



Mauro Gabriel da Cruz Almeida

Framework de Decisão Multicritério para a Gestão de Sobressalentes e Consumíveis da Manutenção – Caso de Estudo na Prio Supply

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Julho 2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Framework de Decisão Multicritério para a Gestão de Sobressalentes e Consumíveis da Manutenção – Caso de Estudo na Prio Supply

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

**Multi Criteria Decision Framework for the Management of Maintenance Spare
Parts and Consumables - Case Study in Prio Supply**

Autor

Mauro Gabriel da Cruz Almeida

Orientadores

**Professor Doutor Luis Miguel Domingues Fernandes Ferreira
Engenheiro César André Ribeiro Pinto Faria**

Júri

Presidente	Professor Doutor Pedro Mariano Simões Neto Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Professora Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro
Vogais	Professor Doutor Luis Miguel Domingues Fernandes Ferreira Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Doutor Luis Miguel Domingues Fernandes Ferreira
Orientador	Ferreira Engenheiro César André Ribeiro Pinto Faria

Colaboração Institucional:



Prio Supply, S. A

Coimbra, Julho, 2017

“Campeões não são feitos em ginásios. Campeões são feitos de algo que eles têm profundamente dentro de si – um desejo, um sonho, uma visão. Eles têm de ter a habilidade, e a vontade. Mas a vontade deve ser mais forte que a habilidade.”

Muhammad Ali

A todos os que me apoiam e sustentam como pessoa.

Agradecimentos

A realização deste projeto não teria sido a mesma sem a colaboração e o apoio de algumas pessoas às quais gostaria de exprimir o meu agradecimento. Desta forma, deixo algumas palavras de reconhecido agradecimento a todos os que me ajudaram e apoiaram no concretizar desta etapa da minha vida.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus dois orientadores de estágio, o Professor Doutor Luis Ferreira pela disponibilidade e motivação que sempre manifestou, com as devidas orientações para um melhor trabalho e ao Engenheiro André Faria pelo total acompanhamento ao longo dos últimos meses, pelo tempo disponibilizado e acima de tudo pelos conhecimentos transmitidos.

A todo o universo Prio, que me recebeu de braços abertos e tornou a minha vida mais facilitada ao fazerem-me sentir parte desta grande casa. Em particular ao departamento de Manutenção pela disponibilidade de sempre em me ajudar e ao mesmo tempo fazerem-me sentir que o meu projeto era essencial. A toda a equipa da Prio Supply, que sempre me ajudaram na mínima dúvida e elevaram o meu conhecimento nos últimos meses.

A todo o curso de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Coimbra, em particular ao ano de 2012, que com o companheirismo, amizade e ambição passámos estes 5 anos a correr, mas sem deixar nada preso atrás.

Por fim, os dois pilares essenciais numa vida, a família e a amizade. Aos meus amigos, pela amizade, pelo apoio, pelos momentos de diversão e principalmente por percorrerem ao meu lado uma das etapas mais marcantes da minha vida. Sem vocês este caminho teria sido mais difícil e sem graça.

À minha família, em especial aos meus Pais, Irmão e Avó, um enorme obrigado por acreditarem sempre em mim e por todos os ensinamentos de vida que me transmitiram. A constante presença, motivação e inspiração tornou-se essencial no dia-a-dia desta etapa a qual orgulhosamente dedico a todos vocês, com todo o carinho um muito OBRIGADO a todos vós!

Resumo

Hoje em dia com as constantes mudanças organizacionais definidas pelos meios de atuação das mesmas, as organizações nos últimos anos ao nível da gestão da manutenção vêm-se obrigadas a gerir um número cada vez maior de sobressalentes e consumíveis em inventário. Desta forma, e em busca da melhoria contínua de procedimentos internos, técnicos e organizacionais a classificação de sobressalentes e consumíveis torna-se fundamental na gestão da manutenção de cada organização.

A presente dissertação tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma *framework* de decisão multicritério para a classificação de sobressalentes e consumíveis da manutenção, no âmbito da gestão de inventário da manutenção da Prio Supply. A *framework* pretende facilitar a gestão de inventários de sobressalentes e consumíveis, agrupando os artigos em classes com diferentes políticas de inventário.

A abordagem multicritério desenvolvida usa três critérios para definir as classes de sobressalentes e consumíveis, a criticidade do equipamento e a previsão da procura com a ajuda das análises VED e FSN e o critério características logísticas subdivide-se em três subcritérios, valor unitário, *lead time* e o número de potenciais fornecedores com a ajuda das análises ABC, XYZ e VED, respetivamente.

A metodologia usada é baseada na técnica de resolução de problemas multicritério, a análise processo hierárquico (AHP) com a utilização de uma escala triangular Fuzzy, tomando-se pelo Fuzzy AHP. A presente *framework* foi desenvolvida num contexto de caso de estudo na Prio Supply e a sua aplicação baseada nos sobressalentes e consumíveis atualmente existentes em inventário.

Como resultado, 345 artigos foram divididos em três classes conforme os critérios selecionados e puderam ser divididos em subclasses com diferentes políticas de gestão de inventário.

Palavras-chave: Gestão de inventário de sobressalentes, Classificação multicritério, Fuzzy AHP, Gestão da manutenção, *Framework* de decisão, Classificação de sobressalentes.

Abstract

Nowadays, with the constant organizational changes defined by their means, organizations in the last years, in the level of the maintenance management, are forced to manage an increasing number of spare parts and consumables in inventory. In this way, and in search of continuous improvement of internal, technical and organizational procedures, the classification of spare parts and consumables becomes fundamental in the maintenance management of each organization.

The main objective of this dissertation is the development of a multi criteria decision framework for the classification of spare parts and consumables of maintenance, within the scope of inventory management of the maintenance of Prio Supply. The framework aims to facilitate the inventory management of spare parts and consumables, grouping the items into classes with different inventory policies.

The multi criteria approach developed uses three criteria to define the classes of spares and consumables, the equipment criticality and the forecast demand with aid of an VED and FSN analyzes and the logistical characteristics criterion is subdivided into three sub criteria, unit value, lead time and the number of potential suppliers with aid of an ABC, XYZ and VED analyzes, respectively.

The methodology used is based on the technique of multi criteria problem solving, Analytic hierarchy process (AHP) with the use of a triangular Fuzzy scale, taken by the Fuzzy AHP. The present framework was developed in a case study context in Prio Supply and its application based on spare parts and consumables currently in inventory.

As a result, 345 items were divided into three classes according to the criteria selected and could be divided into subclasses with different inventory management policies.

Keywords Spare parts inventory management, Multi criteria classification, Fuzzy AHP, Maintenance management, Decision framework, Spares parts classification.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Siglas	xv
1. Introdução	1
2. Enquadramento teórico	3
2.1. Manutenção e a sua Gestão	3
2.2. Consumíveis e Sobressalentes	4
2.3. Gestão de Inventário de Sobressalentes e Consumíveis	6
2.3.1. Critérios de Classificação de Sobressalentes	10
2.3.2. Técnicas de Classificação de Sobressalentes	13
2.3.3. Classes de Sobressalentes e Consumíveis	20
3. Caso de Estudo	23
3.1. Descrição da Empresa	23
3.2. Proposta da <i>Framework</i>	24
3.2.1. Metodologia	24
3.2.2. Diagnóstico	25
3.2.3. Definição de Critérios	26
3.2.4. Classificação Sobressalentes e Consumíveis	31
3.2.5. Validação da Classificação Definida	32
3.2.6. Definição Políticas de Gestão Inventário	32
3.2.7. Avaliação de Desempenho	34
3.3. Teste Empírico da <i>Framework</i>	35
3.3.1. Diagnóstico	35
3.3.2. Definição de Critérios	37
3.3.3. Classificação Sobressalentes e Consumíveis	40
3.3.4. Validação da Classificação Definida	45
3.3.5. Definição Políticas de Gestão Inventário	46
3.3.6. Avaliação de Desempenho	49
4. Conclusão	51
Referências Bibliográficas	53
Anexo A	55
Anexo B	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de manutenção, adaptado de Cabral (2009).....	4
Figura 2 - Taxonomia, adaptado de EN ISO 14224 (2006).....	5
Figura 3 - Objetivo dos diferentes tipos de inventário, adaptado de Kennedy et al. (2002) .	7
Figura 4 - Quatro passos para a gestão de inventários de sobressalentes (adaptado de Bacchetti e Saccani, 2012)	8
Figura 5 - <i>Framework</i> Conceptual para Classificação de SKUs, adaptado de Van Kampen et al. (2012).....	9
Figura 6 - Frequência de critérios citados na classificação de sobressalentes (adaptado de Roda et al. 2014).	111
Figura 7 - Frequência de critérios usados na classificação de sobressalentes (adaptado de Roda et al. 2014).	12
Figura 8 - Curva ABC (adaptado de Parekh et al., 2008).....	14
Figura 9 - Classificação do tipo de procura (adaptado de Syntetos et al., 2005)	16
Figura 10 - Escala triangular Fuzzy (adaptado de Cakir e Canbolat, 2008).....	19
Figura 11 - Grupo Prio Energy SGPS	23
Figura 12 - Framework de classificação de sobressalentes e consumíveis	25
Figura 13 - Esquematização dos critérios e subcritérios utilizados.....	27
Figura 14 - Definição de Políticas de Gestão de Inventário na Classe A	33
Figura 15 - Definição de Políticas de Gestão de Inventário na Classe B	33
Figura 16 - Definição de Políticas de Gestão de Inventário na Classe C	34
Figura 17 - Evolução das intervenções da manutenção.....	35
Figura 18 - Custos de manutenção por rubrica.....	36
Figura 19 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre os critérios principais	41
Figura 20 - Pesos dos critérios, subcritérios e classes das análises obtidos através do Fuzzy AHP	42
Figura 21 - Exemplo do cálculo das pontuações ponderadas pela folha de cálculo construída	43
Figura 22 - Cálculo das pontuações ponderadas pela folha de cálculo construída.....	44
Figura 23 - Definição dos saltos e das classes no ranking dos artigos	44
Figura 24 – Definição em gráfico dos saltos e das classes de sobressalentes e consumíveis	45

Figura 25 - Divisão das subclasses da Classe A.....	46
Figura 26 - Divisão das subclasses da Classe B.....	47
Figura 27 - Divisão das subclasses da Classe C.....	48
Figura 28 - Procedimento de classificação interno dos equipamentos críticos.....	55
Figura 29 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre os critérios principais.....	57
Figura 30 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre os subcritérios das características logísticas.....	57
Figura 31 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre as classes da análise VED dos equipamentos críticos.....	58
Figura 32 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre as classes da análise FSN da previsão da procura.....	58
Figura 33 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre as classes da análise ABC do valor unitário.....	59
Figura 34 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre as classes da análise XYZ do lead time.....	59
Figura 35 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre as classes da análise VED do número de potenciais fornecedores.....	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Principais critérios utilizados na classificação de sobressalentes (adaptado de Bacchetti e Saccani, 2012).	11
Tabela 2 - Técnicas de Classificação de SKU (adaptado de Van Kampen et al., 2012).	13
Tabela 3 - Escala AHP versus Escala triangular Fuzzy (adaptado de Cakir e Canbolat, 2008).....	19
Tabela 4 - Níveis de criticidade, (adaptado de Molenaers et al., 2012)	21
Tabela 5 - Conjugação da análise VED à criticidade do equipamento	37
Tabela 6 - Conjugação da análise FSN à previsão da procura	38
Tabela 7 - Conjugação da análise ABC ao valor unitário	38
Tabela 8 - Conjugação da análise XYZ ao lead time	39
Tabela 9 - Conjugação da análise VED ao número de potenciais fornecedores	39
Tabela 10 - Conjugação dos critérios e subcritérios às análises utilizadas	40
Tabela 11 - Pesos dos critérios obtidos através do Fuzzy AHP	41
Tabela 12 - Políticas de gestão de inventário às subclasses da Classe A	47
Tabela 13 - Políticas de gestão de inventário às subclasses da Classe B	48
Tabela 14 - Políticas de gestão de inventário às subclasses da Classe C	48
Tabela 15 - KPIs a monitorizar na avaliação de desempenho	50
Tabela 16 - Pesos dos critérios principais obtidos através do Fuzzy AHP	57
Tabela 17 - Pesos dos subcritérios obtidos através do Fuzzy AHP	57
Tabela 18 - Pesos da classificação VED dos equipamentos críticos obtidos através do Fuzzy AHP	58
Tabela 19 - Pesos da classificação FSN obtidos através do Fuzzy AHP	58
Tabela 20 - Pesos da classificação ABC obtidos através do Fuzzy AHP.....	59
Tabela 21 - Pesos da classificação XYZ obtidos através do Fuzzy AHP.....	59
Tabela 22 - Pesos da classificação VED do número de potenciais fornecedores obtidos através do Fuzzy AHP	60

SIGLAS

AHP – Análise do Processo Hierárquico

FSN – Fast-moving, Slow-moving, Non-moving

KPI – Key Performance Indicator

MWW – *Software* ManWinWin

OEE – Overall Equipment Effectiveness

OT – Ordem de Trabalho

PP – Pontuação Ponderada

QEE – Quantidade Económica de Encomenda

SGPAG – Sistema de Gestão Prevenção de Acidentes Graves

SKU – Stock Keeping Unit

VED – Vital, Essencial, desejável

WIP – Work in Progress

1. INTRODUÇÃO

As grandes e constantes mudanças organizacionais, a fim de uma organização se manter competitiva no seu mercado de atuação, têm surgido com maior frequência nas últimas décadas devido ao ambiente interno e externo das organizações. Como consequência dessas mudanças as empresas, ao nível da gestão da manutenção, vêm-se obrigadas a gerir um número cada vez maior de sobressalentes e consumíveis em inventário. Desta forma, e em busca da melhoria contínua de procedimentos internos, técnicos e organizacionais a classificação de sobressalentes e consumíveis torna-se fundamental na gestão da manutenção de cada organização.

O desafio atual das empresas na gestão de sobressalentes e consumíveis é tentar realizar um controlo eficaz para que estes estejam sempre disponíveis para quando sejam necessários, mas ao mesmo tempo que a sua aquisição e posse seja realizada com os mínimos recursos monetários. A este nível, as empresas têm de lidar com uma elevada quantidade e sobretudo variedade de artigos o que leva a que seja uma gestão complexa, e para muitos casos impossível de ser realizada a nível individual. Por consequência desta realidade, a importância de gerir os sobressalentes e consumíveis em grupos torna-se fulcral nas tarefas dos gestores, para que estes possam tomar as suas decisões em grupos de artigos, quer sobressalentes como consumíveis, e melhorar o procedimento da gestão de inventário da manutenção.

No campo da classificação de sobressalentes e consumíveis são inúmeros os trabalhos desenvolvidos com vista a constituir por si só uma vantagem competitiva para as organizações. Embora cada caso seja específico, é essencial definir objetivos claros de classificação de sobressalentes e consumíveis para que esta se torne realmente proveitosa internamente.

A presente dissertação, no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, é realizada com base num estágio efetuado na Prio Supply enquadrado nas atividades de gestão da manutenção e operações do Terminal de Graneis Líquidos do Parque de Tanques. Este projeto surge no sentido de melhorar a gestão da manutenção da Prio Supply, onde a necessidade de atualizar e sistematizar as atividades de gestão de inventário

dos sobressalentes e consumíveis da manutenção tornou-se essencial, mais nomeadamente sistematizar a informação sobre o *stock* existente em armazém e controlá-lo de forma inequívoca.

Assim, o presente projeto tem como objetivo a criação de um sistema de classificação interno para os sobressalentes e consumíveis, agrupando estes em diferentes classes com diferentes políticas de inventário, tendo em conta critérios que estão alinhados com os objetivos da gestão e alicerçados na literatura sobre o tema. Pretende-se que o procedimento proposto possa apresentar-se como uma ferramenta de auxílio à gestão de inventário e seja parte integrante do futuro sistema de gestão da manutenção, onde será testado previamente da sua aplicação.

A metodologia seguida começa por um breve diagnóstico do estado atual da gestão da manutenção da Prio Supply, seguido da definição de critérios bem como as técnicas a utilizar. Após esta fase, realiza-se a classificação de sobressalentes e consumíveis agrupando-os em classes, com as classes definidas surge a fase da validação da classificação, após a validação define-se as políticas de gestão de inventário e aquisição e, por fim, é realizada uma avaliação de desempenho da *framework*.

Este projeto encontra-se organizado em 4 capítulos, no capítulo 1 introduz-se o enquadramento do tema abordado, a relevância para a organização, os objetivos e a estrutura da presente dissertação. No capítulo 2 é analisado o tema e realizado o seu enquadramento teórico. No capítulo 3 é apresentado o caso de estudo na Prio Supply, com a descrição da empresa, a proposta da *framework* e o seu teste empírico. Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões retiradas da aplicação da *framework* e propostas de futura investigação.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Toda a instalação industrial está sujeita a desgaste dos seus equipamentos com o passar do tempo. Para que a empresa assegure o seu bom funcionamento é inevitável que as suas instalações (em particular os equipamentos) sejam mantidas em plenas condições de executar as suas tarefas. Diversas ações, como reparações, correções, inspeções, rotinas preventivas e substituições são realizadas para atingir o bom funcionamento de uma instalação e o conjunto dessas ações constitui aquilo a que na generalidade se chama manutenção.

Neste capítulo é objetivo realizar uma revisão da literatura sobre o tema incidente da dissertação.

2.1. Manutenção e a sua Gestão

Como se define a manutenção? E a sua gestão? Mediante a NP EN 13306 (2007) manutenção define-se como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou a repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida. E a sua gestão são todas as atividades da gestão que determinam os objetos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção, e que as implementam por meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos.

A manutenção no que diz respeito à natureza da sua intervenção e gestão pode ser dividida em três famílias, manutenção preventiva, manutenção corretiva e manutenção de melhoria (Figura 1). Cabral (2009) define os tipos de manutenção como:

Manutenção Preventiva – A que é realizada com o objetivo de evitar avarias, perda ou redução de função. Quanto à oportunidade com que é desencadeada pode ser:

- **Sistemática** – Quando a oportunidade da intervenção é determinada cegamente a partir de intervalos pré-definidos de tempo de calendário ou outra unidade conveniente (ex. horas, quilómetros);

- **Condicionada** – Quando a oportunidade da intervenção é determinada a partir de sintomas apreendidos em inspeção ou controlo de funcionamento, antes de ter ocorrido perda de função.

Manutenção Corretiva – A que é realizada na sequência de uma avaria ou perda de função, a qual poderá ter ocorrido em resultado de:

- **Avaria intrínseca** – A perda de função por causa intrínseca ao próprio equipamento;
- **Avaria extrínseca** – A perda de função por causa exterior ao equipamento.

Manutenção de Melhoria – Um estilo de manutenção destinado a melhorar o desempenho do equipamento no seu contexto, melhorando assim a forma como o equipamento está a funcionar ou a sua manutibilidade.

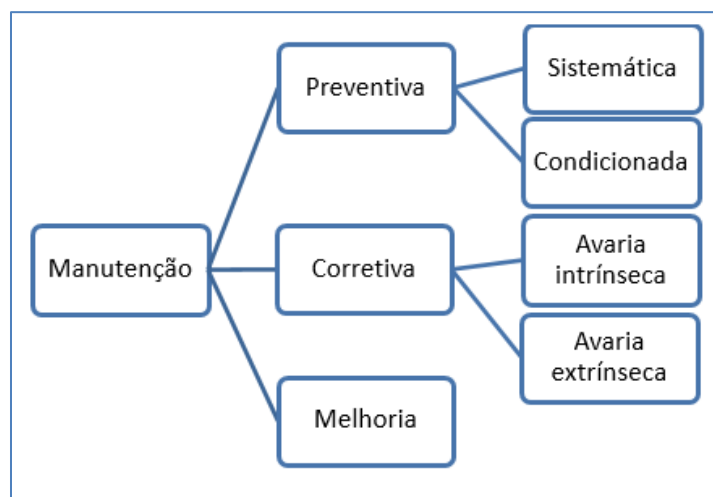


Figura 1 - Tipos de manutenção, adaptado de Cabral (2009)

Ao nível das intervenções realizadas na manutenção, sejam elas corretivas, preventivas ou de melhoria é inevitável falar na utilização dos consumíveis e sobressalentes. Estes são fornecidos à unidade de manutenção para o suporte das suas tarefas, de forma a que esta possa operar em condições.

2.2. Consumíveis e Sobressalentes

Segundo a NP EN 13306 (2007), podemos definir um consumível como um bem ou material não específico de determinado bem e destinado a uma única utilização, caso de lubrificantes, parafusos, tubos. Pode-se definir um sobressalente como um bem destinado a substituir um bem correspondente, de forma a restabelecer a função requerida de origem.

A distinção entre consumível e sobressalente nem sempre é perfeitamente determinada, mas segundo a EN ISO 14224 (2006) é perceptível que ambos pertencem aos níveis base (níveis 7, 8 e 9 da Figura 2) da taxonomia dos equipamentos de uma unidade industrial. Pertencendo a níveis base da taxonomia a gestão de consumíveis e sobressalentes, no seio da gestão da manutenção, assume-se como um aspeto importante para que os níveis de topo possam estar bem sustentados e paralelamente essa gestão não deve ser unicamente abordada numa perspetiva económica.

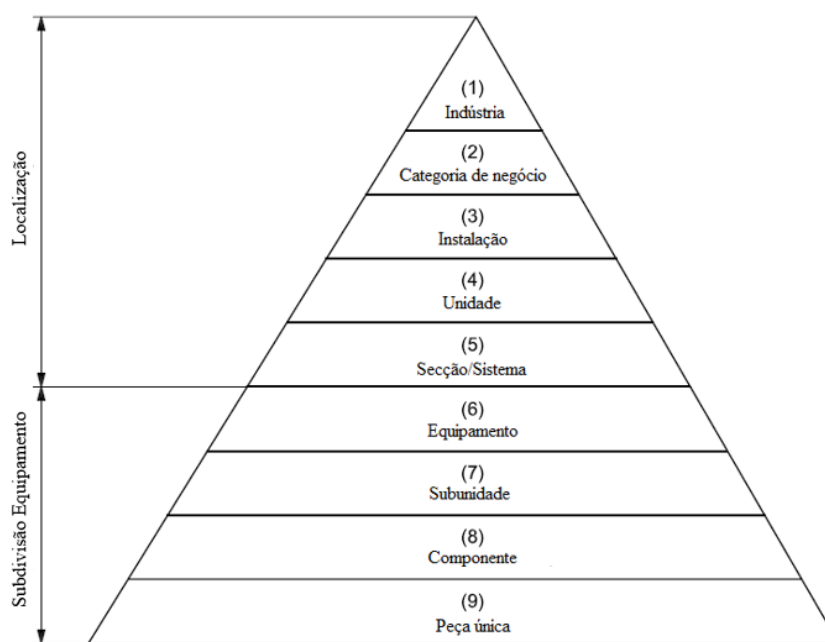


Figura 2 - Taxonomia, adaptado de EN ISO 14224 (2006)

A gestão de consumíveis e sobressalentes embora pareça uma gestão trivial, na literatura recente, percebe-se que há certas características/problemas muito próprios destes dois tipos de materiais, mais especificamente dos sobressalentes (Molenaers et al. 2012).

Quando se fala de políticas de gestão de inventários na literatura, salta à vista políticas de logística onde características como custo de posse, *lead-time*, procura e custo de aquisição têm grande influência em inventários de matérias primas, produtos em via de fabrico (WIP) e produtos acabados. No entanto, quando se fala de inventários de sobressalentes, há certas características de manutenção, que dependendo do caso em questão, são de extrema importância como a criticidade do equipamento e o risco de *stock-out* (Molenaers et al. 2012).

De certa forma, itens que se consideram “importantes” numa perspectiva de manutenção, são bastante diferentes quando comparados com itens “importantes” numa perspectiva logística (Molenaers et al. 2012). Contudo ambas as perspectivas, com diferentes objetivos, devem-se encontrar interligadas no dilema da gestão de inventário de sobressalentes (Cavaliere et al. 2008, Molenaers et al. 2012).

Roda et al. (2014) na sua revisão da literatura, define que um dos principais problemas nesta questão da logística versus manutenção é que a indisponibilidade de um sobressalente pode levar a grandes tempos de não produtividade de um equipamento, com consequências diretas para os resultados da empresa. Inversamente, grandes inventários de sobressalentes roubam capital, i.e., normalmente os inventários resultam em custos relevantes e consomem uma parte significativa do capital de investimento.

Devido à fraca conjugação da perspectiva de manutenção e da perspectiva logística, a gestão de inventários de sobressalentes torna-se num problema crítico que vale a pena as empresas reunirem esforços e o estudarem com muito cuidado (Stoll et al. 2015, Roda et al. 2014, Molenaers et al. 2012).

2.3. Gestão de Inventário de Sobressalentes e Consumíveis

A inventariação dos sobressalentes e consumíveis assume grande importância em contexto industrial (Roda et al. 2014). Embora numa primeira abordagem se pense que os inventários de sobressalentes são geridos da mesma forma que os inventários de produtos em via de fabrico ou produtos finais, este pensamento encontra-se errado porque todos os inventários que existem têm objetivos específicos (Figura 3). Kennedy et al. (2002), afirma que inventários de sobressalentes não são inventários de produtos intermédios ou finais e as políticas para os gerir são diferentes das políticas usadas nos inventários de produtos em vias de fabrico ou outros. Em relação aos níveis de *stock* de produtos intermédios ou finais estes podem ser aumentados ou diminuídos através da mudança das taxas de produção, através do planeamento, aumentando a qualidade e reduzindo o *lead time*. Já os níveis de *stock* de sobressalentes e consumíveis de manutenção são uma função de como os equipamentos são usados e como são mantidos (Kennedy et al. 2002).

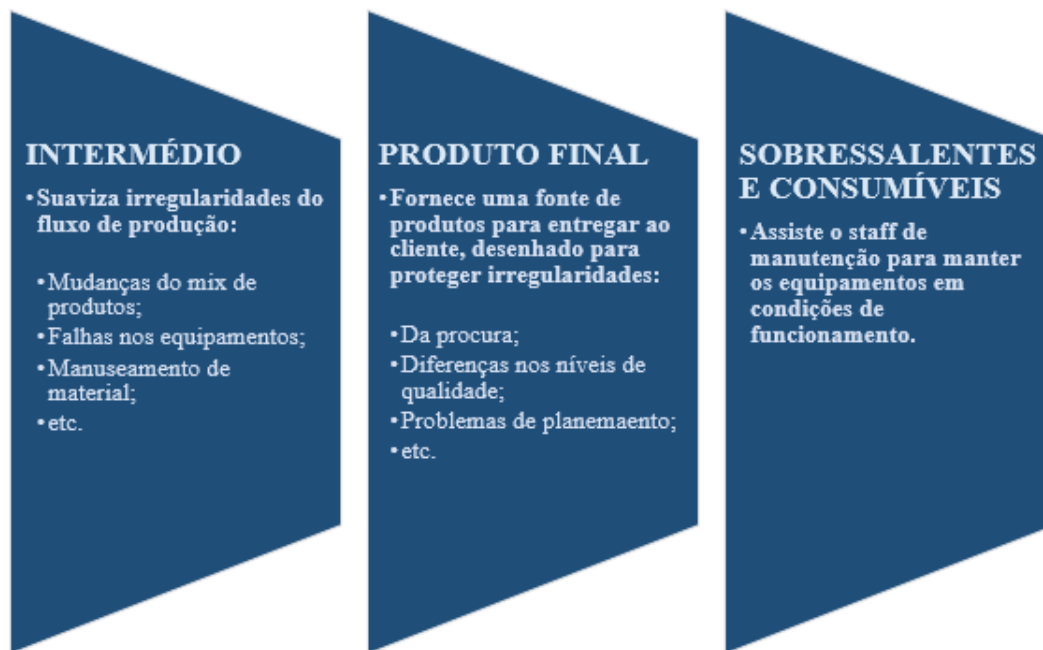


Figura 3 - Objetivo dos diferentes tipos de inventário, adaptado de Kennedy et al. (2002)

Devido ao objetivo muito próprio dos inventários de sobressalentes, estes têm várias peculiaridades. Roda et al. (2014) na sua revisão de literatura, adaptando das obras de Kennedy et al. (2001) e Cavaliei et al. (2008) define as seguintes características:

- Existe uma elevada incerteza sobre quando um sobressalente é necessário e a quantidade necessária quando requerido; de facto, a falha de um sobressalente numa instalação pode ser dificilmente previsível, particularmente para novos equipamentos e por causa das dependências de falha;
- O número de sobressalentes é frequentemente muito grande tornando o controlo fastidioso;
- O fornecimento dos sobressalentes é frequentemente limitado a um ou poucos fornecedores, causando implicações em termos de *lead time* e custos; ou em caso de muitos fornecedores, o risco relativo à variedade de qualidade do material fornecido pode ocorrer;
- A obsolescência pode ser um problema, de facto, é difícil de determinar a quantidade de sobressalentes em *stock* para um equipamento obsoleto;
- A variedade de características de sobressalentes é normalmente elevada; os consumos de alguns sobressalentes são muito altos porem de outros são muito baixos; alguns sobressalentes são caracterizados por baixos custos de compra,

enquanto outros são caracterizados por altos custos de compra; eventualmente, os *lead times* são diferenciados e podem ser elevados, especialmente no caso de sobressalentes específicos;

- O processo de gestão muitas vezes carece de informação relevante; fraca recolha de dados de inventário, ineficiente processo de encomendas e informação da gestão de inventário “escondida”.

Atendendo a estas características, a gestão de inventários de sobressalentes torna-se uma tarefa difícil para os gestores. De forma a responder a esta complicada tarefa, Bacchetti e Saccani (2012) sugerem uma abordagem de quatro passos para o desenvolvimento e gestão dos inventários de sobressalentes (Figura 4):

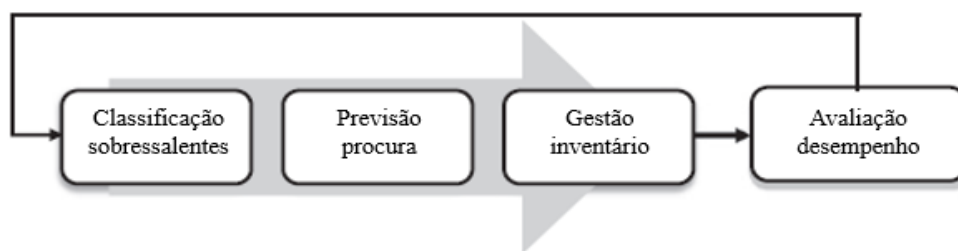


Figura 4 - Quatro passos para a gestão de inventários de sobressalentes (adaptado de Bacchetti e Saccani, 2012)

1. **Classificação de Sobressalentes** – Os sobressalentes são categorizados pelas suas características técnicas e financeiras;
2. **Previsão Procura** – Nesta fase, os sobressalentes podem ser ainda categorizados com base nos padrões de procura;
3. **Gestão de inventário** – Adaptar uma política de gestão de *stock* para cada categoria de sobressalentes;
4. **Avaliação desempenho** – Aquando da criação da política de gestão de inventário, a avaliação dos resultados alcançados pode ser realizada.

A classificação dos sobressalentes é usada na gestão de inventários de sobressalentes como um passo para focar nos itens mais importantes e facilitar os processos de decisão, uma vez que torna a gestão de inventário ao nível de classes. À vista disso, classificar os artigos permite fazer uma análise de critério(s), identificar e dividir diferentes classes de sobressalentes que vão ser geridas de diferentes maneiras, adotando diferentes

práticas de controlo (Stoll et al. 2015 e Syntetos et al. 2009). De certo modo, a classificação de sobressalentes deve dividir os sobressalentes e consumíveis em classes e estabelecer os seus limites, fazendo com que estas passem a incluir as características e as técnicas a utilizadas.

Van Kampen et al. (2012) na sua revisão da literatura de classificação de *stock keeping units* (SKUs), define que para haver uma correta classificação de SKUs (onde os sobressalentes fazem parte) deve existir quatro fatores:

- Objetivo (Gestão de inventário, Precisão, Estratégia de produção);
- Contexto (Processo, Produto, Ciclo de vida do produto);
- Características/Critérios (Volume, Tempo);
- Técnica (Qualitativa, Quantitativa).

Ainda neste contexto, Van Kampen et al. (2012) afirma que estes quatro fatores devem existir interligados, apresentando um *Framework* conceptual para a classificação de SKUs (Figura 5), onde as seguintes relações são encontradas:

1. O objetivo influencia a escolha das características/critérios;
2. O contexto influencia a escolha das características;
3. As características escolhidas influenciam a escolha da técnica a utilizar;
4. A técnica escolhida influencia a operacionalização das classes;
5. O contexto influencia a operacionalização das classes.

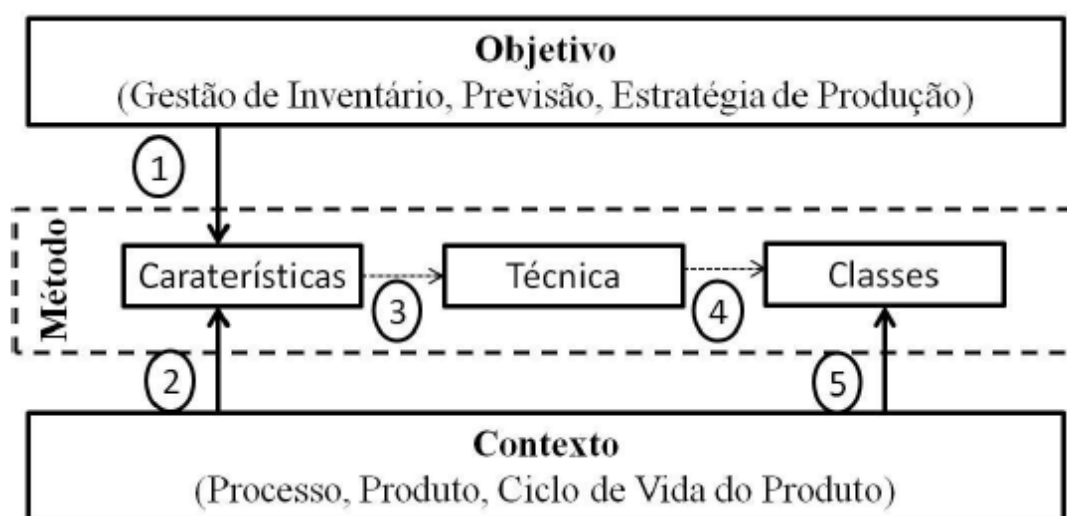


Figura 5 - *Framework* Conceptual para Classificação de SKUs, adaptado de Van Kampen et al. (2012)

No que toca à previsão da procura, é muito difícil aplicar os métodos tradicionais de previsão nos sobressalentes. Isto acontece, devido ao facto de a procura de um sobressalente estar relacionada com a ocorrência de falha de um componente, e como estas falhas ocorrem de forma aleatória e incerta, as taxas de consumos de sobressalentes são muito baixas e a procura é esporádica (Bacchetti e Saccani, 2012).

A gestão de inventário de sobressalentes tem como principais problemas a definição da frequência de pedidos de compra, a quantidade a pedir e a quantidade de *stock* (Kennedy et al. 2002). Onde a definição de cada variável anterior deve ser minuciosamente estudada ao nível das classes obtidas na classificação de sobressalentes.

A avaliação de desempenho do desenvolvimento da gestão de inventário de sobressalentes, conforme Cavalieri et al. (2008), pode ser feita recorrendo à simulação. Com este método sugere-se que se testem novas políticas para chegar a uma política de inventário ótima. No entanto, o desenvolvimento da gestão de inventário de sobressalentes, deve corresponder às expectativas da gestão de topo e apresentar melhores indicadores aquando da sua aplicação.

2.3.1. Critérios de Classificação de Sobressalentes

Tendo em conta o trabalho de Van Kampen et al. (2012), aquando da definição do contexto e objetivo do estudo, o primeiro passo a realizar na classificação de SKUs, sendo os sobressalentes um destes grupo, deve ser a definição dos critérios/características a utilizar na classificação.

Na comunidade científica muitos critérios de classificação de sobressalentes/SKUs se têm usado. Van Kampen et al. (2012) distinguem quatro categorias principais de critérios/características: o volume, onde se pode encontrar critérios como o volume da procura e variabilidade; o produto, diante do qual critérios como variedade, ciclo de vida e requerimentos de armazenamento lhe são adjacentes; o consumidor, onde os critérios como a heterogeneidade e correlação com os comportamentos de utilização são enquadrados; e o tempo, onde questões como o *lead time* e frequência da procura são adjacentes.

No entanto as abordagens de utilização de critérios na gestão de inventários têm sido diversas. Por um lado, uma pequena parte da comunidade científica classifica os sobressalentes tendo em conta unicamente um critério, mais genericamente o valor,

utilizando a análise ABC (Bacchetti e Saccani, 2012). Por outro lado, a grande parte da comunidade científica utiliza a decisão multicritério para a classificação de sobressalentes.

Bacchetti e Saccani (2012), no seu estudo de revisão de literatura de classificação de sobressalentes, apresenta uma lista de referências, tendo em conta diversos critérios (Tabela 1).

Tabela 1 - Principais critérios utilizados na classificação de sobressalentes (adaptado de Bacchetti e Saccani, 2012).

Autor(es)	Ano	Critério de classificação usado					
		Valor	Criticidade	Características logísticas	Volume da procura	Varabilidade da procura	Outros
Braglia et al.	2004	X	X	X	X		
Cavalierli et al.	2008	X	X	X		X	X Especificidade do sobressalente
Duchessi et al.	1988	X	X				
Flores et al.	1988		X		X		
Gajpal et al.	1994		X				
Huiskonen	2001	X	X			X	X Especificidade do sobressalente
Ng	2007	X		X	X		
Partovi et al.	2002	X	X	X	X		
Persson et al.	2009	X	X	X	X		X Ciclo de vida
Petrovic et al.	1992	X	X		X		X Peso, eficiência de reparação
Porras et al.	2008	X	X		X		
Ramanathan	2006	X	X	X	X		
Syntetos et al.	2009				X		
Yamashina	1989					X	X Confiabilidade do sobressalente, ciclo de vida
Zhou et al.	2006	X	X	X	X		

Já Roda et al. (2014), verificou que em dezoito artigos analisados estes referem vários critérios (Figura 6) e a utilização dos critérios tem uma frequência conforme apresentado na Figura 7.

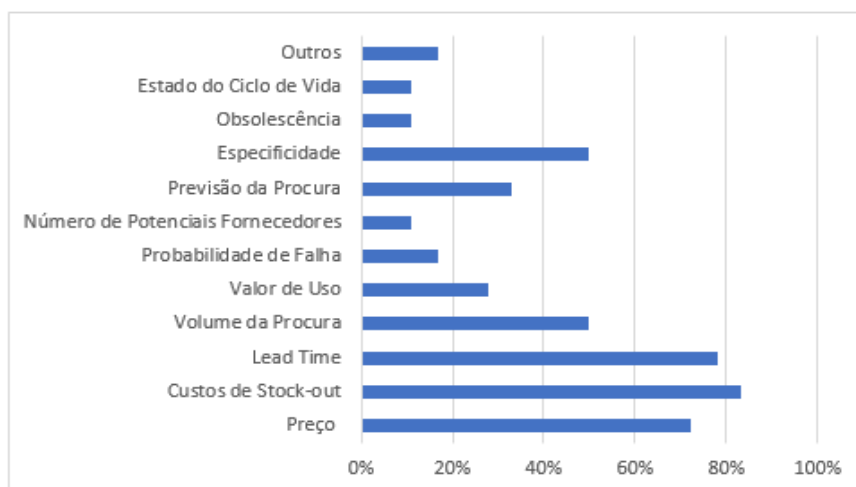


Figura 6 - Frequência de critérios citados na classificação de sobressalentes (adaptado de Roda et al. 2014).

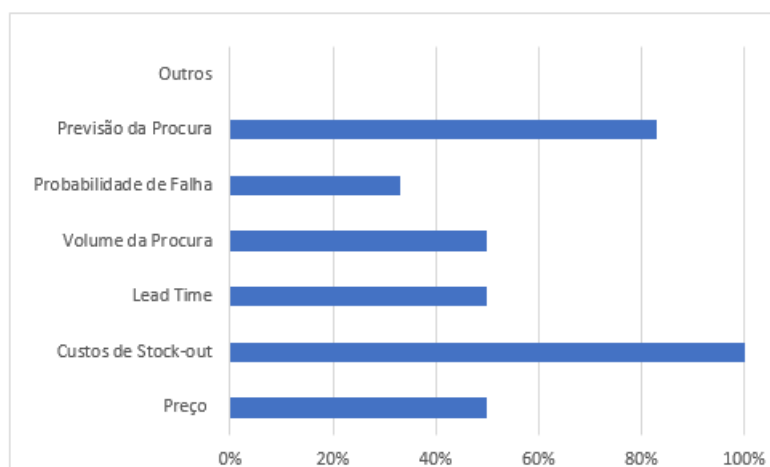


Figura 7 - Frequência de critérios usados na classificação de sobressalentes (adaptado de Roda et al. 2014).

Pela Tabela 1, Figura 6 e Figura 7 é perceptível que existem vários critérios de referência na classificação de sobressalentes, no entanto há na literatura quem utilize outros, essa escolha de critérios deve ser feita no seio da gestão e tendo em conta os seus objetivos e o contexto da organização. Van kampen et al. (2012) afirmam que a especificidade da indústria ou o contexto do estudo influencia claramente as escolhas feitas na classificação, e a seleção das características é influenciada pelo objetivo do estudo. Flores e Whybark (1986) afirmam que a escolha do número de critérios para a classificação de sobressalentes deve ser uma ponderação dos gestores da organização para ir ao encontro das suas expectativas e do objetivo para o qual existe a gestão de inventário, no entanto estes afirmam que o número ótimo de critérios a serem confrontados, i.e., utilizando técnicas multidimensionais, não deve ser maior que três, devido a aumentar a complexidade do estudo. Neste sentido, muitos são os trabalhos que apenas confrontam três dimensões (Stoll et al. 2015, Molenaers et al. 2012, Bošnjaković 2009), no entanto, a utilização de três dimensões não significa a utilização de apenas três critérios, pois vários trabalhos, como o de Stoll et al. (2015) e Molenaers et al. (2012) com a utilização do multicritério conseguiram utilizar mais do que três critérios confrontando apenas três dimensões.

Roda et al. (2014) afirmam que para existir uma boa estrutura de classificação de sobressalentes esta não pode ser baseada num único critério, mas com isso cria-se um problema comum, a identificação da importância relativa dos critérios (i.e., pesos). Já Huiskonen (2001) afirma que existem diversos critérios de acordo com os quais diferentes situações de controlo podem surgir, e combiná-los todos produz uma quantidade

incontrolável de diferentes classes. Van Kampen et al. (2012) afirmam não encontrarem argumentos claros para a seleção do número ideal de critérios utilizados, dizendo que estes têm de ser uma escolha interna da organização e ser um *trade-off* entre o esforço adicional de adquirir mais informação das características de um sobressalente e o ganho na qualidade do resultado da classificação de sobressalentes.

2.3.2. Técnicas de Classificação de Sobressalentes

No que diz respeito às técnicas usadas na classificação de sobressalentes, a comunidade científica mostra-nos que existe uma grande variedade de técnicas para chegar a uma classificação. De certo modo, estas técnicas dividem-se essencialmente em dois tipos: qualitativas e quantitativas, ver Tabela 2 (Van Kampen et al. 2012 e Cavalieri et al. 2008). No que diz respeito às técnicas qualitativas, estas são utilizadas como um caminho para capturar a opinião dos gestores, já as técnicas quantitativas são baseadas em dados quantificáveis das características dos sobressalentes, como por exemplo o custo unitário (Van Kampen et al. 2012).

Tabela 2 - Técnicas de Classificação de SKU (adaptado de Van Kampen et al., 2012).

Fontes de conhecimento	Técnica
Qualitativas / De Julgamento	VED
	AHP
	TOPSIS
	<i>Distance Modelling</i>
	<i>Fuzzy-AHP (Cakir e Canbolat, 2008)</i>
Quantitativas / Estatísticas	Análise ABC
	FSN/FNS
	Análise ABC Bi-Critério
	Matriz 2x2 / Gráfica
	Árvore de Decisão
	Perfis Tipo
	Análise de Cluster
	Técnicas de Otimização
	Redes Neurais
	Algoritmos Genéticos

Análise ABC

Como apresentado na Tabela 2 diversas técnicas são utilizadas em estudos passados, no entanto a mais comum é a análise ABC, também conhecida como análise Pareto. Esta análise divide os itens em 3 classes (classe A, classe B e classe C) através do

seu valor de consumo anual (valor unitário X volume de procura anual), onde a classe A contém os artigos que representam cerca de 80% do valor de consumo anual (cerca de 20% dos artigos), os artigos com o valor de consumo anual de 15% são classificados como sendo da classe B (30% dos artigos) e os restantes artigos são da classe C, normalmente cerca de 50% dos artigos que representam 5% do valor de consumo anual, ver Figura 10 (Parekh et al. 2008).

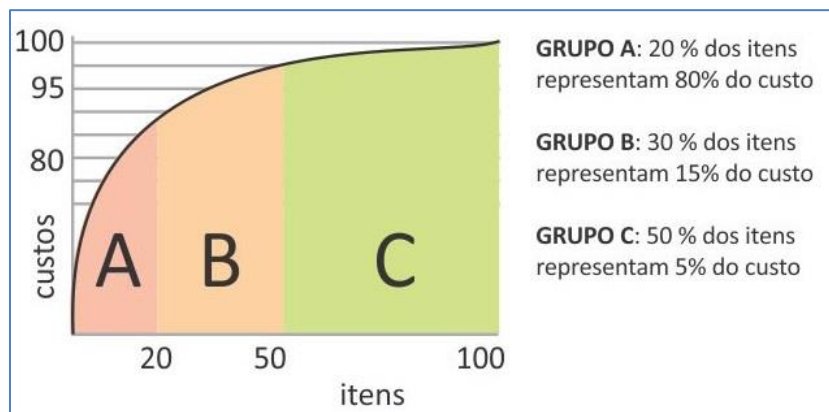


Figura 8 - Curva ABC (adaptado de Parekh et al., 2008)

Apesar de ser uma análise bastante usada e compreensível por parte dos gestores, a análise ABC tradicional mostra-se insuficiente para gerir inventários pouco homogêneos, como é o caso dos inventários de sobressalentes, pelo que é necessário inserir mais critérios de classificação além dos habituais valor e volume de procura.

Neste contexto, a análise ABC multicritério na gestão de sobressalentes emergiu como uma alternativa. Flores et al. (1992), utilizaram quatro critérios: o valor da procura anual, a média do custo unitário, o *lead-time* e a criticidade (onde contém três subcritérios). Com a utilização do método AHP foi possível utilizar seis critérios (mensurados por uma escala comum de 0 a 1) e chegar a uma pontuação ponderada (PP) definida da seguinte forma:

$$PP = 0.09 \text{ valor da procura anual} + 0.08 \text{ média do custo unitário} + 0.28 \text{ impacto} \\ + 0.1 \text{ escassez} + 0.04 \text{ substitutos} + 0.41 \text{ lead time}$$

Com as pontuações ponderadas de todos os artigos analisados, foi possível realizar uma análise ABC e dividir os artigos em três classes:

- Classe A: [0.57302 ; 0.87690] PP
- Classe B: [0.41910 ; 0.57224] PP
- Classe C: [0.01771 ; 0.41335] PP

Posteriormente cada classe tem as suas ações definidas, mas é notório que os itens integrados na classe A vão receber uma maior atenção por parte da gestão.

Como referido a cima, é inegável que para uma classificação adequada de sobressalentes deve ser utilizado mais do que um critério e para tal, a análise ABC multicritério é uma ferramenta muito bem conseguida nesta área. No entanto, não é demais referir que a escolha dos critérios, o número de critérios a ser utilizados e a importância/pesos de cada um deve ser característico de cada empresa (Flores e Whybark, 1986).

FSN

Outra grande técnica utilizada na literatura é a classificação FSN (*Fast moving, Slow moving, Non-moving*), com esta classificação os artigos são distinguidos através da frequência da procura ou da velocidade de rotação do *stock*, onde artigos que têm grande procura, i.e., grande velocidade de rotação, são classificados como F - Alta Rotação (*fast moving*), os que têm baixa procura ou nenhuma são classificados como N - Sem Rotação (*Non moving*), e os artigos intermédios classificados como S - Baixa Rotação (*Slow moving*) (Parekh et al. 2008). De modo geral, os sobressalentes classificam-se nas classes S e N e os consumíveis comuns encontram-se na classe F, mas há a necessidade de perceber que esta técnica é somente qualitativa no que diz respeito à definição dos valores de fronteira entre classes, pelo que os limites podem variar de empresa para empresa.

Ainda no campo da classificação da procura, Syntetos et al. (2005) propõem um modelo de quatro quadrantes, ver Figura 11. Esta classificação é representada num gráfico bidimensional com o coeficiente da variabilidade da procura (CV^2) em função do intervalo médio entre procuras (IEP). As seguintes procuras podem ser encontradas:

- **Procura Contínua** – Caracteriza-se por ter uma procura contínua entre quantidades e regular em intervalos entre procuras;
- **Procura Errática** – É uma procura com regularidade entre intervalos, mas varia muito entre quantidades;

- **Procura Intermitente** – O momento da procura é algo incerto, sendo muitas vezes uma procura nula durante grandes períodos e a quantidade de procura é usual ser constante;
- **Procura Irregular** – É uma procura em que as quantidades e os intervalos entre procuras são incertos, o que torna a gestão numa tarefa muito complicada.

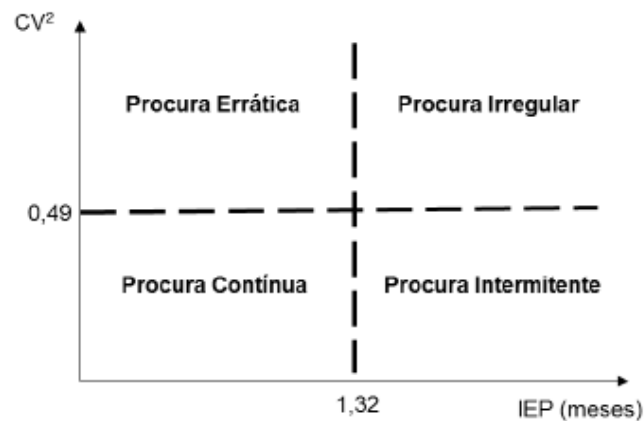


Figura 9 - Classificação do tipo de procura (adaptado de Syntetos et al., 2005)

VED

Embora técnicas quantitativas sejam sempre preferíveis em relação às técnicas qualitativas devido à sua subjetividade, as técnicas qualitativas são bastante usadas em estudos, mais concretamente a classificação VED (Vital, Essencial, Desejável). A análise VED classifica os artigos em Vitais, Essenciais e Desejáveis com base na sua funcionalidade, particularmente na gestão de inventários de sobressalentes é uma análise muito utilizada para distinguir sobressalentes sobre a sua criticidade (Parekh et al. 2008). Mesmo sendo uma técnica muito utilizada na literatura, a classificação VED reflete a importância dada por quem gere a classificação dos sobressalentes o que leva a um alto risco de subjetividade na classificação (Roda et al. 2014).

Muitos são os trabalhos na literatura que ligam a análise VED ao critério criticidade, neste campo talvez o trabalho de Molenaers et al. (2012) seja o que mais explora essa relação. Molenaers et al. (2012), afirmam que a criticidade é a característica mais importante na gestão de sobressalentes, mesmo sabendo que as peças ditas críticas podem ficar em *stock* sem serem consumidas a curto prazo. Para tal, Molenaers et al. (2012) define seis critérios para analisar a criticidade de um sobressalente: a Criticidade do Equipamento,

a Probabilidade de Falha do sobressalente, o Tempo de Reposição, o Número de Potenciais Fornecedores, a Disponibilidade de Especificações Técnicas e o Tipo de Manutenção. Desses seis critérios, cinco deles são analisados recorrendo à análise VED e apenas o Tipo de Manutenção se analisa em função de duas opções (manutenção corretiva ou manutenção preventiva).

Ainda no campo da criticidade, é necessário realçar a definição de Huiskonen (2001) muito citada na literatura. Huiskonen (2001) divide a criticidade em criticidade do processo, que está relacionada com as consequências no processo causadas por uma falha de um sobressalente, pode ser considerado como o tempo em que o problema precisa de ser resolvido; e na criticidade de controlo, que está relacionada com o controlo da situação, incluindo os seguintes critérios: previsibilidade da falha, disponibilidade de fornecedores e *lead-time*.

AHP

A fim de utilizar o multicritério na classificação de sobressalentes algumas técnicas foram desenvolvidas para o efeito, neste campo a técnica AHP (Análise do Processo Hierárquico) torna-se a base de muito trabalhos, por exemplo Stoll et al. (2015) e Molenaers et al. (2012) utilizam esta técnica conjugada com a análise VED, Flores et al. (1992) utilizam o AHP como base para a sua análise ABC multicritério, entre outros autores.

A AHP é muito usada para decisões multicritério porque esta permite calcular um índice de criticidade (i.e., uma pontuação ponderada, Flores et al. 1992) atendendo aos fatores escolhidos para análise, assim reduz-se a multiplicidade de critérios para uma única variável e de mensuração consistente (Kabir e Hasin, 2011).

No entanto, esta técnica requiere juízos entre critérios, ou seja, é necessário estabelecer comparações, par a par, entre os critérios escolhidos, essas comparações são realizadas numa escala de nove pontos (1 – Igual importância a 9 – Extremamente mais importante, ver Tabela 3), que são expressos por uma ou várias pessoas (Roda et al. 2014), com esse procedimento tão rígido são identificadas cinco desvantagens por Kabir e Hasin, 2011:

1. O método AHP é usado principalmente em aplicações de decisão quase nítidas, i.e., o grau de incerteza não é elevado;
2. Este lida com uma escala de julgamento muito desequilibrada;

3. O método AHP não leva em conta a incerteza associada ao mapeamento de um julgamento para um número;
4. A classificação do método AHP é bastante imprecisa;
5. O julgamento subjetivo, a seleção e a preferência dos decisores têm grande influência nos resultados do AHP. Além disso, as exigências de um decisor sobre a avaliação de alternativas contêm sempre ambiguidade e multiplicidade de significado.

Portanto, o AHP convencional encontra-se inadequado para captar explicitamente uma decisão, neste sentido, a ajuda da técnica Fuzzy, como extensão do AHP (Fuzzy AHP), tem sido usada para eliminar a incerteza das preferências humanas e assim permite uma melhor precisão da descrição no processo de decisão (Kabir e Hasin, 2011 e Cakir e Canbolat, 2008).

A técnica Fuzzy permite definir variáveis linguísticas *fuzzy* (i.e., difusas) que representam uma expressão em linguagem natural ou artificial que descreve uma coleção de valores. Por exemplo, suponhamos que temos expressões não numéricas sobre as condições climáticas, tais como: frio, fresco, moderado, morno e quente, cada um dos quais modelado por um número *fuzzy* que representa a temperatura aproximada em intervalos (i.e., frio é representado num intervalo de 0° a 15° com o valor mais provável ser 10°). Essas expressões não numéricas são definidas como variáveis linguísticas *fuzzy* para ajudar nas decisões dos gestores quando pretendem descrever um julgamento subjetivo, como é o caso da importância de um critério versus outro (Cakir e Canbolat, 2008).

Como extensão do AHP, é normal ver na literatura a escala *fuzzy* representada na forma triangular, ver Tabela 3 e Figura 10, em que por exemplo um critério fortemente mais importante em relação a outro é representado por uma escala triangular *fuzzy* de (4, 5, 6), em que o valor mínimo e máximo são respetivamente 4 e 6 e o valor mais provável é o 5. Com a utilização do Fuzzy AHP é atenuada a subjetividade e ambiguidade inerentes ao julgamento dos gestores, perfazendo um resultado mais viável.

Tabela 3 - Escala AHP versus Escala triangular Fuzzy (adaptado de Cakir e Canbolat, 2008)

Variável Linguística	Escala AHP	Escala triangular Fuzzy	Definição
Igual importância	1	(1, 1, 2)	Dois critérios contribuem igualmente para o objetivo
Moderadamente importante	3	(2, 3, 4)	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma alternativa em relação à outra
Fortemente mais importante	5	(4, 5, 6)	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma alternativa em relação à outra
Muito fortemente mais importante	7	(6, 7, 8)	Alternativa fortemente favorecida em relação à outra e a sua importância é demonstrada na prática
Extremamente mais importante	9	(8, 9, 9)	A evidência favorece uma alternativa em relação a outra, com um grau de certeza muito elevado

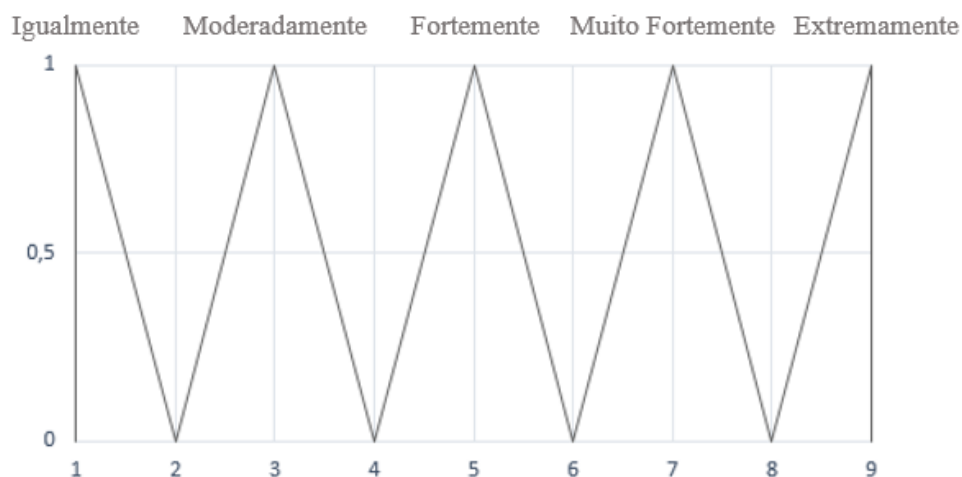


Figura 10 - Escala triangular Fuzzy (adaptado de Cakir e Canbolat, 2008)

Embora não haja um caminho para saber que técnica usar em determinado caso, existe sempre certas vantagens/desvantagens de usar uma técnica em função de outra. A escolha da(s) técnica(s) a utilizar deve ser, mais uma vez, parte da decisão dos gestores na criação de um procedimento de classificação de sobressalentes (Roda et al. 2014 e Van Kampen et al. 2012).

Ainda para uma correta classificação de sobressalentes, estes devem ser inseridos em classes, dependendo das suas características, onde depois, cada classe estará preconizada com certas ações ao nível de encomenda ou *stock*.

2.3.3. Classes de Sobressalentes e Consumíveis

Cavaliere et al. (2008), afirma que há a necessidade de uma classificação adequada dos sobressalentes e consumíveis, porque numa instalação de produção, composta por diferentes equipamentos, existe uma grande variedade de materiais técnicos usados, diretamente ou indiretamente, para fins de manutenção e reparação. Além disso, as características técnicas e económicas podem ser altamente diferentes. Como resultado para alcançar o sucesso do *trade-off* entre a perspetiva logística e a perspetiva da manutenção, classificar os itens em grupos com diferentes prioridades deve ser o primeiro passo e então, deve-se adequar políticas de encomenda a cada grupo de itens (Hadi-Vencheh e Mohamadghasemi, 2011).

Kennedy et al. (2002) na sua revisão da literatura de inventários de sobressalentes, afirma que a classificação de sobressalentes deve distinguir classes para categorizar os sobressalentes e atribuir às classes características relevantes e distintivas para o contexto em que insere a empresa em estudo. Neste contexto, os problemas básicos a serem resolvidos na definição das classes, de acordo com Kennedy et al. (2002), são:

- Quando acionar o pedido de encomenda;
- Que quantidades encomendar, quando um pedido é feito;
- Escolher o objetivo – para reduzir custos ou para aumentar a disponibilidade.

Nesse sentido, inúmeras classes na literatura se têm utilizado, Cavaliere et al. (2008) distingue quatro classes no seu trabalho:

- **Consumíveis e materiais auxiliares:** estes itens são caracterizados por um consumo contínuo e com uma larga base de fornecedores (ex. filtros);
- **Sobressalentes genéricos:** estes são sobressalentes que podem ser montados em mais do que uma peça de um equipamento (ex. rolamentos, válvulas e cilindros);
- **Sobressalentes específicos:** estes são específicos para uma peça particular de um equipamento e/ou disponíveis apenas em fornecedores específicos;
- **Sobressalentes estratégicos:** estes são sobressalentes específicos, cujo tempo de desgaste esperado não é previsível e caracterizam-se por um elevado prazo de fornecimento, custos relevantes e uma procura esporádica.

No sentido de classificar os sobressalentes tendo em especial atenção a sua criticidade, Molenaers, et al. (2012) definem quatro níveis de criticidade com várias ações a ser tomadas (Tabela 4).

Tabela 4 - Níveis de criticidade, (adaptado de Molenaers et al., 2012)

Nível	Descrição
Alto	A indisponibilidade deste item causa uma condição inaceitável;
	O fornecimento imediato do material é necessário;
	Risco no processo de encomenda não é tolerado
Médio	A indisponibilidade deste item causa uma condição inaceitável, mas as consequências podem ser corrigidas ou controladas;
	O material deve ser fornecido dentro de um pequeno período;
	O processo de encomenda deve ter um risco calculado;
Baixo	A indisponibilidade causa uma condição aceitável;
	O fornecimento do material é ocorrido depois de um longo período de tempo;
	Risco no processo de encomenda pode ser justificado;
Zero	A indisponibilidade não causa nenhum efeito;
	O fornecimento do material é ocorrido depois de um longo período de tempo;
	Risco no processo de encomenda é normal;

Stoll et al. (2015) e Bošnjaković (2009) de modo a reduzir custos e aumentar a disponibilidade de sobressalentes ditos críticos nos seus estudos, utilizaram três classes de classificação: sobressalentes que não necessitavam de *stock*, sobressalentes que eram pedidos tendo em conta a quantidade ótima de encomenda e sobressalentes que necessitavam de existir em apenas uma unidade no armazém.

Tal como o número de critérios a utilizar na classificação de sobressalentes, na literatura não existe muita investigação do número ideal de classes a serem usadas (Roda et al. (2014), pelo que o número de classes é muitas vezes consequência da(s) técnica(s) usada(s) na classificação de sobressalentes. Neste sentido, como Van Kampen et al. (2012) referem, percebe-se que as decisões tomadas no início da classificação de sobressalentes como a escolha dos critérios a serem utilizados, vão influenciar toda a estrutura da classificação. Assim, as decisões ao longo do estudo e da aplicação de métodos/procedimentos para a classificação de sobressalentes devem ser tomadas com muita precaução e recorrendo sempre que possível a referências passadas.

Estes tipos de ferramentas, i.e., a classificação de sobressalentes e consumíveis, nos dias de hoje, são adicionadas aos *softwares* de gestão de manutenção como uma extensão do próprio *software*, para um melhor auxílio no dia-a-dia das empresas. Para tal, todos os

critérios e técnicas selecionados devem ser adaptados ao contexto da organização, e a construção de uma *framework* deve-se revelar uma aplicação prática e não um mero exercício acadêmico para obtenção de grau.

3. CASO DE ESTUDO

3.1. Descrição da Empresa

A Prio Supply resultou da cisão da Prio Energy em janeiro de 2011 e está inserida no Grupo Prio Energy SGPS (Figura 11). Situada no Terminal de Granéis Líquidos do Porto de Aveiro, esta é detentora de uma instalação e operação logística de combustíveis onde realiza a receção, armazenagem e expedição de combustíveis líquidos e gasosos como *core* da sua atividade.

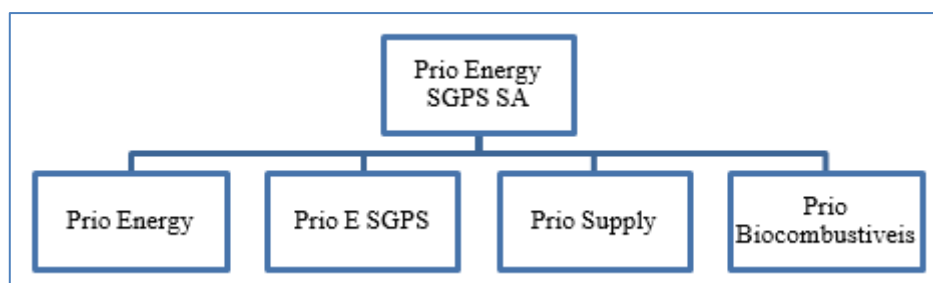


Figura 11 - Grupo Prio Energy SGPS

A instalação da Prio Supply ocupa uma área de cerca de 4,7 hectares com capacidade de armazenar 76000m³ de combustíveis líquidos e 420m³ de combustíveis gasosos e caracteriza-se, na sua área de atuação, por ser uma instalação relativamente recente com apenas 10 anos de atividade. Todos os tanques e demais equipamentos instalados respeitam os mais elevados requisitos da indústria petrolífera a nível mundial.

A Prio Supply como prestadora de serviços de *storage & handling* e logística primária dentro das empresas do Grupo Prio e dos principais atores do mercado petrolífero nacional (ex. Galp e Repsol), bem como prestadora de serviços de carga e descarga de navios para clientes externos ao Grupo Prio, tem como missão “Prestar serviços de logística, na área dos combustíveis, a custos competitivos, adotando as melhores práticas a nível da gestão, qualidade, segurança e ambiente, criando assim valor para o acionista e restantes *stakeholders*.”. A sua visão passa por “Reforçar a posição de operador logístico de combustíveis de referência no Norte/Centro do país, potenciando a área de influência, liderar o setor nacional em qualidade, rapidez, eficiência e custos.”.

Face às exigências específicas do negócio da Prio Supply, esta encontra-se certificada segundo os seguintes referenciais normativos:

- Qualidade – NP EN ISO 9001:2008;
- Segurança – OHSAS 18001:2007;
- Ambiente – NP EN ISO 14001:2004.

E apresenta-se também com duas políticas internas que transparecem o rigor da segurança de toda a instalação do parque de tanques:

- Política de Prevenção de Acidentes Graves;
- Política de Álcool e Drogas.

3.2. Proposta da *Framework*

Gerir *stocks* de sobressalentes e consumíveis que atendem as necessidades de manutenção no meio empresarial, é algo que tem vindo a ser estudado. Responder às necessidades impostas pela manutenção, como a necessidade de um sobressalente ou consumível estar disponível quando uma falha ocorre apesar de essa falha ocorrer esporadicamente ou responder às limitações logísticas, como por exemplo orçamentos, limitações de espaço ou *lead times* elevados tornam-se fatores de relevância na classificação de sobressalentes e consumíveis.

Devido à elevada variedade de artigos onde nem todos têm a mesma importância para a organização, não é viável aplicar políticas de inventário comuns a todos ou muito menos é viável gerir individualmente cada artigo devido à morosidade dessa operação. Relativamente a estes casos, são diversos os estudos que propõem a criação de *frameworks*/procedimentos para a classificação de sobressalentes e consumíveis, onde estes se encontram divididos por classes e cada classe tem a sua própria política de gestão de inventário.

3.2.1. Metodologia

O presente projeto tem como objetivo a criação de uma *framework* de classificação interna para os sobressalentes e consumíveis, agrupando estes em diferentes classes com diferentes políticas de inventário, tendo em conta critérios que vão ao abrigo dos objetivos da gestão e que se enquadrem no contexto da empresa. Pretende-se que o

procedimento proposto possa apresentar-se como uma ferramenta de auxílio à gestão de inventário de manutenção no seu quotidiano.

O desenvolvimento desta ferramenta surge no sentido de melhorar a gestão da manutenção da empresa, onde a necessidade de atualizar e sistematizar as atividades de gestão de inventário dos sobressalentes e consumíveis tornou-se essencial, mais nomeadamente sistematizar a informação sobre o *stock* existente em armazém e controlá-lo de forma inequívoca.

A metodologia usada tem como objetivo a conjugação de todos os processos necessários para a obtenção da classificação de sobressalentes e consumíveis, que são, o diagnóstico à empresa e do problema, a definição de critérios, a classificação de sobressalentes e consumíveis, a validação da classificação obtida, a definição de políticas de gestão de inventário e, por último, a avaliação do desempenho da classificação de sobressalentes e consumíveis (Figura 12). A presente metodologia foi desenvolvida com base no trabalho de Bacchetti e Saccani (2012), adaptado à situação real da empresa.

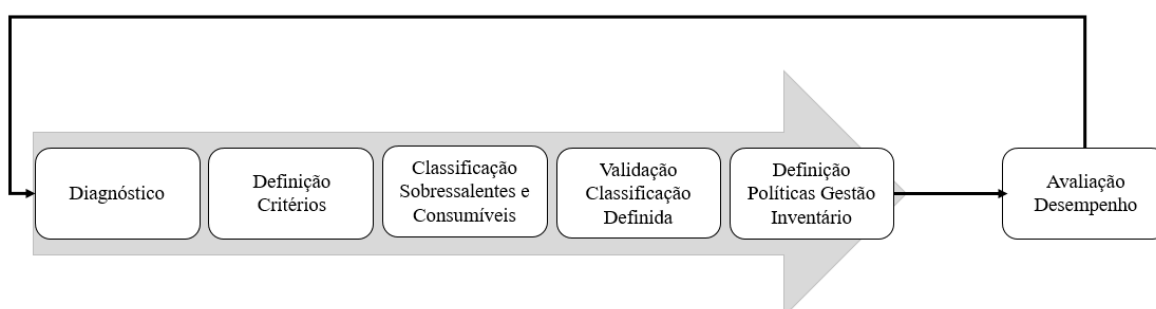


Figura 12 - Framework de classificação de sobressalentes e consumíveis

3.2.2. Diagnóstico

Nesta fase, como o nome indica, será realizada uma análise ao contexto da organização mais nomeadamente ao meio onde este projeto se insere, a gestão da manutenção. Tem como foco perceber o funcionamento do armazém no seu dia-a-dia e perceber a sua importância no abastecimento às tarefas de manutenção. Esta fase será realizada com a ajuda dos técnicos de manutenção, o gestor de manutenção e com o *software* interno, o ManWinWin (MWW).

Após a análise interna e com os julgamentos da experiente equipa de manutenção, verificou-se que o principal problema da má gestão de inventário de manutenção era a falta de quaisquer dados em suporte digital ou papel que desse a

informação do que estava em *stock*. Visto isto, a falta de qualquer gestão levou a casos de indisponibilidades de sobressalentes, estando sempre à merce dos fornecedores, e a cima de tudo a percepção de que a maior parte dos itens não tinham qualquer tipo de gestão por ser uma tarefa vista impossível de se realizar individualmente, o que levou a gestão a ficar preocupada com a situação.

Neste ponto e após variadas reuniões com os intervenientes da manutenção, sugeriu-se criar uma *framework* de classificação de sobressalentes e consumíveis, com o objetivo de definir os artigos em classes, que por sua vez teriam as políticas de gestão de inventário associadas.

3.2.3. Definição de Critérios

Neste campo é importante lembrar os trabalhos de Roda et al. (2014), Van Kampen et al. (2012) e Fores e Whybark, (1986), em que ambos referem que aquando da definição do contexto e objetivo do estudo, o primeiro passo a realizar na classificação de sobressalentes e consumíveis, deve ser a definição dos critérios a utilizar na classificação. Onde a especificidade da indústria e o contexto do estudo influenciam claramente a seleção dos critérios e o número de critérios para a classificação de sobressalentes deve ser uma ponderação dos gestores da organização para ir ao encontro das suas expectativas e do objetivo para o qual existe a gestão de inventário.

Como se torna óbvio, esta fase revela-se crítica para o sucesso da classificação de sobressalentes e consumíveis. Embora seja uma fase algo abstrata, devido à não existência de procedimentos de seleção de critérios tendo em conta os objetivos e contexto da organização e não haver estudos que ditam o número ideal de critérios a usar (Van Kampen et al., 2012), esta fase deve ser realizada com o maior cuidado e ponderação possível a modo de os critérios selecionados sejam os que realmente interessam para o contexto específico da organização.

Devido às características próprias dos sobressalentes, a classificação deles e dos consumíveis não se deve reger apenas por um único critério (Roda et al., 2014). Neste campo são vários os estudos que utilizam abordagens como o multicritério com o objetivo de realizar uma adequada classificação de sobressalentes e consumíveis através da combinação de diversos critérios.

No projeto desenvolvido, adaptando do trabalho de Flores et al. (1992), propõe-se a utilização de três critérios, onde um dos critérios contém três subcritérios e cada um dos critérios e subcritérios se encontram ligados a técnicas de classificação (ver Figura 13), realizando assim uma abordagem multicritério com a utilização de uma técnica adjacente. Importa salientar que a seleção dos critérios e subcritérios, realizou-se com base na literatura existente sobre o tema e suportada na experiência da equipa de gestão da manutenção, pois só estes que lidam diariamente com a gestão dos sobressalentes e consumíveis sabem realmente os fatores que são importantes para a classificação. Neste campo, ainda pretendeu-se que a escolha dos critérios garanta a interdependência de critérios, i.e., o peso adjacente a um critério não deve ser influenciado pelos pesos dos outros critérios.

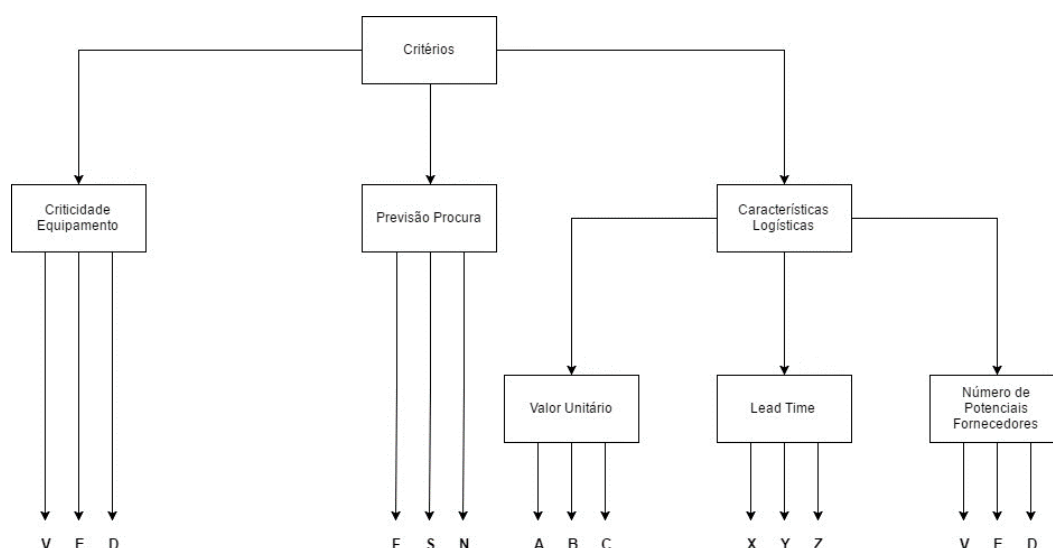


Figura 13 - Esquematização dos critérios e subcritérios utilizados

3.2.3.1. Criticidade Equipamento – Análise VED

São diversos os autores que utilizam o critério criticidade como uma das características mais importantes quando pretendem gerir sobressalentes e consumíveis da manutenção (Huiskonen, 2001). Neste campo, o trabalho de Molenaers et al. (2012) é talvez a maior referência bibliográfica, onde utilizam a análise VED (Vital, Essencial, Desejável) conjugada com seis fatores para realizar uma classificação de criticidade dos sobressalentes. Embora sejam vários os trabalhos em que a criticidade vem conjugada com análise VED, entre eles pode-se também referenciar o trabalho de Stoll et al. (2015) e Bošnjaković (2009).

No trabalho de Molenaers et al. (2012), podemos verificar que um dos critérios utilizados para a classificação da criticidade de um sobressalente é a criticidade do equipamento de onde esse sobressalente pertence. Como referência para o presente caso de estudo a mesma lógica foi utilizada, utilizando assim a classificação de equipamentos críticos interna.

De acordo com a classificação dos equipamentos críticos interna, estes podem ser classificados em quatro tipos de criticidade (ver procedimento de classificação em Anexo A), de acordo com a seguinte definição:

- **Crítico Legal** – é um equipamento e/ou componente que está abrangido pelo cumprimento de ações de inspeção ou outras, definidas por legislação nacional e/ou europeia, durante o seu funcionamento;
- **Crítico de Segurança para a Prevenção de Acidentes Graves (SPAG)** – é um equipamento e/ou componente que foi concebido para prevenir, proteger, detetar e controlar um acidente grave e que consegue confinar os efeitos de um acidente, fazendo com que este não tome proporções graves para a organização e não se torne num acidente grave de acordo com o Sistema de gestão prevenção de acidentes graves (SGPAG);
- **Crítico para o Negócio** – é um equipamento e/ou componente que ao ficar inoperativo ou não disponível, coloca em causa o bom funcionamento da organização, podendo mesmo causar a inoperacionalidade da instalação durante um período de tempo com perdas significativas para o negócio e com efeitos negativos na reputação e imagem da organização perante o mercado onde está inserida;
- **Não Crítico** - é um equipamento e/ou componente que não provoca qualquer tipo de acidente grave de acordo com o SGPAG, nem provoca qualquer tipo de perdas nem efeitos negativos para o negócio.

3.2.3.2. Previsão Procura – Análise FSN

A análise FSN (*Fast moving, Slow moving, Non moving*), permite distinguir os artigos através da frequência da procura ou da velocidade de rotação do *stock*, onde artigos que têm grande procura, i.e., grande velocidade de rotação, são classificados como F - Alta Rotação (*fast moving*), os que têm baixa procura ou nenhuma são classificados como N - Sem Rotação (*Non moving*), e os artigos intermédios classificados como S - Baixa Rotação

(*Slow moving*) (Parekh et al. 2008). De modo geral, não existe nenhum método para definir os valores de fronteira entre as classes F, S e N, pelo que os limites devem ser definidos tendo em conta o contexto da empresa.

Embora no contexto do caso de estudo, devido a ser uma instalação recente, não exista um vasto histórico de consumos para obter a frequência de procura dos sobressalentes e consumíveis, o critério previsão da procura, internamente, achou-se essencial para uma correta classificação, e como se pode verificar no trabalho de Roda et al. (2014) cerca de 82% dos trabalhos realizados na classificação de sobressalentes utilizam o critério previsão da procura.

Sem histórico de consumos de sobressalentes, a metodologia usada no campo da previsão da procura, foi realizar três intervalos de consumo anuais (F, S e N) e através do julgamento e experiência dos técnicos de manutenção classificar todos os artigos nesses três intervalos.

3.2.3.3. Características Logísticas

Como representado na Figura 13, a utilização do critério características logísticas é realizada através da utilização de três subcritérios (valor unitário, *lead time* e número de potenciais fornecedores), esta abordagem tem por base o trabalho de Molenaers et al. (2012), onde estes representam as características logísticas através do tempo de reposição, número de potenciais fornecedores e a disponibilidade de especificações técnicas.

3.2.3.3.1. Valor Unitário – Análise ABC

A análise ABC tradicional divide os artigos em três classes (classe A, classe B e classe C) através do seu valor de consumo anual (i.e., valor unitário X volume de procura anual). Embora seja uma análise bastante usada, individualmente, esta encontra-se desadequada quando os artigos não são homogêneos, exemplo disso são os sobressalentes e consumíveis (Molenaers et al., 2012). Como se percebe, individualmente a análise ABC do critério valor de consumo anual não traz um significado relevante à classificação de sobressalentes e consumíveis, no entanto quando conjugada com outros critérios pode ser uma característica de elevado peso na classificação.

A utilização do critério valor de consumo anual, obriga-nos a ter um histórico de procura anual que no caso em estudo não existe, embora inicialmente tenha sido alvo criar um histórico com base numa análise mensal percebeu-se que seriam valores desfasados da

realidade devida à procura ser extremamente irregular. Com este cenário, e visto ser um critério interno de relevância a análise ABC acabou por ser realizada tendo em conta unicamente o valor unitário dos artigos sem recorrer ao volume de procura anual.

3.2.3.3.2. Lead Time – Análise XYZ

Segundo Roda et al. (2014) o *lead time* é um dos critérios mais citados e utilizados na classificação de sobressalentes e consumíveis. Como o *lead time* pode diferir muito de artigo para artigo, a gestão de cada artigo deve ser adequada a este tipo de variabilidade nos prazos de entrega.

A abordagem utilizada neste caso de estudo específico não segue uma análise conhecida como a análise ABC ou análise VED, mas como internamente se verificou que o *lead time* é um critério essencial para a correta classificação de sobressalentes e consumíveis no caso em estudo, achou-se por bem definir três grupos de *lead times*. O grupo X corresponde a *lead times* longos, o grupo Z a *lead times* curtos e o grupo Y a *lead times* com prazos intermédios.

3.2.3.3.3. Número Potenciais Fornecedores – Análise VED

Segundo Molenaers et al. (2012) o número de potenciais fornecedores como um atributo logístico revela-se crítico na classificação de sobressalentes. Seguindo o seu raciocínio e com a utilização da análise VED, o critério número de potenciais fornecedores foi utilizado no presente caso de estudo com o objetivo de complementar os outros dois subcritérios das características logísticas.

Importa referir que internamente este critério foi escolhido como um dos critérios da classificação de sobressalentes e consumíveis devido ao contexto da organização, embora se tenha o conhecimento de que não é dos critérios mais citados e utilizados na literatura (vide Figura 6 e Figura 7).

Com a definição de todos os critérios e análises adjacentes, a utilização do multicritério vai permitir aos gestores perceberem que artigos são críticos para a organização, tendo em conta os critérios selecionados pelos próprios e permitir adequar as melhores políticas de gestão de inventário a cada classe. Assim, a gestão individual de cada artigo já não se torna um entrave à complicada tarefa de gerir sobressalentes e consumíveis de manutenção pois estes vão passar a ser geridos em classes.

3.2.4. Classificação Sobressalentes e Consumíveis

Após a definição do número de critérios e a seleção dos critérios, chega a fase de utilização da técnica para a obtenção das classes (Van Kampen et al., 2012). Neste campo, importa referir que a decisão em árvore é uma técnica muito utilizada (Molenaers et al., 2012), mas com a desvantagem de quantos mais critérios se utilizarem maior será o número de classes, o que na maioria dos trabalhos limita a utilização até três critérios.

Com a utilização de múltiplos critérios, são muitos os trabalhos que utilizam a técnica AHP como caminho para a obtenção de uma pontuação ponderada e através de uma simples análise ABC dividir os sobressalentes e consumíveis em três classes (Flores et al., 1992). No entanto, como referido anteriormente (ver 2.3.2. – AHP), o AHP convencional encontra-se inadequado para captar explicitamente um julgamento qualitativo, neste sentido, a ajuda da técnica Fuzzy, como extensão do AHP (Fuzzy AHP), tem sido usada para eliminar a incerteza das preferências humanas e assim permitir uma melhor precisão da descrição no processo de decisão (Kabir e Hasin, 2011).

Assim, foi utilizada a técnica Fuzzy AHP para a atribuição de pesos aos critérios e subcritérios, com um processo de ponderação a ser realizado por parte da gestão da manutenção através da imputação de graus de importância diferentes, numa escala triangular Fuzzy, aos critérios e subcritérios em estudo.

Independentemente da técnica usada para a conjugação de critérios, o grande objetivo desta fase é perceber quais os sobressalentes e consumíveis que devem ter maior atenção por parte da manutenção, e ao mesmo tempo realizar a gestão destes em classes.

Para a obtenção das classes, a técnica Fuzzy AHP ou o tradicional AHP permite obter um *ranking* dos sobressalentes e consumíveis, i.e., a pontuação ponderada de todos os artigos por ordem decrescente, e tradicionalmente usar a análise ABC para distinguir três classes. No entanto, a utilização da tradicional análise ABC não é um método obrigatório, pelo que perante cada caso de estudo a definição das classes deve ter em conta o contexto em que se insere o problema e podem ser definidas pelos julgamentos das pessoas envolvidas. No presente caso de estudo, foram utilizadas três classes (Classe A, Classe B e Classe C) e estas foram definidas quando no *ranking* se encontravam “saltos” nas pontuações ponderadas de artigo para artigo. Assim, a definição dos limites entre as três classes, apesar de assentar na sensibilidade e experiência adquirida dos principais atores na gestão da manutenção da organização, garante a conformidade com a tradicional análise ABC, onde a

categoria dos artigos mais críticos perante os critérios escolhidos contém um pequeno número de artigos e a categoria de artigos menos críticos contém um largo número de artigos.

3.2.5. Validação da Classificação Definida

Nesta fase, encontra-se a tarefa de verificar e validar a classificação obtida na fase anterior. Na abordagem à validação da classificação de sobressalentes e consumíveis, foi realizada uma reunião com a equipa da gestão da manutenção de modo a verificar se a presente *framework* se mostra como um importante procedimento no auxílio à gestão de sobressalentes e consumíveis. Neste ponto, é importante referir que alguns ajustamentos poderão ser realizados no futuro, para que a classificação possa ter um aperfeiçoamento contínuo.

3.2.6. Definição Políticas de Gestão Inventário

Como referem Hadi-Vencheh e Mohamadghasemi (2011), após classificar os artigos em classes com diferentes prioridades, deve-se adequar políticas de encomenda e de gestão de inventários a cada grupo de sobressalentes e consumíveis.

Neste sentido, com a classificação de sobressalentes e consumíveis já realizada, procurou-se definir políticas de gestão de inventário a artigos que pelas suas características e fatores externos sejam semelhantes. As políticas de gestão de inventário, mais uma vez, devem ser enquadradas no contexto em que a empresa se situa, no entanto, importa referir que as políticas, segundo Kennedy et al. (2002), devem responder a três fatores:

- Quando acionar o pedido de encomenda;
- Que quantidades encomendar, quando um pedido é feito;
- Escolher o objetivo – para reduzir custos ou para aumentar a disponibilidade.

A metodologia usada para a definição das políticas de gestão de inventário teve como fatores críticos a previsão da procura, o *lead time* e o número de potenciais fornecedores. Usando a decisão em árvore obteve-se duas políticas na Classe A (ver Figura 14), três políticas na Classe B (ver Figura 15) e duas políticas na Classe C (ver Figura 16).

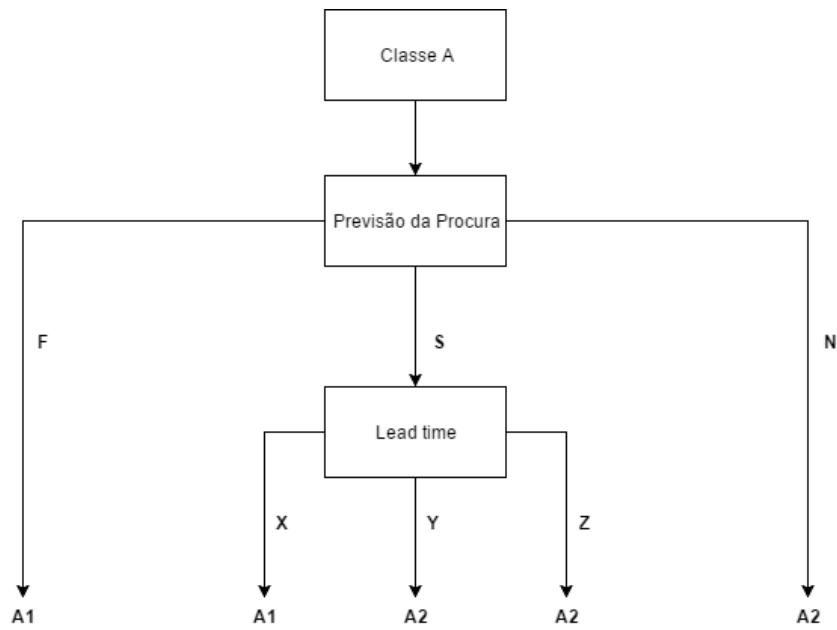


Figura 14 - Definição de Políticas de Gestão de Inventário na Classe A

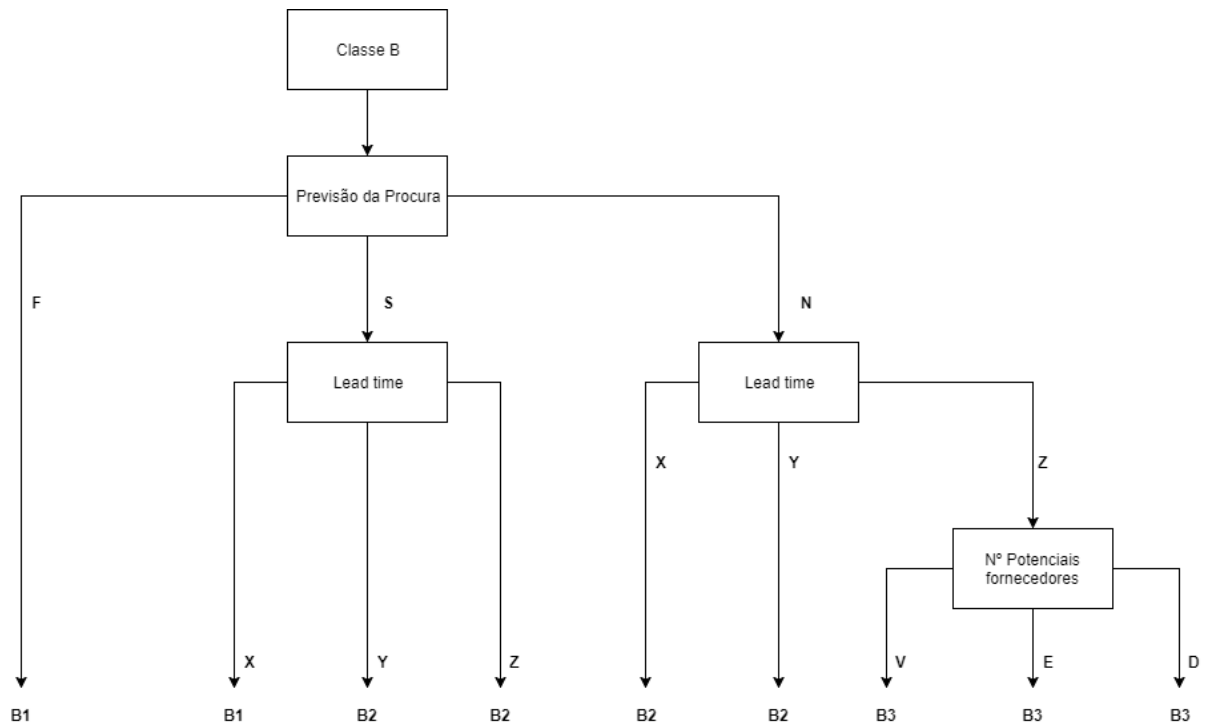


Figura 15 - Definição de Políticas de Gestão de Inventário na Classe B

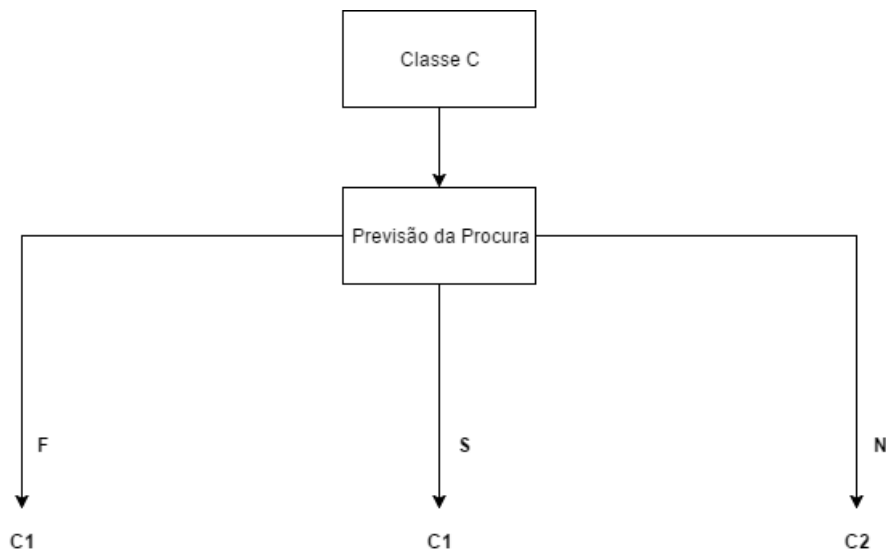


Figura 16 - Definição de Políticas de Gestão de Inventário na Classe C

Com a definição das políticas de gestão de inventário em cada classe, estas podem ter o seguinte comportamento:

- Quantidade Económica de Encomenda (QEE), com diferentes níveis de *stock* de segurança;
- Diferentes níveis de *stock* de segurança;
- Não existência de *stock*.

3.2.7. Avaliação de Desempenho

Após a criação das políticas de gestão de inventário, segundo Bacchetti e Saccani (2012), a avaliação dos resultados alcançados poderá ser realizada. Por isto se entende, que quando aplicadas as políticas de gestão de inventário, os objetivos iniciais propostos para o desenvolvimento de uma *framework* de classificação de sobressalentes e consumíveis devem ser avaliados e perceber se foram atingidos conforme esperado.

Nesta fase importa também levantar todos os pontos de melhoria a serem realizados na próxima classificação de sobressalentes e consumíveis, tornando a *framework* um procedimento cíclico (por exemplo em períodos de 1 ano) e ao mesmo tempo melhorar a aplicação anterior.

3.3. Teste Empírico da *Framework*

São inúmeros os modelos para a classificação de sobressalentes e consumíveis na literatura, a *framework* proposta é fruto de uma aplicação em contexto real na Prio Supply.

O contexto da análise envolve apenas o armazém de sobressalentes e consumíveis da manutenção da Prio Supply, visto ser neste que existia os vários problemas de gestão diária, como falta de políticas de aquisição dos artigos, falta de informação dos níveis de *stock* bem como o não conhecimento integral de artigos que estavam em *stock*.

3.3.1. Diagnóstico

Como foco inicial, pretendeu-se conhecer a realidade do armazém de sobressalentes e consumíveis da manutenção, para entender o seu funcionamento, perceber as falhas no fluxo de informação e saber qual a importância da sua existência no seio da organização. Pretendeu-se também conhecer a realidade da gestão da manutenção para entender a necessidade do armazém de sobressalentes e consumíveis.

Numa primeira análise, verificou-se que a maior preocupação por parte dos técnicos de manutenção e do gestor de manutenção era a falta de informações no *software* de manutenção MWW dos artigos que estavam em *stock* e em que quantidades. Além disso, o aumento de ordens de trabalho (OT) de manutenção traduziram em algumas ruturas de *stock*, especialmente quando se trata de OTs de manutenção corretiva ou de melhoria que levam a vários problemas de aquisição e abastecimento do armazém.

As lacunas de informações sobre os sobressalentes e consumíveis da Prio Supply, começaram a ser perceptíveis pelo facto de nos últimos anos as intervenções de manutenção terem aumentado, particularmente ações preventivas e corretivas (Figura 17). Com o aumento do número de intervenções, foi perceptível o aumento de consumo de sobressalentes e consumíveis, embora sem a devida monitorização.

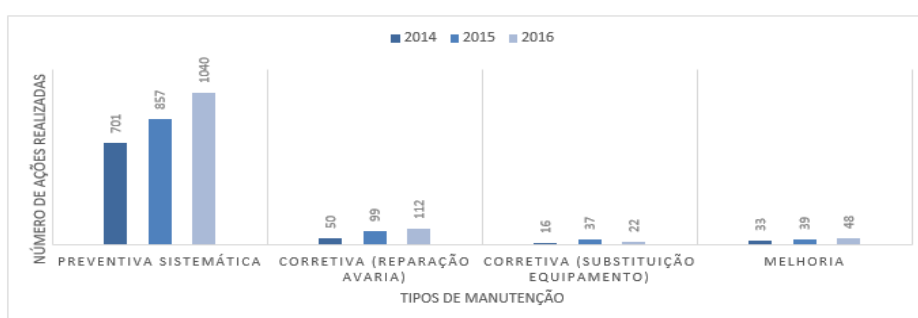


Figura 17 - Evolução das intervenções da manutenção

Devido à falta de informação (i.e., base de dados) dos consumos de sobressalentes e consumíveis na PRIO Supply, tentou-se perceber o quão importante são os consumos dos sobressalentes e consumíveis na manutenção. Após a realização do primeiro inventário e com a monitorização dos consumos através do *software* MWW durante dois meses, verificou-se que o consumo de consumíveis e sobressalentes representam cerca de 33% dos custos totais de manutenção (Figura 18).

Como verificado na Figura 18, o consumo de sobressalentes representa uma grande fatia nos custos totais de manutenção. Além disso, e como a literatura refere, estes não podem ser exclusivamente classificados mediante o seu valor, mas também perceber como a criticidade e outros critérios relevantes podem influenciar a sua classificação.

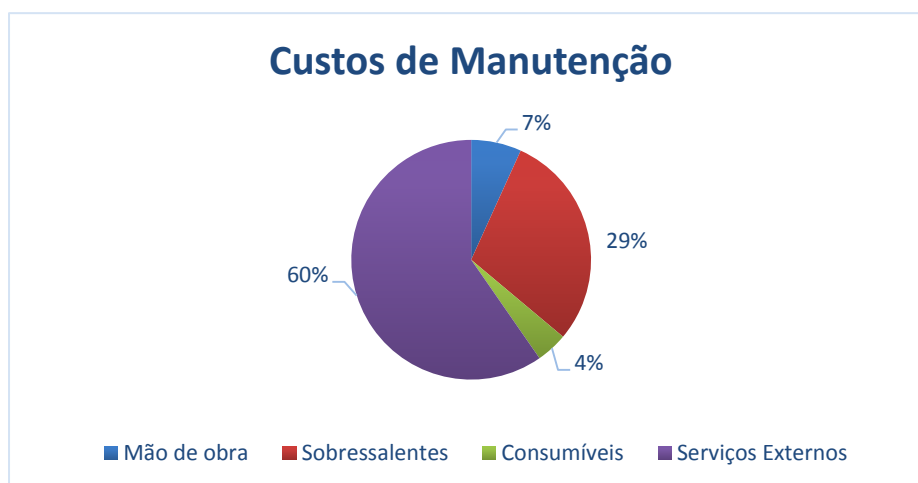


Figura 18 - Custos de manutenção por rubrica

Com este cenário, prevê-se várias situações futuras, o aumento do consumo de sobressalentes e consumíveis é real devido ao aumento do número de OTs, porque a instalação (i.e., os equipamentos) começa a sofrer um maior desgaste com o aumento da utilização e a deterioração dos componentes é uma realidade. E por consequência a classificação proposta atualmente no futuro vai estar desatualizada, porque novas condicionantes no contexto da manutenção e até mesmo no contexto da Prio Supply poderão alterar-se, por exemplo a aquisição de equipamento, obrigando à aquisição de outros sobressalentes e consumíveis e/ou até mesmo a descontinuidade de alguns sobressalentes que não terão qualquer uso.

3.3.2. Definição de Critérios

A definição de critérios, como referido na secção 3.3, passou por escolher três critérios, sendo que um deles contém três subcritérios, e definir para cada critério e subcritério a análise associada.

Nesta fase pretendeu-se analisar cada critério e subcritério com a sua técnica associada e estabelecer os limites das classes que fazem parte da análise escolhida.

3.3.2.1. Criticidade Equipamento – Análise VED

Como referido na secção 3.3.1, o critério criticidade do equipamento surge associado à análise VED, distinguindo quatro classes. Nesta fase, pretendeu-se conjugar a criticidade do equipamento, que surge de um procedimento interno, à análise VED (ver Tabela 5), assim surgiu as seguintes possibilidades:

- Um sobressalente ou consumível cujo seu destino seja um equipamento classificado como crítico legal, classifica-se como vital;
- Um sobressalente ou consumível cujo seu destino seja um equipamento classificado como crítico SPAG, também se classifica como vital;
- Um sobressalente ou consumível cujo seu destino seja um equipamento classificado como crítico negócio, classifica-se como essencial;
- Um sobressalente ou consumível cujo seu destino seja um equipamento classificado como não crítico, classifica-se como desejável;

Tabela 5 - Conjugação da análise VED à criticidade do equipamento

Criticidade Equipamento	Classificação
Crítico Legal	Vital
Crítico SPAG	Vital
Crítico Negócio	Essencial
Não Crítico	Desejável

3.3.2.2. Previsão Procura – Análise FSN

Por sua vez a previsão da procura de um sobressalente ou consumível conjugou-se com a análise FSN (ver Tabela 6), definindo-se três grupos de previsão de procura:

- Quando se prevê que um sobressalente ou consumível tenha uma procura anual de mais de cem unidades, classifica-se como *fast-moving*;

- Quando a previsão da procura de um sobressalente ou consumível seja de dez a cem unidades num ano, classifica-se como *slow-moving*;
- Quando se prevê que um sobressalente ou consumível tenha uma procura anual inferior a dez unidades, classifica-se como *non-moving*.

Tabela 6 - Conjugação da análise FSN à previsão da procura

Previsão Procura	Classificação
Mais de 100 unidades	Fast-moving
10 a 100 unidades	Slow-moving
0 a 10 unidades	Non-moving

3.3.2.3. Caraterísticas Logísticas

3.3.2.3.1. Valor Unitário – Análise ABC

Como referido a cima (secção 3.3.3.1), a análise ABC aplicada ao caso específico realizou-se apenas tendo em conta o valor unitário dos artigos ao invés do tradicional valor de consumo anual (valor unitário X volume de procura anual). Recorrendo ao *software* interno de gestão da manutenção, o MWW, realizou-se a análise ABC do custo unitário dos artigos atualmente existentes em armazém, definindo as três classes da seguinte forma:

Tabela 7 - Conjugação da análise ABC ao valor unitário

Valor unitário	Classificação
Mais de 1850€	A
851€ a 1850€	B
0€ a 850€	C

Assim, pode-se definir que um artigo que tenha um valor unitário acima dos 1850€ é classificado como Classe A, um artigo que tenha um valor unitário entre os 851€ e 1850€ é classificado como Classe B e um artigo que tenha um valor unitário abaixo dos 851€ é classificado como Classe C.

3.3.2.3.2. Lead Time – Análise XYZ

Embora não se conheça nenhuma análise para a classificação do *lead time*, optou-se por separar os sobressalentes e consumíveis por três grupos (ver Tabela 8):

- Um sobressalente ou consumível que tenha um *lead time* superior a duas semanas, pertence ao Grupo X;
- Um sobressalente ou consumível que tenha um *lead time* entre três dias a duas semanas, pertence ao Grupo Y;
- Um sobressalente ou consumível que tenha um *lead time* inferior a três dias, pertence ao Grupo Z;

Importa salientar que os valores estabelecidos para os intervalos do *lead time* obtiveram-se pela experiência acumulada da equipa de manutenção e estão adaptados à realidade da empresa.

Tabela 8 - Conjugação da análise XYZ ao lead time

Lead Time	Classificação
Mais de 2 semanas	X
3 dias a 2 semanas	Y
Até 2 dias	Z

3.3.2.3.3. Número Potenciais Fornecedores – Análise VED

A utilização do critério número de potenciais fornecedores conjugado com a análise VED, teve como medições categóricas as seguintes definições (ver Tabela 9):

- Um sobressalente ou consumível que apenas tenha um fornecedor, classifica-se como vital;
- Um sobressalente ou consumível que tenha dois a três fornecedores, classifica-se como essencial;
- Um sobressalente ou consumível que tenha mais de três fornecedores, classifica-se como desejável.

Tabela 9 - Conjugação da análise VED ao número de potenciais fornecedores

Nº Potenciais Fornecedores	Classificação
Apenas 1 fornecedor	V
2 a 3 fornecedores	E
Mais de 3 fornecedores	D

Em modo de resumo, os critérios e subcritérios selecionados podem ser classificados em vários grupos conforme um sobressalente ou consumível se comporte

perante esse critério ou subcritério. Assim, todos os artigos em análise terão de pertencer a uma classificação de cada critério ou subcritério para que a classificação final seja coerente. Deste modo, podemos resumir a classificação dos critérios e subcritérios na seguinte Tabela 10.

Tabela 10 - Conjugação dos critérios e subcritérios às análises utilizadas

Critérios		Categorias		
Críticidade Equipamento		Vital	Essencial	Desejável
		Crítico SPAG e Legal	Crítico Negócio	Não Crítico
Previsão Procura		Fast-moving	Slow-moving	Non-moving
		Mais de 100 unidades	10 a 100 unidades	0 a 10 unidades
Caraterísticas Logísticas	Valor Unitário	A	B	C
		Mais de 1850€	851€ a 1850€	0€ a 850€
	Lead Time	X	Y	Z
		Mais de 2 semanas	3 dias a 2 semanas	Até 2 dias
	Nº Potenciais Fornecedores	Vital	Essencial	Desejável
		Apenas 1 fornecedor	2 a 3 fornecedores	Mais de 3 fornecedores

Com a conjugação de todos os critérios e subcritérios selecionados às suas respetivas análises, permite que a classificação multicritério dos sobressalentes e consumíveis siga para a fase seguinte da *framework*, a classificação de sobressalentes e consumíveis conjugada com a técnica utilizada que, no caso de estudo em específico, é o Fuzzy AHP. Assim, com a utilização do Fuzzy AHP, pretende-se avaliar cada critério, cada subcritério e cada classificação das análises anteriores, de modo a obter pesos e calcular uma pontuação ponderada para cada sobressalente e consumível.

3.3.3. Classificação Sobressalentes e Consumíveis

Verifica-se que após a definição de critérios e da técnica a cada um associado, surge uma das etapas mais importantes, a realização da classificação de sobressalentes e consumíveis com uma técnica associada.

Conforme referido anteriormente, a primeira fase desta etapa passa por atribuir pesos a cada critério, a cada subcritério e a cada classificação das análises usadas no critérios e subcritérios selecionados. Posteriormente, cada artigo será alvo da classificação perante

cada critério e subcritério para que se possa calcular a sua pontuação ponderada e assim realizar um *ranking* de todos os artigos analisados e separar estes em classes.

Recorrendo ao *software* de cálculo (Fuzzy AHP) criado por Holeczek e Talasová (2016), com a versão de 24 de abril 2017, realizou-se a atribuição de pesos a cada critério, a cada subcritério e a cada classificação das análises usadas nos critérios e subcritérios selecionados.

Importa ainda referir que a atribuição de pesos pela técnica Fuzzy AHP, deve estabelecer comparações, par a par, entre os critérios/subcritérios escolhidos, através de uma escala triangular Fuzzy (conforme explicado na secção 2.3.2, vide Tabela 3). Na Figura 19, pode ser verificado a comparação par a par numa escala triangular Fuzzy, entre os três critérios selecionados.

Saaty matrix			
	Criticidade Equipamento	Previsão Procura	Características Logísticas
Criticidade Equipamento	1	4 5 6	2 3 4
Previsão Procura	1/6 1/5 1/4	1	1/4 1/3 1/2
Características Logísticas	1/4 1/3 1/2	2 3 4	1

Figura 19 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre os critérios principais

Após a definição das comparações par a par entre os critérios, o *software* de cálculo utilizado calcula os pesos de cada critério perante os juízos dos intervenientes envolvidos na classificação. Assim, tomando de exemplo as comparações usadas na Figura 19 os seguintes pesos foram obtidos:

Tabela 11 - Pesos dos critérios obtidos através do Fuzzy AHP

Critérios	Pontuação
Criticidade Equipamento	0,649
Previsão Procura	0,072
Caraterísticas Logísticas	0,279

Após a realização de todas as comparações entre os critérios, subcritérios e classificações das análises utilizadas (ver Anexo B), obteve-se a seguinte árvore de pesos:

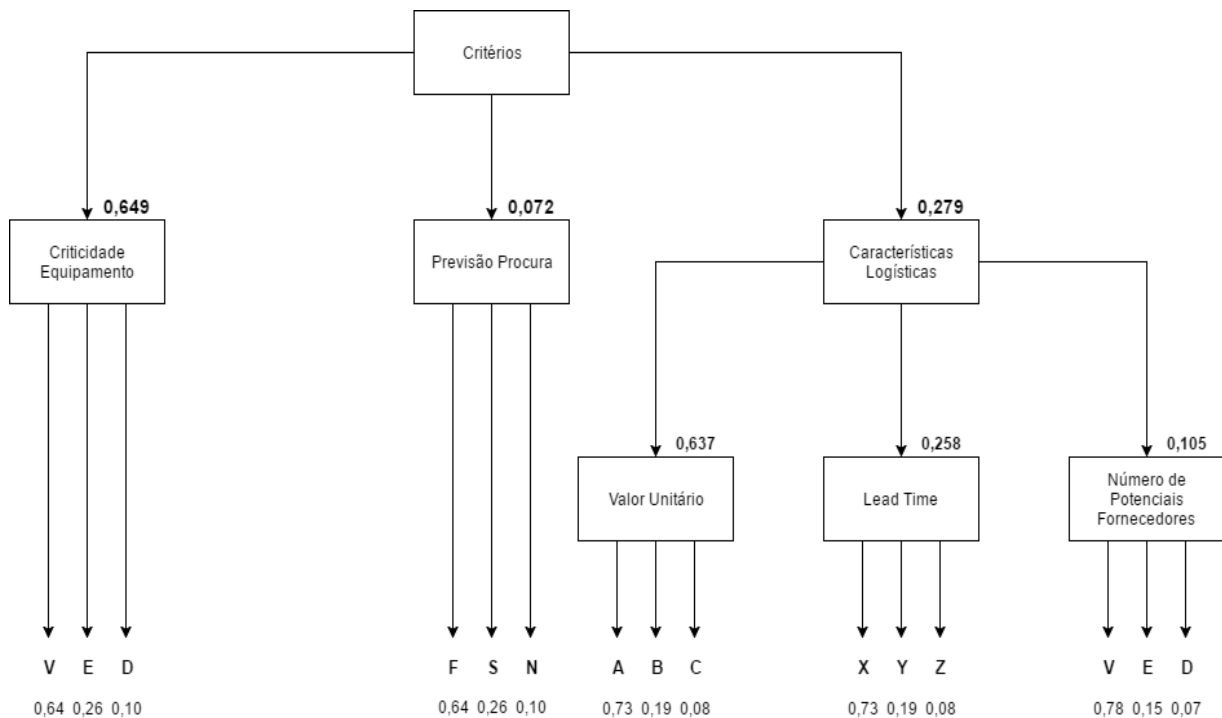


Figura 20 - Pesos dos critérios, subcritérios e classes das análises obtidos através do Fuzzy AHP

Perante a definição de todos os pesos, chega a fase de calcular as pontuações ponderadas de todos os artigos para realizar o *ranking* final. Nesta fase, foi desenvolvida uma folha de cálculo onde os *inputs* são o código do artigo, a descrição do artigo, a classe da criticidade do equipamento a que o artigo pertence, a classe da procura esperada, a classe do valor unitário do artigo, a classe do lead time do artigo e a classe do número de potenciais fornecedores. Como *outputs*, a folha de cálculo devolve-nos o código, a descrição, as pontuações ponderadas de cada critério e subcritério e a pontuação ponderada total (soma de todas as pontuações ponderadas).

Na Figura 21, pode-se verificar a utilização da folha de cálculo para o artigo ‘Controlador M+F MFX4’, onde este pertence a um equipamento considerado crítico para o negócio (Classe E), estima-se ter uma procura anual pertencente à Classe N (i.e., 0 a 10 unidades anuais), o seu valor unitário pertence à Classe A, tem um *lead time* de 3 semanas (Classe X) e apenas existe um fornecedor (Classe V).

Codificação:	<input type="text" value="E.MI.060.001"/>
Descrição:	<input type="text" value="Controlador M+F MFX4"/>
Criticidade Equipamento:	<input type="text" value="E"/>
Previsão Procura:	<input type="text" value="N"/>
Valor Unitário:	<input type="text" value="A"/>
Lead Time:	<input type="text" value="X"/>
Nº Potenciais Fornecedores:	<input type="text" value="V"/>
<input type="button" value="Inserir"/> <input type="button" value="Limpar"/>	

Figura 21 - Exemplo do cálculo das pontuações ponderadas pela folha de cálculo construída

Após a inserção dos *inputs* do artigo, a folha de cálculo através do botão inserir calcula as pontuações ponderadas (PP) de cada critério e subcritério, realizando assim a pontuação ponderada total. Na Figura 22, podemos observar as pontuações ponderadas do exemplo utilizado na Figura 21, assim a PP1 é obtida através da multiplicação do peso do critério criticidade do equipamento e do peso da classe da análise VED onde o artigo se insere (i.e., $0,649 * 0,258 = 0,167442$), por sua vez a PP2 obtém-se através da multiplicação do peso do critério previsão da procura e do peso da classe da análise FSN onde o artigo se insere (i.e., $0,072 * 0,105 = 0,00756$), a PP3 obtém-se através da multiplicação do peso do critério características logísticas, do peso do subcritério valor unitário e do peso da classe da análise ABC onde o artigo se insere (i.e., $0,279 * 0,637 * 0,731 = 0,129915513$), a PP4 obtém-se através da multiplicação do peso do critério características logísticas, do peso do subcritério *lead time* e do peso da classe da análise XYZ onde o artigo se insere (i.e., $0,279 * 0,258 * 0,731 = 0,05261884$) e por fim o PP5 obtém-se através da multiplicação do peso do critério características logísticas, do peso do subcritério número de potenciais fornecedores e do peso da classe da análise VED onde o artigo se insere (i.e., $0,279 * 0,105 * 0,785 = 0,022997$). Com a definição de todas as PPs a pontuação ponderada total surge do somatório da PP1, PP2, PP3, PP4 e PP5, no contexto do caso de estudo multiplicou-se por 100 para obter um valor mais expressivo e assim perceber onde existe os ‘saltos’ no *ranking* final. No caso em exemplo, a pontuação ponderada total tem a seguinte definição, $[(0,167442 + 0,00756 + 0,129915513 + 0,05261884 + 0,022997) * 100 = 38,05]$.

Criticidade Equipamento	PP1	Previsão Procura	PP2	Valor Unitário	PP3	Lead Time	PP4	Nº Potenciais Fornecedores	PP5	Pontuação Ponderada Total (x100)
E	0,167442	N	0,00756	A	0,12991551	X	0,052619	V	0,023	38,05

Figura 22 - Cálculo das pontuações ponderadas pela folha de cálculo construída

Com a definição das pontuações ponderadas de todos os artigos, no caso de estudo em específico foram 345 artigos, chega a fase dividir os artigos em classes. Nesta fase, foi realizado um *ranking* de todas as pontuações ponderadas totais para verificar onde ocorre um ‘salto’ significativo de artigo para artigo e perceber se pode ser aí o limite das classes definidas.

Após a realização do *ranking* identificou-se dois ‘saltos’ significativos que se achou por bem, numa decisão em conjunto com a equipa da gestão da manutenção, serem os limites das três classes utilizadas. Na Figura 23 e Figura 24, identifica-se os dois ‘saltos’ onde se realizou a divisão das três classes (Classe A, Classe B e Classe C), no salto 1 há uma diferença de 11,51 PP e no salto 2 existe uma diferença de 6,1 PP, importa salientar que existe no *ranking* mais saltos significativos, mas pela opinião da equipa da gestão da manutenção, a diferença desses saltos não se torna evidente para criar mais uma classe na classificação final. Futuramente, numa próxima revisão da *framework*, importa explorar esta situação.

Com a identificação dos saltos, a definição das classes foi possível ser realizada, assim, como mostra a Figura 23, a Classe A contém 15 artigos, a Classe B contém 70 artigos e a Classe C contém 260 artigos.

Codificação	Descrição	Criticidade Equipamento	PP1	Previsão Procura	PP2	Valor Unitário	PP3	Lead Time	PP4	Nº Potenciais Fornecedores	PP5	Pontuação Ponderada Total (x100)	Classe	Nº de artigos
E.MI.060.004	Flame arrester Protego DA-G3/4"	V	0,4134	N	0,0076	A	0,1299	X	0,0526	E	0,0044	60,79	A	15
E.HC.010.001	Kit coalescente - Oleopator NG40	V	0,4134	N	0,0076	B	0,0334	Y	0,0135	E	0,0044	47,23		
...		
C.EA.080.001	Barra junção Klemsan AVK2.5	V	0,4134	N	0,0076	C	0,0144	Y	0,0135	E	0,0044	45,33		
E.MI.060.001	Controlador M+F MFX4	E	0,1674	N	0,0076	A	0,1299	X	0,0526	V	0,0230	38,05		
S.VV.400.002	Válvula pneumática DN150	E	0,1674	N	0,0076	B	0,0334	X	0,0526	E	0,0044	26,54	B	70
S.VV.400.001	Válvula pneumática DN100	E	0,1674	N	0,0076	C	0,0144	X	0,0526	E	0,0044	24,64		
...		
C.FL.010.001	Flange WN 150 RF 2" STD	E	0,1674	N	0,0076	C	0,0144	Y	0,0135	E	0,0044	20,73		
E.MI.030.004	Sensor NF5030	E	0,1674	N	0,0076	C	0,0144	Z	0,0058	E	0,0044	19,96	C	260
C.SO.020.002	Eletrodos Básicos Vandal ø2,5mm	D	0,0681	F	0,0459	C	0,0144	Z	0,0058	E	0,0044	13,86		
C.SO.020.001	Eletrodos Básicos Eurotrod BN18	D	0,0681	F	0,0459	C	0,0144	Z	0,0058	E	0,0044	13,86		
...		
C.ES.990.004	Suporte prateleira 300x250 branco	D	0,0681	N	0,0076	C	0,0144	Z	0,0058	D	0,0019	9,79		
C.ES.990.003	Suporte prateleira 150x200 branco	D	0,0681	N	0,0076	C	0,0144	Z	0,0058	D	0,0019	9,79		

Figura 23 - Definição dos saltos e das classes no ranking dos artigos

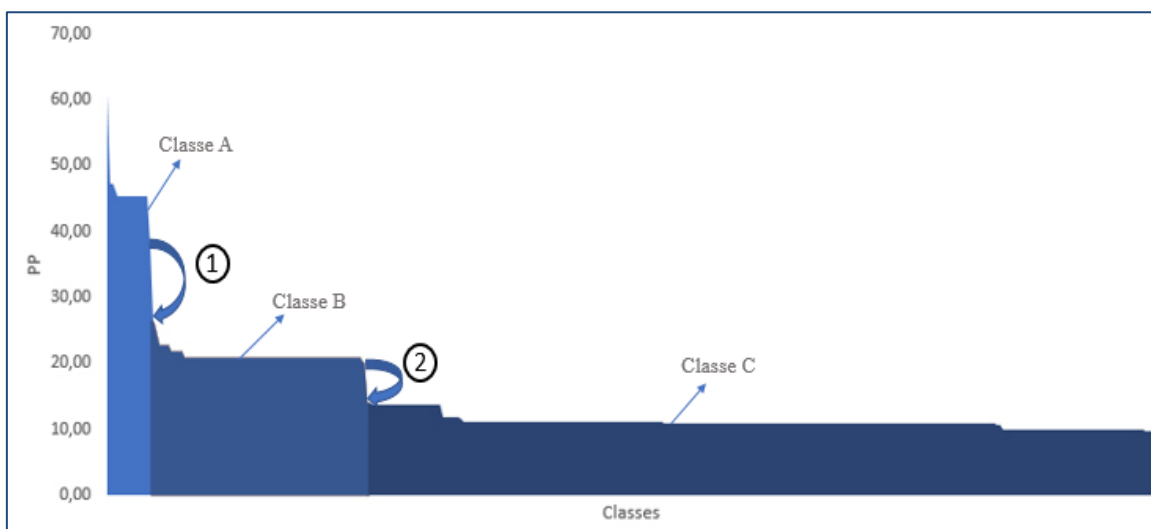


Figura 24 – Definição em gráfico dos saltos e das classes de sobressalentes e consumíveis

Os resultados alcançados a partir da classificação de sobressalentes e consumíveis permite avançar para a próxima fase da *framework*, a validação da classificação definida.

3.3.4. Validação da Classificação Definida

A validação da classificação definida, serve para aprovar a classificação de sobressalentes e consumíveis obtida no ponto anterior. Neste sentido, esta fase permite verificar se a classificação obtida mostra-se como uma importante ferramenta no auxílio à gestão de sobressalentes e consumíveis.

Após a definição das classes na fase anterior, realizou-se uma reunião com a equipa da gestão da manutenção para realizar a validação da classificação obtida. As classes definidas (Classe A, Classe B e Classe C) foram facilmente aceites por estas dividiram claramente artigos que se consideram críticos em vários parâmetros (Classe A) de artigos que se consideram não críticos (Classe C), ainda nesta área a Classe B foi considerada muito bem conseguida porque esta contempla os artigos que estão num posto intermédio de criticidade nos parâmetros analisados.

Nesta fase, a equipa da gestão da manutenção sentiu algum receio em aplicar políticas de gestão de inventário unicamente às classes obtidas na fase anterior, pelo que foi sugerido que se explorasse subclasses dentro da Classe A, Classe B e Classe C, tendo em especial atenção os fatores previsão da procura, *lead time* e número de potenciais

fornecedores. Assim, após a validação da classificação obtida segue a fase de definir as políticas de gestão de inventário.

3.3.5. Definição Políticas de Gestão Inventário

Com a realização da validação da classificação de sobressalentes e consumíveis, chega a fase de definir as políticas de gestão de inventário às diferentes classes. Como verificado na secção 4.4 a classificação de sobressalentes e consumíveis dividiu estes em três classes, Classe A, Classe B e Classe C. Porém, como referido na secção anterior a equipa de gestão da manutenção achou por bem que se explorasse subclasses em cada classe definida, tendo em conta os critérios previsão da procura, *lead time* e número de potenciais fornecedores. Assim, tendo em conta estes fatores definiu-se um procedimento em árvore para cada classe obtida anteriormente.

Como podemos ver na Figura 25, já referenciada na secção 3.6, na Classe A apenas se utilizam os critérios previsão da procura e *lead time* para dividir esta em duas subclasses e adequar as melhores políticas de inventário a cada subclasse.

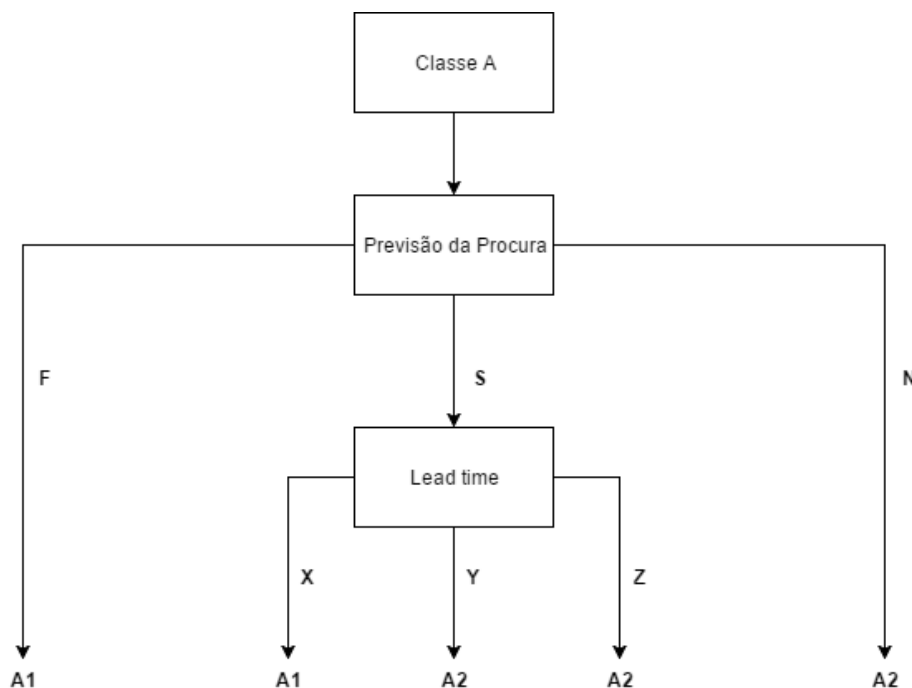


Figura 25 - Divisão das subclasses da Classe A

Após a definição das subclasses definiu-se as seguintes políticas de gestão de inventário, ver Tabela 12:

Tabela 12 - Políticas de gestão de inventário às subclasses da Classe A

Subclasses	Política de gestão de inventário
A1	Quantidade Económica de Encomenda (QEE), com stock de segurança a manter um nível de serviço de 99,5%
A2	Stock de segurança

As duas políticas de inventário definidas embora sejam gerais, tendem a particularizar-se da seguinte forma: para artigos que encaixem na subclasse A1 no ramo (F) e no ramo (S, X) deve-se aplicar a QEE e definir os *stocks* de segurança em níveis altos, i.e., o nível de serviço deve ser de 99,50%, para artigos que encaixem na subclasse A2 no ramo (S, Y) estes devem ter um *stock* de 5 unidades e os restantes ramos da subclasse A2 um *stock* de 1 unidade.

Na Figura 26, podemos ver as subclasses definidas pelos critérios previsão da procura, *lead time* e número de potenciais fornecedores da Classe B. Com as políticas de gestão de inventário a serem definidas na Tabela 13.

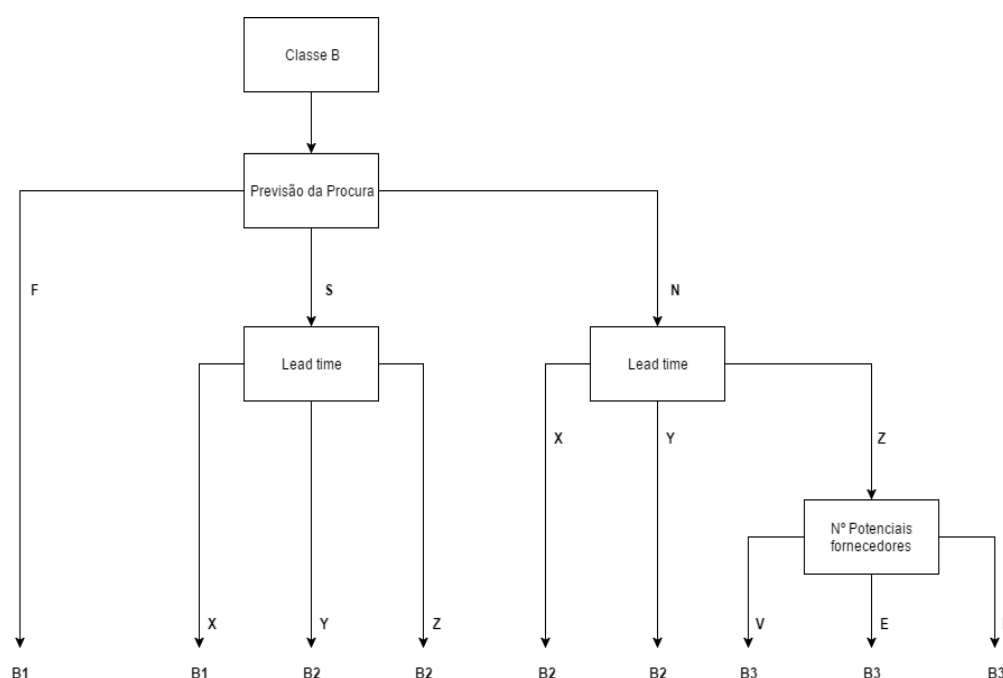


Figura 26 - Divisão das subclasses da Classe B

Tabela 13 - Políticas de gestão de inventário às subclasses da Classe B

Subclasses	Política de gestão de inventário
B1	Quantidade Económica de Encomenda (QEE), com stock de segurança a manter um nível de serviço de 95%
B2	Stock de segurança
B3	Sem stock

A subclasse B1 é toda definida pela QEE com níveis de serviço de 95%, a subclasse B2 é definida para todos os ramos com um *stock* de segurança de 1 unidade e a subclasse B3 para o ramo (N, Z, V) é definida como sem *stock*, mas deve-se garantir no *stock* do fornecedor e os restantes ramos da subclasse B3 são definidos como sem *stock*.

Por fim, a Classe C apenas precisou do critério previsão da procura para definir as suas subclasses como se pode ver na Figura 27. Pela Tabela 14, podemos ver as políticas de gestão de inventário associadas a cada subclasse definida. Onde a subclasse C1 se define pela QEE com níveis de serviço de 80% e a subclasse C2 é definida pela não permanência em *stock* dos artigos.

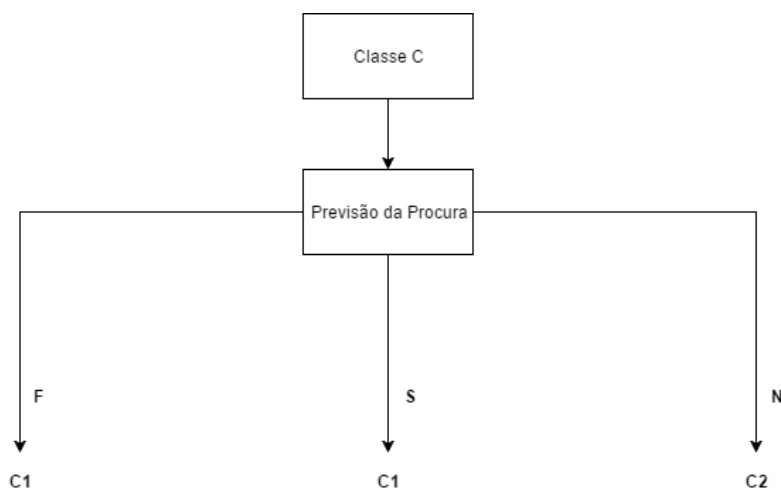


Figura 27 - Divisão das subclasses da Classe C

Tabela 14 - Políticas de gestão de inventário às subclasses da Classe C

Subclasses	Política de gestão de inventário
C1	Quantidade Económica de Encomenda (QEE), com stock de segurança a manter um nível de serviço de 80%
C2	Sem stock

Após a definição das políticas de gestão de inventário em todas as subclasses obtidas, importa referir que a aquisição de artigos que pertencem a subclasses onde a política adotada é sem *stock* deve ser indexada a quando do seu consumo, quando se trata de políticas com *stocks* de segurança (de uma unidade ou cinco) a aquisição desses artigos deve ser realizada quando há consumo dos mesmos e por fim quando a política é definida pela aquisição de artigos pela quantidade económica de encomenda, a aquisição deve ser acionada quando o consumo atingir os *stocks* de segurança previstos.

Importa referir que esta fase ainda se encontra em desenvolvimento interno, para começar um novo ciclo de aquisições e controlo conforme o proposto. Será interessante, no futuro, perceber se as políticas de gestão de inventário se adequam às subclasses definidas.

No entanto, as primeiras ilações após a definição das classes e das políticas de gestão de inventário são que existe falta de sobressalentes críticos em armazém pelos critérios selecionados e quando verificamos os artigos das subclasses que têm uma política de gestão de inventário sem *stock*, verifica-se que estes representam 25,5% dos artigos em *stock*, o que apresenta um potencial de poupança na ordem dos 10% face ao valor total de artigos em armazém, i.e., cerca de 6800 euros.

3.3.6. Avaliação de Desempenho

Com a definição das políticas de gestão de inventário às subclasses definidas, chega o momento de perceber a funcionalidade da *framework* desenvolvida com a avaliação de desempenho da mesma.

A presente fase deve ser realizada após a aplicação da *framework* e a longo prazo, para as políticas de gestão de inventário levarem o rumo conforme o proposto e assim analisar o seu desempenho ao final de algum tempo. Devido à necessidade de esperar para analisar o desempenho da *framework*, esta fase não foi possível de ser implementada.

No entanto, como se espera que a utilização da *framework* seja um processo cíclico, esta fase deve ser realizada antes de começar um novo ciclo (espera-se que os ciclos tenham uma rotina anual) e assim retirar os pontos fracos e fortes da presente aplicação para melhorar os pontos fracos e elevar os pontos fortes.

Ainda nesta fase se definiu os principais indicadores chave de desempenho (KPI) a monitorizar, apresentados na Tabela 15:

Tabela 15 - KPIs a monitorizar na avaliação de desempenho

KPI	Descrição	Periodicidade	Valores Objetivo
Número de stock outs por classes	Número de eventos em que ocorre a falta de um artigo em armazém quando este é necessário	Mensal	Classe A = 0; Classe B = 0 a 1; Classe C = 0 a 1.
Disponibilidade (D)	$D = (\text{Tempo Produção} / \text{Tempo Programado}) \times 100\%$	Diária	D > 95%
Tempo médio de espera por falta de material (TME)	$TME = \sum TME_i / \text{Número Avarias (horas)}$	Mensal	Classe A = 0 h; Classe B = 2 h; Classe C = 4 h.
Valor em stock de materiais de manutenção (VMM)	Valor agregado de toda a existência em armazém	Mensal	VMM < 75000€

O KPI disponibilidade (D), representa uma fração da função Eficiência Geral do Equipamento (*Overall Equipment Effectiveness – OEE*), que se define da seguinte forma:

$$OEE = D \times P \times Q$$

Onde D representa a disponibilidade, o P a performance e o Q a qualidade de um sistema de produção (Muchiri e Pintelon, 2008). Neste contexto, achou-se por bem apenas calcular a disponibilidade porque esta é afetada por paragens não programadas, que grande parte das vezes se traduz em manutenções corretivas.

O indicador tempo médio de espera por falta de material (TME) obtêm-se através da divisão do somatório dos tempos de espera de atendimento devido a falta de materiais (em horas), por o número de reparações realizadas no período em análise com a utilização de sobressalentes ou consumíveis.

4. CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as principais considerações finais relativas ao trabalho desenvolvido na Prio Supply, referindo as dificuldades encontradas e os principais benefícios da implementação do projeto em estudo.

A presente dissertação, realizada com base num projeto desenvolvido na Prio Supply, teve como principal objetivo a criação de uma *framework* de decisão multicritério para a gestão de sobressalentes e consumíveis da manutenção. O objetivo definido foi cumprido com sucesso, em virtude da *framework* ter sido desenvolvida e além disso a sua aplicação foi executada, ficando a depender apenas da última fase, a avaliação de desempenho.

O caso de estudo desenvolveu-se durante cinco meses, onde foi sugerida uma solução de classificação de sobressalentes e consumíveis em três classes. Após a definição da classificação de sobressalentes e consumíveis aplicou-se as políticas de gestão de inventário mediante as subclasses definidas por critérios relevantes para o contexto da empresa.

O presente estudo, permitiu perceber que a decisão multicritério é essencial para a gestão de sobressalentes (principalmente) e consumíveis como refere a literatura sobre o tema. Onde os critérios e subcritérios selecionados permitiram obter uma melhor solução para um armazém que contém uma grande diversidade entre sobressalentes e consumíveis.

Assim, concluiu-se que existem sobressalentes e consumíveis que pelas suas características exigem uma gestão de forma diferente de outros, para que se consiga atingir um equilíbrio na gestão de inventário de sobressalentes e consumíveis. As políticas de gestão de inventário sugeridas apresentam-se com vista a reduzir ruturas de *stock* e o tempo de indisponibilidade dos equipamentos da instalação, principalmente os críticos.

A *framework* desenvolvida permitiu a Prio Supply obter um procedimento de apoio à gestão de inventário de sobressalentes e consumíveis e sistematizar o seu processo de forma simplificada. Porém, o seu impacto só a longo prazo poderá ser avaliado com firmeza, após a realização da avaliação de desempenho alicerçada num histórico de dados

relevantes e assim tornar a classificação de sobressalentes e consumíveis uma rotina, tornando a *framework* um processo cíclico.

A gestão de inventário de sobressalentes e consumíveis numa organização de elevado grau de perigosidade é um projeto de enorme complexidade, pelo que a otimização dos processos intervenientes é uma área de desenvolvimento contínuo. Portanto, existe a necessidade de desenvolver trabalhos futuros relacionados com o tema abordado.

Com o decorrer deste estudo, possíveis trabalhos futuros foram identificados, com vista a melhorar a *framework* atualmente proposta. Em seguida, serão apresentadas algumas sugestões, com o objetivo de melhorar a classificação de sobressalentes e consumíveis e deste modo, melhorar a gestão de inventário da manutenção:

- Como referido por Bacchetti e Sacconi, (2012), é muito difícil aplicar métodos tradicionais de previsão de procura a sobressalentes e consumíveis. No entanto, propõe-se o desenvolvimento de um método de previsão da procura recorrendo a informações dos equipamentos e das reparações dos componentes como propõem Wang e Syntetos, (2011) e Romeijnnders et al. (2012);
- Visto a aplicação da *framework* ser um processo cíclico, uma das propostas de trabalhos futuros é realizar a avaliação de desempenho da atual aplicação e tirar as ilações de onde se pode melhorar, com vista à obtenção de uma melhor gestão de inventário de manutenção na sua próxima aplicação;
- Propõe-se uma análise mais aprofundada da definição do número de critérios a utilizar bem como quais os critérios a utilizar.
- A conjugação das análises utilizadas aos critérios e subcritérios escolhidos deve ser alvo de uma análise mais profunda, para avaliar se as classes/intervalos definidas para cada critério e subcritério se encontram bem interligadas tendo em conta o contexto organizacional. Neste campo, o critério previsão da procura e os subcritérios *lead time* e número de potenciais fornecedores devem ser os mais fustigados devido a serem julgamentos qualitativos, pelo facto de não existir histórico relevante para definir os seus intervalos.
- Na presente aplicação da *framework* definiram-se três classes de sobressalentes e consumíveis, seria interessante explorar nas próximas aplicações o número ideal de classes a utilizar e a melhor forma de as limitar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bacchetti, A., & Saccani, N. (2012). Spare parts classification and demand forecasting for stock control: Investigating the gap between research and practice. *Omega*, 40(6), 722-737.
- Bošnjaković, M. (2009). Multicriteria Inventory Model for Quantification Spare Parts in Stock. *12th International Scientific Conference on Production Engineering – CIM 2009*.
- BS EN ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Collection and Exchange of reliability and maintenance data for equipment. *British Standard*.
- Cabral, José Saraiva. 2009. Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios. Lisboa: *LIDEL*, 2009.
- Cakir, O., Canbolat, M. S. (2008). A web-based decision support system for multi-criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology. *Expert Systems with Applications*, Vol. 35, pp. 1367-1378.
- Cavalieri, S., Garetti, M., Macchi, M., & Pinto, R. (2008). A decision-making framework for managing maintenance spare parts. *Production Planning & Control*, Vol. 19 No. 4, pp. 379-396.
- Flores, B. E., Whybark, D.C. (1986). Multiple criteria ABC analysis. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 6 No. 3, pp. 38-46.
- Hadi-Vencheh, A., Mohamadghasemi, A. (2011). A fuzzy AHP-DEA approach for multiple criteria ABC inventory classification. *Expert Systems with Applications*. Vol. 38, pp. 3346-3352
- Huiskonen J. (2001). Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. *International Journal of Production Economics* Vol. 71, pp. 125-133.
- Kabir, G., Hasin, M. A. A. (2011). Comparative Analysis of AHP na Fuzzy AHP Models for Multicriteria Inventory Classification. *International Journal of Fuzzy Logic Systems*. Vol. 1 No. 1.
- Kennedy, W. J., Patterson, W., & Fredendall, L. D. (2002). An overview of recent literature on spare parts inventories. *International Journal of Production Economics*, 76(2), 201-215.

- Molenaers, A., Baets, H., Pintelon, L., & Waeyenbergh, G. (2012). Criticality classification of spare parts: A case study. *Int. J. Production Economics*, Vol. 140, pp. 570–578.
- Mucheri, P., Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Operations Research*, Vol. 46, No. 13, pp. 3517-3535.
- NP EN 13306:2007, Terminologia da Manutenção. *Instituto Português da Qualidade*. 2007.
- Parekh, S., Lee, J., Kozman, T. (2008). A Decision Support System for Inventory Management. *Southwest Decision Sciences Institute*.
- Roda, I., Macchi, M., Fumagalli, L. (2014). A review of multi-criteria classification of spare parts. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 25 No. 4, pp. 528-549.
- Romeijnders, W., Teunter, R., Van Jaarsveld, W. (2012). A two-step method for forecasting spare parts demand using information on component repairs. *European Journal of Operational Research*. Vol. 220, pp. 386-393.
- Stoll, J., Koft, R., Schneider, J., Lanza, G. (2015). Criticality analysis of spare parts management: a multi-criteria classification regarding a cross-plant central warehouse strategy. *Production Management*. DOI 10.1007/s11740-015-0602-2.
- Syntetos, A. A., Boylan, J. E., & Croston, J. D. (2005). On the categorization of demand patterns. *Journal of Operational Research Society*, Vol. 56 No. 5, pp. 495-503.
- Syntetos, A., Keyes, M. and Babai, M. (2009). Demand categorization in a European spare parts logistics network. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 29 No. 3-4, pp. 292-316.
- Van Kampen, T., J., Akkerman, R., Van Donk, D., P. (2012). SKU classification: a literature review and conceptual framework. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 32 No. 7, pp. 850-876
- Wang, W., Syntetos, A., A. (2011). Spare parts demand: Linking forecasting to equipment maintenance. *Transportation Research Part E*. Vol. 47, pp. 1194-1209.

ANEXO A

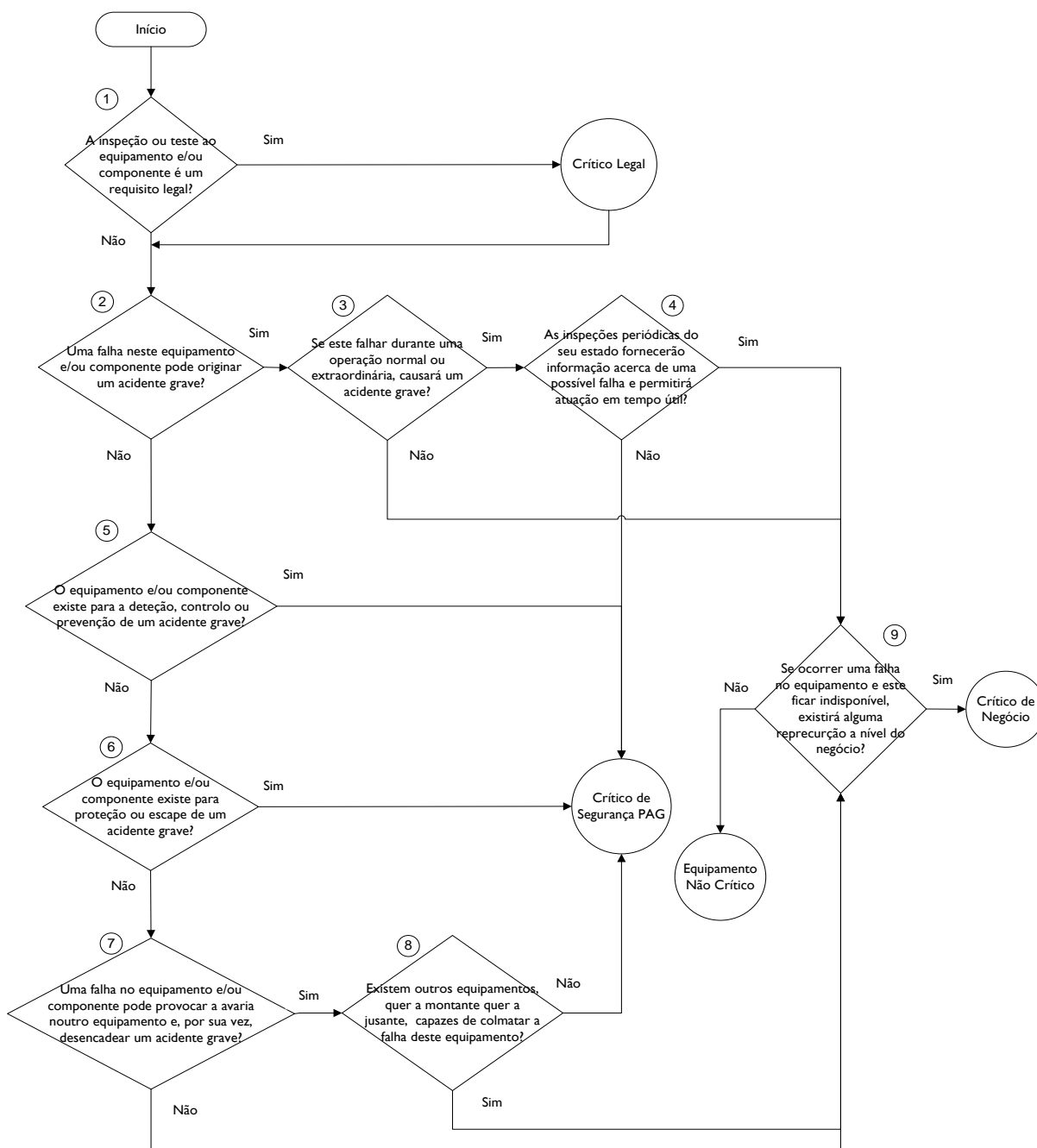


Figura 28 - Procedimento de classificação interno dos equipamentos críticos

ANEXO B

Saaty matrix

	Criticidade Equipamento	Previsão Procura	Características Logísticas
Criticidade Equipamento	1	4 5 6	2 3 4
Previsão Procura	1/6 1/5 1/4	1	1/4 1/3 1/2
Características Logísticas	1/4 1/3 1/2	2 3 4	1

Figura 29 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre os critérios principais

Tabela 16 - Pesos dos critérios principais obtidos através do Fuzzy AHP

Critérios	Pontuação
Criticidade Equipamento	0,649
Previsão Procura	0,072
Caraterísticas Logísticas	0,279

Saaty matrix

	Valor unitário	Lead time	Nº potenciais fornecedores
Valor unitário	1	4 5 6	4 5 6
Lead time	1/6 1/5 1/4	1	1 1 2
Nº potenciais fornecedores	1/6 1/5 1/4	1/2 1 1	1

Figura 30 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre os subcritérios das características logísticas

Tabela 17 - Pesos dos subcritérios obtidos através do Fuzzy AHP

Subcritérios	Pontuação
Valor Unitário	0,637
Lead Time	0,258
Nº Potenciais Fornecedores	0,105

Saaty matrix

	Vital	Essencial	Desejável
Vital	1	2 3 4	4 5 6
Essencial	1/4 1/3 1/2	1	2 3 4
Desejável	1/6 1/5 1/4	1/4 1/3 1/2	1

Figura 31 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre as classes da análise VED dos equipamentos críticos

Tabela 18 - Pesos da classificação VED dos equipamentos críticos obtidos através do Fuzzy AHP

Classes	Pontuação
Vital (V)	0,637
Essencial (E)	0,258
Desejável (D)	0,105

Saaty matrix

	Fast	Slow	Non
Fast	1	2 3 4	4 5 6
Slow	1/4 1/3 1/2	1	2 3 4
Non	1/6 1/5 1/4	1/4 1/3 1/2	1

Figura 32 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre as classes da análise FSN da previsão da procura

Tabela 19 - Pesos da classificação FSN obtidos através do Fuzzy AHP

Classes	Pontuação
Fast-moving (F)	0,637
Slow-moving (S)	0,258
Non-moving (N)	0,105

Saaty matrix

	A	B	C
A	1	2 3 4	4 5 6
B	1/4 1/3 1/2	1	2 3 4
C	1/6 1/5 1/4	1/4 1/3 1/2	1

Figura 33 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre as classes da análise ABC do valor unitário

Tabela 20 - Pesos da classificação ABC obtidos através do Fuzzy AHP

Classes	Pontuação
A	0,731
B	0,188
C	0,081

Saaty matrix

	X	Y	Z
X	1	2 3 4	4 5 6
Y	1/4 1/3 1/2	1	2 3 4
Z	1/6 1/5 1/4	1/4 1/3 1/2	1

Figura 34 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre as classes da análise XYZ do lead time

Tabela 21 - Pesos da classificação XYZ obtidos através do Fuzzy AHP

Classes	Pontuação
X	0,731
Y	0,188
Z	0,081

Saaty matrix

	Vital	Essencial	Desejável
Vital	1	2 3 4	4 5 6
Essencial	1/4 1/3 1/2	1	2 3 4
Desejável	1/6 1/5 1/4	1/4 1/3 1/2	1

Figura 35 - Aplicação do Fuzzy AHP - Comparação entre as classes da análise VED do número de potenciais fornecedores

Tabela 22 - Pesos da classificação VED do número de potenciais fornecedores obtidos através do Fuzzy AHP

Classes	Pontuação
V	0,785
E	0,149
D	0,066