A.14 - Revisão contínua do Alumínio nível de serviço 85%

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	535,0	490,2	490,2	350,2	348,4	347,3	529,0	432,5	447,0	489,5	495,5	427,0
Stock (f)	490,2	490,2	-406,7	348,4	347,3	339,8	243,2	257,7	111,1	-261,5	-519,2	427,0
Encomenda	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	4,0	5,0	0,0
Q	512,6	490,2	245,1	349,3	347,9	343,6	386,1	345,1	279,0	244,8	247,7	427,0
N	7,0											
q _f	-1187,3											
			Custo Final	8485,4								

Tabela A.15 - Revisão continua do Alumínio nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	591,3	546,5	546,5	406,5	404,7	403,6	585,3	488,8	503,3	545,8	551,8	483,3
Stock (f)	546,5	546,5	-350,4	404,7	403,6	396,1	299,5	314,0	167,4	-205,2	-462,9	483,3
Encomenda	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	4,0	5,0	0,0
Q	568,9	546,5	273,2	405,6	404,2	399,9	442,4	401,4	335,3	272,9	275,9	483,3
N	7,0											
qr	-1018,4											
			Custo Final	7419,0								

Tabela A.16 - Revisão continua do Alumínio nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	672,4	627,6	627,6	487,6	485,8	484,7	666,4	569,8	584,3	626,9	632,8	564,4
Stock (f)	627,6	627,6	-269,3	485,8	484,7	477,2	380,6	395,1	248,4	-124,1	-381,8	564,4
Encomenda	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	4,0	5,0	0,0
Q	650,0	627,6	313,8	486,7	485,2	480,9	523,5	482,5	416,4	313,4	316,4	564,4
N	7,0											
qr	-775,2											
			Custo Final	5883,4								

Tabela A.17 - Revisão continua do Alumínio nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	825,5	780,7	780,7	640,8	639,0	637,8	819,5	723,0	737,5	780,0	786,0	717,5
Stock (f)	780,7	780,7	-116,2	639,0	637,8	630,3	533,7	548,3	401,6	29,1	-228,6	717,5
Encomenda	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	4,0	5,0	0,0
Q	803,1	780,7	390,4	639,9	638,4	634,1	676,6	635,6	569,5	404,5	393,0	717,5
N	7,0											
qr	-344,8											
			Custo Final	3174,8								

A.4.3 Brocas

Tabela A.19 - Revisão continua das Brocas nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	47,6	45,6	44,6	34,6	26,6	35,9	13,9	37,1	30,1	24,1	17,1	33,4
Stock (f)	45,6	44,6	34,6	26,6	-3,4	13,9	-2,1	30,1	24,1	17,1	-5,9	30,4
Encomenda	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Q	46,6	45,1	39,6	30,6	13,3	24,9	6,9	33,6	27,1	20,6	8,6	31,9
N	3,0											
qr	-11,3											
			Custo Final	170,0								

Tabela A.20 - Revisão continua das Brocas nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	49,2	47,2	46,2	36,2	28,2	37,5	15,5	38,7	31,7	25,7	18,7	35,0
Stock (f)	47,2	46,2	36,2	28,2	-1,8	15,5	-0,5	31,7	25,7	18,7	-4,3	32,0
Encomenda	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Q	48,2	46,7	41,2	32,2	14,1	26,5	7,7	35,2	28,7	22,2	9,4	33,5
N	3,0											
q _f	-6,5											
				Custo Final	171,0							

Tabela A.21 - Revisão continua das Brocas nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	52,3	50,3	49,3	39,3	31,3	40,5	18,5	41,8	34,8	28,8	21,8	38,0
Stock (f)	50,3	49,3	39,3	31,3	1,3	18,5	2,5	34,8	28,8	21,8	-1,2	35,0
Encomenda	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Q	51,3	49,8	44,3	35,3	16,3	29,5	10,5	38,3	31,8	25,3	10,9	36,5
N	3,0											
q _f	-1,2											
				Custo Final	173,0							

A.4.4 Fresas

Tabela A.22 - Revisão continua das Fresas nível de serviço 85%

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	46,3	44,3	33,3	25,3	20,3	24,1	19,1	39,0	33,0	17,0	10,0	30,9
Stock (f)	44,3	33,3	25,3	20,3	-14,7	19,1	0,1	33,0	17,0	10,0	-8,0	16,9
Encomenda	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Q	45,3	38,8	29,3	22,8	10,1	21,6	9,6	36,0	25,0	13,5	5,0	23,9
N	3,0											
q _f	-22,8											
				Custo Final	163,5							

Tabela A.23 - Revisão continua das Fresas nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	47,3	45,3	34,3	26,3	21,3	25,2	20,2	40,1	34,1	18,1	11,1	31,9
Stock (f)	45,3	34,3	26,3	21,3	-13,7	20,2	1,2	34,1	18,1	11,1	-6,9	17,9
Encomenda	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Q	46,3	39,8	30,3	23,8	10,7	22,7	10,7	37,1	26,1	14,6	5,5	24,9
N	3,0											
q _f	-20,6											
				Custo Final	164,3							

Tabela A.24 - Revisão continua das Fresas nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	48,9	46,9	35,9	27,9	22,9	26,8	21,8	41,6	35,6	19,6	12,6	33,5
Stock (f)	46,9	35,9	27,9	22,9	-12,1	21,8	2,8	35,6	19,6	12,6	-5,4	19,5
Encomenda	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Q	47,9	41,4	31,9	25,4	11,4	24,3	12,3	38,6	27,6	16,1	6,3	26,5
N	3,0											
q _r	-17,5											
				Custo Final	165,4							

Tabela A.25 - Revisão continua das Fresas nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	51,8	49,8	38,8	30,8	25,8	29,7	24,7	44,6	38,6	22,6	15,6	36,4
Stock (f)	49,8	38,8	30,8	25,8	-9,2	24,7	5,7	38,6	22,6	15,6	-2,4	22,4
Encomenda	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Q	50,8	44,3	34,8	28,3	12,9	27,2	15,2	41,6	30,6	19,1	7,8	29,4
N	3,0											
q _r	-11,6											
				Custo Final	167,5							

A.4.5 Pastilhas

Tabela A.26 - Revisão continua das Pastilhas nível de serviço 85%

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	68,0	59,4	39,4	40,3	67,1	65,1	45,1	66,4	57,4	29,8	29,8	46,6
Stock (f)	18,0	39,4	-42,6	-15,7	65,1	45,1	-57,9	57,4	-11,6	29,8	-36,2	35,6
Encomenda	1,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0
Q	43,0	49,4	19,7	20,1	66,1	55,1	22,6	61,9	28,7	29,8	14,9	41,1
N	6,0											
q _r	-164,0											
				Custo Final	1944,3							

Tabela A.27 - Revisão continua das Pastilhas nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	72,1	63,5	43,5	44,4	71,2	69,2	49,2	70,4	61,4	33,9	33,9	50,7
Stock (f)	22,1	43,5	-38,5	-11,6	69,2	49,2	-53,8	61,4	-7,6	33,9	-32,1	39,7
Encomenda	1,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0
Q	47,1	53,5	21,8	22,2	70,2	59,2	24,6	65,9	30,7	33,9	16,9	45,2
N	6,0											
qr	-143,6			Custo Final	1755,7							

Tabela A.28 - Revisão continua das Pastilhas nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	78,0	69,4	49,4	50,2	77,0	75,0	55,0	76,3	67,3	39,7	39,7	56,6
Stock (f)	28,0	49,4	-32,6	-5,8	75,0	55,0	-48,0	67,3	-1,7	39,7	-26,3	45,6
Encomenda	1,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0
Q	53,0	59,4	24,7	25,1	76,0	65,0	27,5	71,8	33,7	39,7	19,9	51,1
N	6,0											
qr	-114,3			Custo Final	1484,2							

Tabela A.29 - Revisão continua das Pastilhas nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	89,0	80,4	60,4	61,3	88,1	86,1	66,1	87,4	78,4	50,8	50,8	67,6
Stock (f)	39,0	60,4	-21,6	5,3	86,1	66,1	-36,9	78,4	9,4	50,8	-15,2	56,6
Encomenda	1,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0
Q	64,0	70,4	30,2	33,3	87,1	76,1	33,1	82,9	43,9	50,8	25,4	62,1
N	6,0											
qr	-73,7			Custo Final	1113,6							

A.5.1 Aço

[illegible][illegible][illegible][illegible]

Tabela A.34 - Revisão periódica do Alumínio nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	805,2	805,2	805,2	805,2	805,2	805,2	805,2	805,2	805,2	805,2	805,2	805,2
Stock (f)	760,4	805,2	-91,6	803,4	804,1	797,8	519,4	630,5	469,3	54,3	-209,4	805,2
Encomenda	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Q	782,8	805,2	402,6	804,3	804,7	801,5	662,3	717,9	637,3	429,8	402,6	805,2
N	12,0											
q _r	-301,0											
			Custo Final	3211,7								

Tabela A.35 - Revisão periódica do Alumínio nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	946,0	946,0	946,0	946,0	946,0	946,0	946,0	946,0	946,0	946,0	946,0	946,0
Stock (f)	901,2	946,0	49,2	944,2	944,9	938,5	660,2	771,3	610,1	195,1	-68,6	946,0
Encomenda	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Q	923,6	946,0	497,6	945,1	945,5	942,3	803,1	858,7	778,1	570,5	473,0	946,0
N	12,0											
q _r	-68,6											
			Custo Final	1800,1								

Tabela A.36 - Revisão periódica do Alumínio nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	1211,9	1211,9	1211,9	1211,9	1211,9	1211,9	1211,9	1211,9	1211,9	1211,9	1211,9	1211,9
Stock (f)	1167,1	1211,9	315,1	1210,1	1210,8	1204,5	926,1	1037,2	876,0	461,0	197,3	1211,9
Encomenda	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Q	1189,5	1211,9	763,5	1211,0	1211,4	1208,2	1069,0	1124,6	1044,0	836,5	704,6	1211,9
N	12,0											
q _r	0,0											
			Custo Final	1581,0								

A.5.3 Brocas

Tabela A.38 - Revisão periódica das Brocas nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	64,5	62,5	61,5	64,5	56,5	26,5	64,5	48,5	41,5	64,5	57,5	34,5
Stock (f)	62,5	61,5	51,5	56,5	26,5	4,5	48,5	41,5	35,5	57,5	34,5	31,5
Encomenda			13,0			60,0			29,0			33,0
Q	63,5	62,0	56,5	60,5	41,5	15,5	56,5	45,0	38,5	61,0	46,0	33,0
N	4,0											
q _r	0,0											
			Custo Final	235,2								

Tabela A.39 - Revisão periódica das Brocas nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	70,7	68,7	67,7	70,7	62,7	32,7	70,7	54,7	47,7	70,7	63,7	40,7
Stock (f)	68,7	67,7	57,7	62,7	32,7	10,7	54,7	47,7	41,7	63,7	40,7	37,7
Encomenda			13,0			60,0			29,0			33,0
Q	69,7	68,2	62,7	66,7	47,7	21,7	62,7	51,2	44,7	67,2	52,2	39,2
N	4,0											
qf	0,0		Custo Final		239,7							

Tabela A.40 - Revisão periódica das Brocas nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	82,6	80,6	79,6	82,6	74,6	44,6	82,6	66,6	59,6	82,6	75,6	52,6
Stock (f)	80,6	79,6	69,6	74,6	44,6	22,6	66,6	59,6	53,6	75,6	52,6	49,6
Encomenda			13,0			60,0			29,0			33,0
Q	81,6	80,1	74,6	78,6	59,6	33,6	74,6	63,1	56,6	79,1	64,1	51,1
N	4,0											
qf	0,0		Custo Final		248,4							

A.5.4 Fresas

Tabela A.41 - Revisão periódica das Fresas nível de serviço 85%

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	58,8	56,8	45,8	58,8	53,8	18,8	58,8	39,8	33,8	58,8	51,8	33,8
Stock (f)	56,8	45,8	37,8	53,8	18,8	13,8	39,8	33,8	17,8	51,8	33,8	19,8
Encomenda			21,0			45,0			41,0			39,0
Q	57,8	51,3	41,8	56,3	36,3	16,3	49,3	36,8	25,8	55,3	42,8	26,8
N	4,0											
qf	0,0		Custo Final		226,0							

Tabela A.42 - Revisão periódica das Fresas nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	62,9	60,9	49,9	62,9	57,9	22,9	62,9	43,9	37,9	62,9	55,9	37,9
Stock (f)	60,9	49,9	41,9	57,9	22,9	17,9	43,9	37,9	21,9	55,9	37,9	23,9
Encomenda			21,0			45,0			41,0			39,0
Q	61,9	55,4	45,9	60,4	40,4	20,4	53,4	40,9	29,9	59,4	46,9	30,9
N	4,0											
qf	0,0		Custo Final		229,2							

Tabela A.43 - Revisão periódica das Fresas nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	68,7	66,7	55,7	68,7	63,7	28,7	68,7	49,7	43,7	68,7	61,7	43,7
Stock (f)	66,7	55,7	47,7	63,7	28,7	23,7	49,7	43,7	27,7	61,7	43,7	29,7
Encomenda			21,0			45,0			41,0			39,0
Q	67,7	61,2	51,7	66,2	46,2	26,2	59,2	46,7	35,7	65,2	52,7	36,7
N	4,0											
qr	0,0											
			Custo Final	233,7								

Tabela A.44 - Revisão periódica das Fresas nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	79,9	77,9	66,9	79,9	74,9	39,9	79,9	60,9	54,9	79,9	72,9	54,9
Stock (f)	77,9	66,9	58,9	74,9	39,9	34,9	60,9	54,9	38,9	72,9	54,9	40,9
Encomenda			21,0			45,0			41,0			39,0
Q	78,9	72,4	62,9	77,4	57,4	37,4	70,4	57,9	46,9	76,4	63,9	47,9
N	4,0											
qr	0,0											
			Custo Final	242,4								

A.5.5 Pastilhas

Tabela A.45 - Revisão periódica das Pastilhas nível de serviço 85%

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9	90,9
Stock (f)	40,9	70,9	8,9	34,9	88,9	70,9	-12,1	81,9	21,9	90,9	24,9	79,9
Encomenda	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Q	65,9	80,9	49,9	62,9	89,9	80,9	45,5	86,4	56,4	90,9	57,9	85,4
N	12,0											
qr	-12,1											
			Custo Final	839,2								

Tabela A.46 - Revisão periódica das Pastilhas nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5
Stock (f)	50,5	80,5	18,5	44,5	98,5	80,5	-2,5	91,5	31,5	100,5	34,5	89,5
Encomenda	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Q	75,5	90,5	59,5	72,5	99,5	90,5	50,2	96,0	66,0	100,5	67,5	95,0
N	12,0											
qr	-2,5			Custo Final	767,6							

Tabela A.47 - Revisão periódica das Pastilhas nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3
Stock (f)	64,3	94,3	32,3	58,3	112,3	94,3	11,3	105,3	45,3	114,3	48,3	103,3
Encomenda	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Q	89,3	104,3	73,3	86,3	113,3	104,3	62,8	109,8	79,8	114,3	81,3	108,8
N	12,0											
qr	0,0			Custo Final	773,9							

Tabela A.48 - Revisão periódica das Pastilhas nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	140,3	140,3	140,3	140,3	140,3	140,3	140,3	140,3	140,3	140,3	140,3	140,3
Stock (f)	90,3	120,3	58,3	84,3	138,3	120,3	37,3	131,3	71,3	140,3	74,3	129,3
Encomenda	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Q	115,3	130,3	99,3	112,3	139,3	130,3	88,8	135,8	105,8	140,3	107,3	134,8
N	12,0											
qr	0,0			Custo Final	832,0							

A.6 Tabelas Heurística de Naddor

A.6.1 Aço

Tabela A.49 - Heurística de Naddor do Aço nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Aço	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2
Stock (i)	1339,1	1337,6	1265,6	1339,1	1339,1	1339,1	1339,1	1339,1	1272,5	1339,1	1339,1	996,4
Stock (f)	1337,6	1265,6	-418,1	-653,3	839,1	1339,1	414,8	1272,5	-206,2	579,1	996,4	949,2
Encomenda			1757,2	1992,4	500,0		924,3		1545,3	760,0		
Q	1338,3	1301,6	632,8	669,6	1089,1	1339,1	877,0	1305,8	636,3	959,1	1167,7	972,8
N	6,0											
qr	-1277,6			Custo Final	4130,2							

Tabela A.50 - Heurística de Naddor do Aço nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Aço	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2
Stock (i)	1556,2	1554,6	1482,6	1556,2	1556,2	1556,2	1556,2	1556,2	1489,6	1556,2	1556,2	1213,5
Stock (f)	1554,6	1482,6	-201,1	-436,2	1056,2	1556,2	631,9	1489,6	10,8	796,2	1213,5	1166,2
Encomenda			1757,2	1992,4	500,0		924,3		1545,3	760,0		
Q	1555,4	1518,6	741,3	778,1	1306,2	1556,2	1094,0	1522,9	750,2	1176,2	1384,8	1189,8
N	6,0											
q _r	-637,3			Custo Final	2420,9							

Tabela A.51 - Heurística de Naddor do Aço nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Aço	1,5	72,0	1683,7	1992,4	500,0	0,0	924,3	66,6	1478,7	760,0	342,7	47,2
Stock (i)	1966,2	1964,7	1892,7	1966,2	1966,2	1966,2	1966,2	1966,2	1899,6	1966,2	1966,2	1623,5
Stock (f)	1964,7	1892,7	209,0	-26,2	1466,2	1966,2	1041,9	1899,6	420,9	1206,2	1623,5	1576,2
Encomenda			1757,2	1992,4	500,0		924,3		1545,3	760,0		
Q	1965,4	1928,7	1050,8	983,1	1716,2	1966,2	1504,1	1932,9	1160,2	1586,2	1794,8	1599,9
N	6,0											
q _r	-26,2			Custo Final	848,6							

A.6.2 Alumínio

Tabela A.52 - Heurística de Naddor do Alumínio nível de serviço 85%

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	508,6	463,8	463,8	508,6	506,8	505,6	498,2	508,6	508,6	508,6	508,6	508,6
Stock (f)	463,8	463,8	-433,1	506,8	505,6	498,2	212,4	333,9	172,7	-242,4	-506,0	508,6
Encomenda			941,7				296,2	174,7	335,9	751,0	1014,6	
Q	486,2	463,8	231,9	254,3	506,2	501,9	355,3	421,2	340,6	254,3	254,3	508,6
N	6,0											
q _r	-1181,5			Custo Final	8420,0							

Tabela A.53 - Heurística de Naddor do Alumínio nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	580,7	535,9	535,9	580,7	578,9	577,7	570,3	580,7	580,7	580,7	580,7	580,7
Stock (f)	535,9	535,9	-361,0	578,9	577,7	570,3	284,5	406,0	244,8	-170,3	-433,9	580,7
Encomenda			941,7				296,2	174,7	335,9	751,0	1014,6	
Q	558,3	535,9	267,9	290,3	578,3	574,0	427,4	493,3	412,7	290,3	290,3	580,7
N	6,0											
q _r	-965,1			Custo Final	7051,6							

Tabela A.54 - Heurística de Naddor do Alumínio nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	684,5	639,7	639,7	684,5	682,7	681,6	674,1	684,5	684,5	684,5	684,5	684,5
Stock (f)	639,7	639,7	-257,1	682,7	681,6	674,1	388,3	509,8	348,6	-66,4	-330,1	684,5
Encomenda			941,7				296,2	174,7	335,9	751,0	1014,6	
Q	662,1	639,7	319,9	342,3	682,2	677,8	531,2	597,2	516,6	342,3	342,3	684,5
N	6,0											
qr	-653,6		Custo Final		5081,1							

Tabela A.55 - Heurística de Naddor do Alumínio nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Alumínio	44,8	0,0	896,9	1,8	1,2	7,5	285,8	174,7	335,9	751,0	1014,6	0,0
Stock (i)	880,7	835,9	835,9	880,7	878,9	877,7	870,2	880,7	880,7	880,7	880,7	880,7
Stock (f)	835,9	835,9	-61,0	878,9	877,7	870,2	584,4	705,9	544,7	129,7	-134,0	880,7
Encomenda			941,7				296,2	174,7	335,9	751,0	1014,6	
Q	858,3	835,9	417,9	440,3	878,3	874,0	727,3	793,3	712,7	505,2	440,3	880,7
N	6,0											
qr	-195,0		Custo Final		2216,0							

A.6.3 Brocas

Tabela A.57 - Heurística de Naddor das Brocas nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	43,2	41,2	40,2	30,2	22,2	-7,8	-29,8	-45,8	43,2	37,2	30,2	7,2
Stock (f)	41,2	40,2	30,2	22,2	-7,8	-29,8	-45,8	-52,8	37,2	30,2	7,2	4,2
Encomenda			não					96,0				39,0
Q	42,2	40,7	35,2	26,2	11,1				40,2	33,7	18,7	5,7
N	2,0											
qr	-		Custo Final		3825,5							

Tabela A.58 - Heurística de Naddor das Brocas nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	48,9	46,9	45,9	35,9	27,9	-2,1	-24,1	-40,1	48,9	42,9	35,9	12,9
Stock (f)	46,9	45,9	35,9	27,9	-2,1	-24,1	-40,1	-47,1	42,9	35,9	12,9	9,9
Encomenda				não				96,0				39,0
Q	47,9	46,4	40,9	31,9	14,0				45,9	39,4	24,4	11,4
N	2,0											
qr	-		Custo Final		3207,9							

Tabela A.59 - Heurística de Naddor das Brocas nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Brocas	2,0	1,0	10,0	8,0	30,0	22,0	16,0	7,0	6,0	7,0	23,0	3,0
Stock (i)	59,7	57,7	56,7	46,7	38,7	8,7	-13,3	-29,3	59,7	53,7	46,7	23,7
Stock (f)	57,7	56,7	46,7	38,7	8,7	-13,3	-29,3	-36,3	53,7	46,7	23,7	20,7
Encomenda				não				96,0				39,0
Q	58,7	57,2	51,7	42,7	23,7				56,7	50,2	35,2	22,2
N	2,0											
q _f	-79,0			Custo Final	2277,5							

A.6.4 Fresas

Tabela A.60 - Heurística de Naddor das Fresas nível de serviço 85%

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	38,7	36,7	25,7	17,7	12,7	-22,3	38,7	19,7	13,7	38,7	31,7	13,7
Stock (f)	36,7	25,7	17,7	12,7	-22,3	-27,3	19,7	13,7	-2,3	31,7	13,7	-0,3
Encomenda			não			66,0			41,0			39,0
Q	37,7	31,2	21,7	15,2	6,4		29,2	16,7	6,9	35,2	22,7	6,7
N	3,0											
q _f	-51,8			Custo Final	2278,7							

Tabela A.61 - eurística de Naddor das Fresas nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	42,6	40,6	29,6	21,6	16,6	-18,4	42,6	23,6	17,6	42,6	35,6	17,6
Stock (f)	40,6	29,6	21,6	16,6	-18,4	-23,4	23,6	17,6	1,6	35,6	17,6	3,6
Encomenda			não			66,0			41,0			39,0
Q	41,6	35,1	25,6	19,1	8,3		33,1	20,6	9,6	39,1	26,6	10,6
N	3,0											
q _f	-41,9			Custo Final	1875,9							

Tabela A.61 - Heurística de Naddor das Fresas nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	48,1	46,1	35,1	27,1	22,1	-12,9	48,1	29,1	23,1	48,1	41,1	23,1
Stock (f)	46,1	35,1	27,1	22,1	-12,9	-17,9	29,1	23,1	7,1	41,1	23,1	9,1
Encomenda			não			66,0			41,0			39,0
Q	47,1	40,6	31,1	24,6	11,0		38,6	26,1	15,1	44,6	32,1	16,1
N	3,0											
q _f	-30,9			Custo Final	1429,8							

Tabela A.62 - Heurística de Naddor das Fresas nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fresas	2,0	11,0	8,0	5,0	35,0	5,0	19,0	6,0	16,0	7,0	18,0	14,0
Stock (i)	58,4	56,4	45,4	37,4	32,4	-2,6	58,4	39,4	33,4	58,4	51,4	33,4
Stock (f)	56,4	45,4	37,4	32,4	-2,6	-7,6	39,4	33,4	17,4	51,4	33,4	19,4
Encomenda			não			66,0			41,0			39,0
Q	57,4	50,9	41,4	34,9	16,2		48,9	36,4	25,4	54,9	42,4	26,4
N	3,0											
q _f	-10,1											
			Custo Final	587,0								

A.6.5 Pastilhas

Tabela A.63 - Heurística de Naddor das Pastilhas nível de serviço 85%

85%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	60,3	60,3	40,3	60,3	60,3	58,3	38,3	60,3	51,3	60,3	60,3	60,3
Stock (f)	10,3	40,3	-41,7	4,3	58,3	38,3	-64,7	51,3	-17,7	60,3	-5,7	49,3
Encomenda	50,0		102,0	56,0			125,0		78,0		66,0	
Q	35,3	50,3	20,2	32,3	30,2	29,2	19,2	55,8	25,7	60,3	30,2	54,8
N	5,0											
q _f	-129,8											
			Custo Final	317,6								

Tabela A.64 - Heurística de Naddor das Pastilhas nível de serviço 90%

90%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	67,4	67,4	47,4	67,4	67,4	65,4	45,4	67,4	58,4	67,4	67,4	67,4
Stock (f)	17,4	47,4	-34,6	11,4	65,4	45,4	-57,6	58,4	-10,6	67,4	1,4	56,4
Encomenda	50,0		102,0	56,0			125,0		78,0		66,0	
Q	42,4	57,4	23,7	39,4	33,7	32,7	22,7	62,9	29,2	67,4	34,4	61,9
N	6,0											
q _f	-102,9											
			Custo Final	376,5								

Tabela A.65 - Heurística de Naddor das Pastilhas nível de serviço 95%

95%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	77,5	77,5	57,5	77,5	77,5	75,5	55,5	77,5	68,5	77,5	77,5	77,5
Stock (f)	27,5	57,5	-24,5	21,5	75,5	55,5	-47,5	68,5	-0,5	77,5	11,5	66,5
Encomenda	50,0		102,0	56,0			125,0		78,0		66,0	
Q	52,5	67,5	28,8	49,5	38,8	37,8	27,8	73,0	34,0	77,5	44,5	72,0
N	6,0											
q _f	-71,9											
			Custo Final	394,4								

Tabela A.66 - Heurística de Naddor das Pastilhas nível de serviço 99%

99%	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Pastilhas	50,0	20,0	82,0	56,0	2,0	20,0	103,0	9,0	69,0	0,0	66,0	11,0
Stock (i)	96,7	96,7	76,7	96,7	96,7	94,7	74,7	96,7	87,7	96,7	96,7	96,7
Stock (f)	46,7	76,7	-5,3	40,7	94,7	74,7	-28,3	87,7	18,7	96,7	30,7	85,7
Encomenda	50,0		102,0	56,0			125,0		78,0		66,0	
Q	71,7	86,7	38,4	68,7	48,4	47,4	37,4	92,2	53,2	96,7	63,7	91,2
N	6,0											
q _r	-33,5											
			Custo Final	430,1								



2023

Diogo Matias Lourenço
Ferreira Faustino

Proposta de Modelo para a Gestão de Stocks em sistemas *Engineer-to-order*: caso de estudo na indústria