



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Desenvolvimento de um Sistema para Controlo de Vida Útil de Ferramentas Críticas dos Fornecedores numa empresa do setor automóvel

Francisca Matos Laranjo

UMinho | 2024

Francisca Matos Laranjo

Desenvolvimento de um Sistema para Controlo de Vida Útil de Ferramentas Críticas dos Fornecedores numa empresa do setor automóvel

junho de 2024



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Francisca Matos Laranjo

**Desenvolvimento de um Sistema para
Controlo de Vida Útil de Ferramentas
Críticas dos Fornecedores numa empresa
do setor automóvel**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Sérgio Dinis Teixeira de Sousa

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação assinala o término de um capítulo notável na minha trajetória acadêmica e pessoal. Este percurso foi caracterizado por desafios, aprendizagens e conquistas que não poderiam ter sido realizados sem o auxílio daqueles que generosamente contribuíram para o sucesso desta dissertação.

Ao meu orientador, o Professor Doutor Sérgio Dinis Teixeira, um agradecimento especial pela sua orientação excecional, marcada pela atenção minuciosa aos detalhes e pela sua abordagem proativa na resolução de desafios. A disponibilidade constante para esclarecimentos e debates enriquecedores, bem como a generosidade ao partilhar os seus vastos conhecimentos, foram fatores cruciais para a concretização deste projeto.

À BorgWarner, por me ter acolhido nesta aventura, em particular à Fernanda Barreto, pela sua disponibilidade e experiências compartilhadas ao longo destes meses.

Agradeço aos meus amigos pelo apoio constante e pelas discussões enriquecedoras ao longo do meu percurso académico.

À minha família, expresso profunda gratidão pelo amor incondicional, apoio emocional e incentivo constante ao longo dos anos. Em particular, desejo destacar o papel fundamental da minha mãe e do meu avô nesta jornada. À minha mãe, agradeço pelas oportunidades que me proporcionou e por acreditar inabalavelmente em mim e no meu percurso, sendo que estou verdadeiramente grata por tê-la ao meu lado neste percurso. Ao meu avô, reconheço a sua orientação sábia e o apoio constante que foram vitais para o alcance de tudo isto. Sem ambos, nada disto seria possível!

Para além disso, não posso deixar de expressar o meu agradecimento ao meu namorado pelo apoio inabalável durante todo o processo de realização da dissertação. A sua presença constante, compreensão e estímulo foram pilares fundamentais que sustentaram o meu percurso académico. Agradeço sinceramente pela paciência, incentivo e pela dedicação incansável em tornar esta jornada académica mais significativa e gratificante.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Desenvolvimento de um Sistema para Controlo de Vida Útil de Ferramentas Críticas dos Fornecedores numa empresa do setor automóvel

RESUMO

O ramo automóvel é reconhecido pela sua competitividade e padrões elevados, exigindo que as organizações sejam ágeis, sendo que a abordagem "zero defeitos" representa um desafio. Em contexto de controlo e melhoria da qualidade, emerge a necessidade de desenvolver e explorar uma base de dados abrangente. Essa base de dados será fulcral para controlar o ciclo de vida útil das ferramentas da BorgWarner e dos clientes em fornecedores, através do desenvolvimento de um sistema de alerta no *Systems, Applications and Products in Data Processing* (SAP), para avisos atempados de substituição de ferramentas.

Durante o estudo, identificaram-se várias oportunidades para melhorar os procedimentos existentes, com foco na maximização da eficácia e na redução de ineficiências. Foram delineadas estratégias específicas para aprimorar a gestão de recursos, a comunicação interna e a qualidade dos produtos. A obtenção de dados quantitativos sobre as causas da má qualidade dos produtos dos fornecedores foi um dos objetivos iniciais, mas a falta de tais dados dificultou a avaliação do impacto direto do projeto. Para contornar esta limitação, adaptou-se o sistema de seguimento de reclamações, permitindo um registo mais preciso das causas raízes dos problemas de qualidade.

Foram realizadas alterações no *software* da empresa (SAP) para incluir todos os indicadores necessários para uma monitorização eficaz das ferramentas, o que fortaleceu a base de dados essencial para o sistema de alerta. As propostas de melhoria incluíram a implementação de *dashboards* em *Power BI*, sistemas de gestão visual, integração do SAP e Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA).

Apesar de algumas propostas não terem sido totalmente implementadas, os resultados obtidos demonstram avanços significativos no controlo da vida útil das ferramentas da BorgWarner e dos seus clientes. As melhorias foram realizadas sem custos adicionais significativos, evidenciando a vantagem económica para a empresa e reforçando a importância de uma abordagem holística na gestão de processos.

PALAVRAS-CHAVE: Controlo das ferramentas, Fornecedores críticos, Vida útil das ferramentas, SAP.

Development of a System for Controlling the Lifecycle of Critical Tools from Suppliers in an automotive sector

ABSTRACT

The automotive industry is renowned for its competitiveness and high standards, requiring organizations to be agile, with the "zero defects" approach representing a significant challenge. In the context of quality control and improvement, there is a need to develop and leverage a comprehensive database. This database will be crucial for managing the lifecycle of BorgWarner's tools and those of its clients at suppliers, through the development of an alert system in SAP to provide timely warnings for tool replacements.

During the study, several opportunities were identified to improve existing procedures, focusing on maximizing effectiveness and reducing inefficiencies. Specific strategies were outlined to enhance resource management, internal communication and product quality. One of the initial objectives was to obtain quantitative data on the quality issues caused by suppliers, but the lack of such data made it difficult to assess the project's direct impact. To overcome this limitation, the complaint tracking system was adapted to allow more precise recording of the root causes of quality problems.

Changes were made to the company's software (SAP) to include all necessary indicators for effective tool monitoring, strengthening the essential database for the alert system. The improvement proposals included the implementation of dashboards in Power BI, visual management systems, SAP integration, and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA).

Although some proposals were not fully implemented, the results obtained demonstrate significant advances in controlling the lifecycle of BorgWarner's tools and those of its clients. The improvements were made without significant additional costs, highlighting the economic advantage for the company and reinforcing the importance of a holistic approach to process management.

Keywords: Critical Suppliers, Tool Control, Tooling Lifetime, SAP.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação.....	3
1.4 Estrutura da Dissertação	5
2. Revisão de Literatura	7
2.1 Setor automóvel em Portugal.....	7
2.1.1 Controlo de Qualidade no Setor Automóvel.....	8
2.2 Vida Útil das Ferramentas	9
2.3 Indicadores de Desempenho	11
2.4 Relação Cliente-Fornecedor	12
3. Apresentação da Empresa	15
3.1 Descrição Geral da Empresa	15
3.1.1 Estrutura Hierárquica.....	16
3.2 Sistema de Informação: <i>Systems, Applications and Products in Data Processing</i>	19
3.3 Departamento de Compras	19
3.3.1 Inspeção dos Componentes à Chegada - <i>Incoming</i>	23
3.4 Fornecedores BorgWarner	26
3.4.1 Fornecedores Críticos	28
4. Descrição dos Problemas Encontrados.....	31
4.1 Falta de Dados Quantitativos	31
4.2 SAP Desatualizado e com Falta de Informação.....	34
4.2.1 Processo Atual em SAP para Criação de Ferramentas de Fabricação de Componentes.....	34
4.3 Desorganização da Documentação	35

4.4	Falta de Controlo do Tempo de Vida Útil das Ferramentas	36
5.	Apresentação e Implementação de Propostas de Melhoria.....	37
5.1	Sistema de Alerta para Controlo de Vida Útil das Ferramentas	38
5.1.1	Levantamento de Dados Necessários.....	41
5.1.2	Lacunas nos Dados	44
5.2	Adaptação do Procedimento de Criação de Ferramentas para Fabricação de Componentes	50
5.3	Formação aos utilizadores do Novo Procedimento e do Sistema de Alerta	51
5.3.1	Formação aos Utilizadores: Novo Procedimento de criação de ferramentas para fabricação de componentes	51
5.3.2	Formação aos Utilizadores: Sistema de Alerta	51
5.4	Dados Quantitativos	52
6.	Conclusões e Trabalho Futuro.....	54
6.1	Considerações Finais	54
6.2	Limitações do Estudo e Investigações Futuras	56
	Referências Bibliográficas	58
	APÊNDICES	62
	Apêndice I – A Empresa.....	62
	ANEXOS	65
	Anexo I – Seguimento das Reclamações a Fornecedores.....	65
	Anexo II – Procedimento atual: Criação de Ferramentas para Fabricação de Componentes.....	66
	Anexo III – Documento GSM-F026	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Processo Cíclico do Modelo "Investigação-Ação" (Adaptado de Susman & Evered, 1978)	4
Figura 2 - Complexidade e importância das decisões no departamento de compras. Adaptado de De Boer et al., (2001)	12
Figura 3 - Fábrica Viana do Castelo ETTS	16
Figura 4 - Planta da Fábrica: Viana do Castelo ETTS.....	16
Figura 5 - Estrutura Hierárquica referente ao <i>Staff</i>	16
Figura 6 - Estrutura Hierárquica referente às Operações.....	17
Figura 7 - Desempenho do processo de compras, 2023.....	21
Figura 8 - <i>Spigot</i>	23
Figura 9 - Centro de ferramentas - <i>Spigot</i>	23
Figura 10 - Fluxograma: <i>Incoming</i>	24
Figura 11 - Relatório 8D: <i>Root Causes Analyses</i>	25
Figura 12 - Análise de Pareto	27
Figura 13 - Avaliação do Desempenho dos Fornecedores – <i>Supplier Scorecard Evaluation</i>	30
Figura 14 - Fugas de água identificadas	32
Figura 15 - <i>Housing-Flap</i> . Identificação do defeito.....	32
Figura 16 - <i>Housing</i> não conforme: Identificação da porosidade	33
Figura 17 - <i>Bracket</i> Conforme	33
Figura 18 - identificação das não conformidade na <i>bracket</i>	33
Figura 19 - Processo atual de criação de ferramentas de fabricação de componentes.....	34
Figura 20 - Matriz Esforço - Impacto: Propostas de Melhoria.....	37
Figura 21 - <i>Dashboard</i> : Controlo do contacto com os fornecedores.....	42
Figura 22 - Esquematização: <i>Tool replacing time</i>	44
Figura 23 - <i>Tool replacing time- Stampings</i>	46
Figura 24 - Prioridade Ação - FMEA.....	49
Figura 25 - Novo campo para Compras: Criar Ferramentas de Fabricação de Componentes	50
Figura 26 - Valores BorgWarner	63
Figura 27 - Tipos de produtos (ETTS Viana do Castelo).....	64
Figura 28 - Portfólio de clientes BorgWarner, Viana do Castelo	64
Figura 29 - Seguimento Reclamações a Fornecedores.....	65
Figura 30 – Criar ferramentas de fabricação de componentes em SAP	66

Figura 31 - GSM-F026 ("BorgWarner or BorgWarner Customer Owned Tooling Sheet")	67
--	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores necessários para o sistema de alerta	39
Tabela 2 - Interpretação do resultado TRSF	40
Tabela 3 - Avaliação da Severidade, adaptado do <i>Automotive Industry Action Group (2019)</i>	46
Tabela 4 - Avaliação da Ocorrência, adaptado do <i>Automotive Industry Action Group (2019)</i>	47
Tabela 5 - Avaliação da Detecção, adaptado do <i>Automotive Industry Action Group (2019)</i>	47
Tabela 6 – FMEA: Cálculo do tempo restante até à substituição da ferramenta.....	48
Tabela 7 - Plano de Ação: Modos potências da falha com risco elevado	49

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AQP - *Advanced Quality Planning*

APQP - *Advanced Product Quality Planning*

CPM - *Complaint on Purchased Material*

ETTS - *Emissions, Thermal and Turbo Systems*

FMEA - *Failure Mode and Effects Analy*

MQE – *Manufacturing Quality Engineering*

MQT - *Manufacturing Quality Testing*

KPI - *Key Performance Indicators*

PO - *Purchase Order*

PPAP - *Production Part Approval Process*

RUL - *Remaining Useful Life*

SAP - *Systems, Applications and Products in Data Processing*

SAQ - *Self-Assessment Questionnaire*

SDE - *Supplier Development Engineers*

SQA - *Suppliers of Quality Assurance*

SQE - *Supplier Quality Engineers*

TRSF - *Tempo Restante para Substituição da Ferramenta*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo realizou-se uma contextualização do projeto de dissertação, apresentando de forma detalhada os objetivos a serem alcançados. Adicionalmente, é explorada a metodologia de investigação implementada no desenvolvimento do projeto, destacando as abordagens e técnicas utilizadas para atingir os objetivos propostos. Por fim, é exposta a estrutura da dissertação, proporcionando uma visão abrangente da organização e sequência dos temas abordados ao longo da dissertação.

1.1 Enquadramento

A indústria automóvel destaca-se como uma das mais avançadas globalmente, impulsionada pela evolução da tecnologia e por designs inovadores. O aumento na procura por veículos é reflexo dessas influências. Perante os recentes avanços tecnológicos, a crescente variabilidade nas preferências dos clientes, o ambiente competitivo em constante mutação e os ciclos de vida mais curtos dos produtos, as empresas enfrentam o desafio de produzir uma gama mais diversificada em quantidades menores (Kiris et al., 2021).

Contudo, essa ampliação na variedade de produtos resulta numa intensificação nos processos de troca de ferramentas (Yazıcı et al., 2021). Além disso, a questão central neste cenário reside no tempo frequentemente exigido para a execução desses processos (Basri et al., 2021). Esta situação não apenas prolonga os prazos de produção, mas também impacta negativamente na qualidade do produto e na satisfação do cliente, sem agregar valor ao produto final. Nesse contexto, torna-se imperativo que as empresas revisitem os seus processos, identificando oportunidades para melhorar a eficiência e responder de forma ágil às mudanças nas exigências dos clientes, visando, assim, uma maior competitividade no mercado.

A qualidade dos produtos de uma empresa é um reflexo direto da qualidade dos componentes que são fornecidos pelos seus parceiros e fornecedores. É crucial reconhecer que, ao longo do ciclo de vida de uma ferramenta, pode surgir uma série de não conformidades que são difíceis de serem detetadas através dos métodos tradicionais de inspeção estabelecidos. Estas falhas, podem comprometer a integridade e a fiabilidade dos produtos finais, podendo até mesmo afetar a reputação e a confiança dos clientes na marca. Portanto, é fundamental que as empresas implementem medidas rigorosas de controlo de qualidade em todas as etapas da cadeia de abastecimento, desde a seleção criteriosa dos

fornecedores até à realização de testes de qualidade abrangentes ao longo de todo o processo de produção.

O problema em questão é bastante complexo, sendo composto por diversas vertentes. Uma delas reside na sua escala considerável, com milhares de ferramentas utilizadas numa ampla gama de fornecedores distintos. Além disso, enfrenta-se a necessidade de integrar e consolidar informações provenientes de diversas fontes, cada uma com seus próprios formatos e pressupostos. O objetivo último é desenvolver uma solução que antecipe e previna proativamente potenciais problemas decorrentes da excedência do tempo de vida útil das ferramentas utilizadas pelos diversos fornecedores.

A BorgWarner, como fabricante de componentes para a indústria automóvel, está plenamente ciente dos desafios previamente mencionados. A empresa dedica-se diariamente à eliminação de desperdícios e à implementação de melhorias nos seus processos, demonstrando um compromisso constante com a eficiência operacional e a adaptação ágil à procura do mercado.

1.2 Objetivos

O objetivo geral desta dissertação consiste no desenvolvimento de um sistema de alerta para o controlo do ciclo de vida útil de ferramentas nos fornecedores. O presente projeto decorreu entre janeiro e junho de 2024. Neste contexto, foi inicialmente desenvolvido um plano de ação abrangente para conceber todas as etapas necessárias à criação do sistema de alerta, incluindo a categorização das máquinas, definição dos indicadores de desempenho a serem analisados e contacto com os fornecedores. Simultaneamente, sempre que aplicável, serão elaborados relatórios e *dashboards* para monitorizar os indicadores de desempenho, permitindo obter *feedback* sobre o progresso alcançado até ao momento.

Para atingir o objetivo geral, foram definidas etapas:

1. categorização das máquinas e/ou ferramentas a analisar;
2. definição dos indicadores de desempenho relevantes e específicos;
3. obtenção de dados precisos e confiáveis para atualizar os indicadores de desempenho (contacto com fornecedores);
4. criação de *reports/ dashboards* para apresentar os indicadores de desempenho;
5. adaptação do sistema SAP para emitir alertas antecipados à aproximação do término da vida útil da máquina/ ferramenta.

As primeiras quatro etapas deverão permitir monitorizar o estado das ferramentas dos fornecedores. Os resultados previstos deste projeto de investigação incluem a implementação de um sistema de alerta da *Remaining Useful Life* (RUL) em tempo real. A etapa cinco, compara esse estado com o tempo de vida útil estimado e emite um alerta com antecedência que permita iniciar o processo de troca da mesma, sem haver degradação do nível de qualidade dos componentes. Finalmente, esta informação poderá despoletar a ação de troca de ferramenta, concluindo assim o processo de controlo. Esta abordagem visa a redução de falhas no sistema produtivo e defeitos nas peças.

1.3 Metodologia de Investigação

A concretização dos objetivos e resultados deste projeto de investigação requer a definição da metodologia a ser adotada. Este estudo será conduzido no contexto industrial, envolvendo uma colaboração ativa e colaborativa entre o investigador e os colaboradores da empresa.

Nesse sentido, a filosofia subjacente a esta investigação baseia-se na metodologia *Action Research* ou Investigação - Ação, um processo em que investigadores colaboram para abordar questões organizacionais e gerar conhecimento científico (Shani et al., 2012). Segundo Coutinho et al. (2009), a Investigação-Ação pode ser caracterizada como um conjunto de metodologias de investigação que, por um lado, abrangem a ação, e por outro a investigação, simultaneamente. Esta abordagem é caracterizada como prática e interventiva, pois o investigador não apenas possui uma base teórica, mas também intervém na realidade organizacional. Além disso, envolve todos os intervenientes no processo, destacando-se como uma investigação participativa e colaborativa. Os processos cíclicos dessa metodologia visam alcançar a melhoria contínua da investigação, sendo também autoavaliativa, pautando-se pela adaptação contínua a novos conhecimentos (O'brien, 2001). Segundo French (2009), esta abordagem sobressai pela sua configuração constituída por ciclos sequenciais de ação e reflexão crítica, configurando-se como um processo que viabiliza a avaliação do avanço obtido, ou seja, a compreensão do impacto decorrente das ações implementadas.

Esta dissertação adotará as cinco fases do modelo Investigação-Ação: diagnóstico, planeamento da ação, execução da ação, avaliação e aprendizagem específica, conforme ilustrado na Figura 1 (Santos et al., 2013).



Figura 1 - Processo Cíclico do Modelo "Investigação-Ação" (Adaptado de Susman & Evered, 1978)

O ciclo inicia-se com a etapa de "Diagnóstico", centrada na identificação de oportunidades para soluções ou melhorias em potenciais desafios identificados. Nesta etapa, torna-se essencial incorporar uma abordagem holística para uma compreensão abrangente do problema, considerando-o como um todo integrado (Santos et al., 2013).

Posteriormente, inicia-se a fase de "Planeamento da Ação", que engloba a elaboração de um conjunto estratégico destinado a resolver as problemáticas identificadas na fase anterior. Durante esta etapa, serão delineadas ações e estabelecidos objetivos de intervenção, selecionando a abordagem mais pertinente para o contexto em análise.

Na terceira etapa, a "Execução da Ação", serão implementadas as ações planeadas, efetuando a execução das estratégias delineadas na fase anterior. Esta fase visa promover as mudanças e melhorias na situação investigada, através do registo minucioso das tarefas executadas, dos desafios enfrentados e das modificações percebidas.

Este processo será seguido pela "Avaliação", cujo propósito será verificar os resultados obtidos e identificar potenciais interferências que possam impactar o processo de intervenção. Para uma avaliação abrangente, é crucial incorporar uma análise crítica que examine a extensão em que as medidas

adotadas influenciaram os resultados obtidos (Santos et al., 2013). Nesse sentido, é imperativo ponderar a possível interferência de variáveis intrínsecas ao ambiente em estudo.

Por último, na fase de "Aprendizagem Específica", extraem-se as conclusões derivadas do processo de investigação, verificando-se a consecução dos objetivos do projeto, a resolução dos problemas e as lições aprendidas.

A Investigação-Ação destaca-se das demais abordagens pelo seu foco explícito na ação, na exploração e avaliação de soluções para questões organizacionais, além de promover mudanças dentro da própria organização. Uma das principais mais-valias da abordagem da Investigação-Ação reside na capacidade em realçar a importância de seguir um conjunto específico de fases, assegurando que, ao concluir uma iteração do ciclo, se prepare uma subsequente que incorpore os conhecimentos adquiridos na iteração anterior (Santos et al., 2013). Assim, é imperativo reconhecer que, apesar das várias vantagens para a compreensão e transformação do problema em análise, existem limitações que não podem ser desconsideradas. Por exemplo, esta investigação decorreu num contexto particular e envolveu uma amostra restrita de intervenientes, o que pode limitar a generalização dos resultados.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, sendo o primeiro a introdução, onde é realizado um enquadramento do tema, bem como a definição dos objetivos, da metodologia de investigação selecionada e ainda é apresentada a estrutura da dissertação.

O capítulo subsequente apresenta a revisão bibliográfica dos conceitos teóricos e contribuições científicas necessários para o desenvolvimento deste projeto, com base em livros e artigos científicos na sua grande maioria. O terceiro capítulo foca-se na empresa, apresentando os seus principais produtos, uma descrição geral, o *software* utilizado, o Departamento de Compras e os fornecedores BorgWarner.

No quarto capítulo, é feita uma análise crítica do Departamento de Compras, onde são identificados os principais problemas, correspondendo à fase 1 da Figura 1. O quinto capítulo apresenta e descreve propostas de melhoria para solucionar os problemas identificados no capítulo anterior, abordando as fases 2 e 3 da Figura 1.

Finalmente, no sexto capítulo, são expostas as conclusões do projeto, as suas limitações e sugestões para trabalhos futuros, correspondendo à fase 5 da Figura 1. É importante salientar que a fase 4 da

Figura 1 não foi abordada, pois dependia da implementação do Sistema de Alerta, o que não ocorreu. Consequentemente, não foi possível obter e avaliar os resultados dessa fase.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A indústria automóvel em Portugal tem desempenhado um papel significativo na economia do país, representando um setor estratégico que enfrenta desafios e oportunidades únicas. É um mercado muito competitivo, tornando-se crucial que as organizações pratiquem uma cultura de melhoria contínua, reunindo todos os *stakeholders* da organização. Este capítulo apresenta uma revisão de literatura sobre a prevenção da qualidade envolvendo os fornecedores da empresa. Esta prevenção pode assumir diversas iniciativas, mas neste caso, consiste no cálculo e monitorização do tempo restante de vida útil de ferramentas críticas usadas pelos fornecedores da empresa e comunicação aos mesmos sobre a necessidade de substituição das ferramentas, para evitar receber problemas de qualidade em materiais recebidos. Assim, este capítulo explora os princípios teóricos subjacentes, as estratégias de aplicação e os desafios associados a este contexto. A estrutura deste capítulo procura desenvolvimentos recentes sobre o controlo de qualidade no setor automóvel, a importância do controlo da vida útil das ferramentas, indicadores de desempenho que permitam avaliar o bom desempenho em termos de qualidade e relação mutuamente benéfica entre empresa e fornecedor.

2.1 Setor automóvel em Portugal

O setor automóvel em Portugal desempenha um papel crucial na economia do país, exercendo influência significativa na tributação, nos indicadores macroeconómicos e no domínio da inovação e desenvolvimento. Este setor engloba duas áreas distintas: a fabricação automóvel e o comércio automóvel. A fabricação automóvel abrange a produção de veículos e componentes correspondentes. Por outro lado, o comércio automóvel envolve atividades *downstream*, tais como a venda e manutenção de veículos automóveis (Castro, 2014).

Atualmente, nos diversos setores de atividade, com destaque para o ramo automóvel, observa-se uma crescente exigência do mercado por produtos personalizados, em grande variedade, mas a preços mais acessíveis e com prazos de entrega mais curtos. Este cenário é resultado da globalização e da constante evolução dos processos, tornando crucial para as organizações a adoção de estratégias flexíveis e a aquisição de conhecimento para enfrentar as exigências e competitividade do mercado (Castro, 2022).

Neste contexto, é relevante destacar que a expansão da economia portuguesa e a internacionalização das empresas têm contribuído para o desenvolvimento e evolução do mercado automóvel em termos tecnológicos. Além disso, é importante salientar que o investimento estrangeiro desempenhou um papel fundamental no crescimento do setor automóvel em Portugal (Vieira, 2023).

Globalmente, o setor automóvel representa uma das indústrias mais relevantes em termos económicos, sendo os seus produtos essenciais para a mobilidade de pessoas e mercadorias. Por conseguinte, é considerado uma das principais indústrias a nível mundial, sendo frequentemente denominado como "a indústria das indústrias" (Caetano, 2014).

O setor automóvel é particularmente sensível às flutuações do ciclo económico, uma vez que depende da venda de bens duradouros, sujeitos às expectativas dos consumidores e empresários (ENEI, 2014). A vitalidade da indústria automóvel está diretamente relacionada com a “saúde” das economias, e as mudanças económicas têm um impacto significativo nas vendas e na produção de veículos, afetando consequentemente toda a cadeia produtiva do setor (Caetano, 2014).

2.1.1 Controlo de Qualidade no Setor Automóvel

A Qualidade é definida como o “grau de satisfação de requisitos dado por um conjunto de características intrínsecas de um objeto” (ISO, 2015). Contudo, atualmente, não existe uma definição de qualidade universalmente aceite por todas as organizações, sendo esta determinada pelo contexto da empresa e pelos objetivos que pretende atingir. Por sua vez, o Controlo da Qualidade desempenha um papel crucial na prevenção de variações na qualidade dos produtos. Para assegurar um controlo eficaz, é essencial estabelecer *standards*, ou seja, documentação que define critérios para avaliar a aceitabilidade do produto. Por sua vez, a Garantia da Qualidade assegura o cumprimento das especificações de Qualidade (ISO, 2015). Geralmente, são desenvolvidos relatórios, planos de ação documentados ou documentos detalhados com as especificações dos produtos, com o intuito de garantir e controlar a sua qualidade. Adicionalmente, destaca-se a relevância dos indicadores de desempenho, pois permitem a monitorização ao longo do tempo da evolução dos objetivos das empresas.

A norma técnica IATF 16949:2016, desenvolvida pela *International Automotive Task Force* (IATF), estabelece os requisitos para sistemas de gestão da qualidade na indústria automóvel. Fundamentada na estrutura da ISO 9001, esta norma visa promover a excelência operacional e aprimorar a qualidade dos produtos ao longo de toda a cadeia de abastecimento. Ao focar na prevenção de defeitos e na redução de variações e desperdícios, a IATF 16949:2016 estimula a melhoria contínua em todos os processos, desde o projeto e desenvolvimento até a produção, instalação e manutenção de componentes automóveis. Desta forma, não apenas garante-se a conformidade com padrões internacionais de qualidade, mas também maximiza a eficiência operacional e se fortalece a confiança dos clientes nos produtos e nas relações comerciais. Além disso, a implementação desta norma proporciona novas

oportunidades de negócio e contribui significativamente para o desenvolvimento organizacional, ao estabelecer um controlo mais abrangente dos processos e uma gestão mais eficaz da qualidade. Assim, a IATF 16949:2016 emerge como um guia indispensável para as empresas do setor automóvel que procuram alcançar os mais elevados padrões de qualidade e excelência operacional (Santos, 2011).

As empresas neste setor realizam a qualificação e seleção de fornecedores com base em critérios como o custo, a qualidade e outros que consideram relevantes. Por exemplo, a norma de qualidade aplicável neste setor requer aos fornecedores a demonstração da capacidade de produzir dentro das especificações requeridas, antes de começar a produção (em massa) de componentes. No entanto, com o passar do tempo as condições do processo produtivo podem-se degradar (Sousa et al., 2018), resultando no aumento da proporção de unidades defeituosas enviadas para o cliente. Este problema pode ser motivado quando as ferramentas atingem o seu tempo de vida útil.

2.2 Vida Útil das Ferramentas

A vida útil de uma máquina representa o intervalo de tempo previsto durante o qual a máquina demonstra eficácia e eficiência, cumprindo os requisitos operacionais para os quais foi concebida.

Este conceito está relacionado com a resistência, fiabilidade e desempenho contínuo do equipamento ao longo do tempo. Envolve a estimativa ou previsão do tempo restante de operação de um equipamento antes de atingir o final da sua vida útil, fundamentando-se em análises e indicadores de desempenho. Este conceito refere-se ao período de tempo durante o qual a ferramenta mantém seu desempenho aceitável antes de atingir o final de sua vida operacional (Wang et al., 2023).

Daí surge o conceito de Vida Útil Remanescente (RUL), que corresponde ao tempo restante até que a ferramenta não cumpra mais os requisitos operacionais. No entanto, estimar a RUL de um ativo é frequentemente desafiador em qualquer setor, pois depende de fatores como a fabricação, o ambiente operacional, a monitorização contínua das condições e os dados dos fornecedores (Van Nguyen et al., 2019).

Os modelos RUL desempenham um papel crucial na prevenção de falhas não planeadas, permitindo a substituição preventiva de componentes (Azus et al., 2023). Um modelo "perfeito", no qual a vida prevista é igual à vida real, minimiza riscos e custos, enquanto qualquer desvio no modelo aumenta esses fatores. Por exemplo, uma superestimação na vida prevista da ferramenta pode resultar em falhas não planeadas se o componente quebrar antes da substituição programada. Por outro lado, uma subestimação na vida

prevista pode reduzir o risco de interrupções nas operações, mas aumentar os custos de substituições preventivas (Sahu et al., 2023).

Nesse contexto, o conceito de RUL é fundamental para a gestão proativa da manutenção, permitindo a antecipação de substituições ou intervenções e contribuindo para a eficiência operacional e a maximização da durabilidade dos ativos. A RUL desempenha um papel essencial na definição de um cronograma de manutenção (Fathi et al., 2023).

A Manutenção Preditiva tem recebido considerável atenção nos últimos anos, tanto na investigação como na indústria, sendo reconhecida como impulsionadora da quarta revolução industrial, a chamada “Indústria 4.0” (Zhai et al., 2021). A manutenção preditiva possibilita a análise de dados históricos em tempo real, visando a otimização de operações industriais, incluindo produção, manufatura e substituição, com o intuito de impulsionar a produtividade (Singh et al., 2023).

O planeamento de manutenção constitui um domínio interdisciplinar que enfrenta diversas complexidades técnicas, económicas e temporais para a sua aplicação eficaz em diferentes setores industriais e sistemas de gestão. Em geral, revela-se crucial, uma vez que as indústrias compreenderam os riscos e impactos fundamentais associados à adoção da estratégia de manutenção corretiva. Os riscos predominantes incluem paragens nas linhas de produção, custos adicionais e o tempo necessário para efetuar manutenção urgente. A implementação bem-sucedida de um sistema de planeamento de manutenção exige uma estrutura de gestão, seja centralizada ou descentralizada, apoiada por recursos específicos da indústria, como operadores e ferramentas, além de um método de planeamento de manutenção alinhado com a realidade operacional. A estratégia de manutenção preventiva e o planeamento de atividades de manutenção em intervalos regulares ou irregulares têm sido eficazes na redução dos riscos de falhas nas indústrias (Einabadi et al., 2023).

A deteção precoce de falhas no sistema contribui para evitar eventos catastróficos, enquanto a compreensão da RUL é essencial para estabelecer um cronograma de manutenção ideal. A capacidade de detetar precocemente falhas visa identificar, isolar e avaliar a gravidade das falhas com base em modelos que abrangem os efeitos de propagação entre subsistemas e relacionam-se com a degradação detetada (Van Nguyen et al., 2019).

Perder o controlo da vida útil e dos custos associados, como depreciação e amortização, representa um risco financeiro substancial para a empresa. Esta perda de rastreio não só implica um custo monetário considerável, mas pode também comprometer a integridade da propriedade intelectual partilhada,

influenciar negativamente a qualidade do produto e limitar a flexibilidade para transitar entre fornecedores críticos (Goi et al., 2013).

Num contexto global, manter o controlo efetivo destes ativos é um fator crucial que pode definir a linha entre o sucesso e o insucesso da empresa, não apenas em termos financeiros, mas também na obtenção de resultados de qualidade superior.

A determinação da RUL de cada ferramenta crítica é uma tarefa que os fornecedores de componentes para a indústria automóvel devem fazer, mas caso haja algum problema com este processo, o cliente pode sofrer consequências negativas. Tipicamente uma empresa pode ter centenas de fornecedores, cada um com uma ou mais ferramentas que devem ser monitorizadas relativamente à RUL. Assim, surge a necessidade de desenvolver uma base de dados com indicadores de desempenho cruciais para o registo dos valores necessários para o controlo da RUL.

2.3 Indicadores de Desempenho

A compreensão e a aplicação eficaz dos *Key Performance Indicators* (KPI's) desempenha um papel crucial na avaliação do desempenho organizacional e na formulação de decisões estratégicas. Estes indicadores são métricas quantificáveis que fornecem suporte na avaliação do progresso em direção aos objetivos estabelecidos por uma organização e na medição do desempenho interno, conforme destacado por Kang et al. (2016).

Um KPI constitui-se como uma ferramenta essencial para avaliar o desempenho organizacional, permitindo verificar se as metas da organização estão a ser alcançadas, conforme salientado por Rodrigues et al. (2021). Desta forma, possibilita analisar a eficiência na execução das tarefas e otimizar todos os recursos envolvidos no processo. Os KPI's facultam aos gestores a capacidade de identificar áreas de desafio, permitindo a alocação eficaz de recursos para potenciar o sucesso.

A escolha dos KPI's adequados está diretamente alinhada com os objetivos estratégicos da organização e com os requisitos específicos do setor em que a organização opera, considerando a sua posição no mercado, a sua missão, visão e valores.

Adicionalmente, a implementação eficaz desses indicadores estimula a prática da melhoria contínua numa organização. A monitorização regular do desempenho e o ajuste estratégico conforme necessário capacitam as organizações a adaptarem-se às dinâmicas do mercado, sustentando assim uma vantagem competitiva (Bhatti et al., 2014).

Os KPI's SMART, representando *Specific* (Específico), *Measurable* (Mensurável), *Achievable* (Alcançável), *Relevant* (Relevante) e *Time-bound* (Temporal), constituem uma metodologia amplamente reconhecida para a formulação de KPI's eficazes. Este método assegura que os indicadores sejam distintos, mensuráveis, atingíveis, relevantes e delimitados temporalmente, garantindo, assim, que estão alinhados de forma clara e acionável com os objetivos organizacionais (Ishak et al., 2019).

Neste contexto, os KPI's podem permitir identificar a necessidade de recomendar aos fornecedores a substituição de ferramentas que possam ter RUL próximos do tempo requerido da substituição da ferramenta.

2.4 Relação Cliente-Fornecedor

Em média, cerca de 55% da receita de uma organização é destinada às compras, representando mais da metade do valor total das vendas das empresas que, por sua vez, são direcionadas aos fornecedores (Lopes, 2020). Esta realidade destaca a relevância de implementar medidas de redução de custos nesta área. A necessidade de incorporar os fornecedores na gestão de compras envolve a participação de uma ampla equipa com capacidade de decisão. Nesse contexto, juntamente a outros elementos como a crescente urgência na tomada de decisões, a necessidade cada vez maior de transparência e uma gama cada vez mais diversificada de critérios, resulta em um acréscimo da complexidade e relevância das decisões associadas ao departamento de compras (Figura 2).



Figura 2 - Complexidade e importância das decisões no departamento de compras. Adaptado de De Boer et al., (2001)

Como tal, verifica-se a importância de uma boa relação, com diálogo contínuo e transparente entre a BorgWarner e os seus fornecedores, visando alinhar expectativas, identificar desafios e procurar soluções que otimizem os processos e promovam a eficiência em toda a cadeia de abastecimento. Tal diálogo só é viável mediante o estabelecimento de relações cooperativas, cláusulas contratuais de coordenação e programas formais de avaliação de desempenho, práticas que as empresas podem adotar para mitigar o impacto negativo da heterogeneidade dos fornecedores de peças (Handley & Gray, 2015). Dessa forma, reconhecer a importância da regularidade e eficácia do contacto entre fornecedor e cliente é essencial para otimizar procedimentos e fortalecer relações comerciais. A partilha constante de informações cria um ambiente colaborativo propício ao alinhamento de expectativas, à resolução proativa de desafios e à maximização da eficiência operacional.

A gestão de relacionamentos é um dos sete princípios da gestão da qualidade (ISO, 2015), sendo as relações com os fornecedores particularmente cruciais dentro desse contexto. As pesquisas nessa área têm abordado métodos ótimos de seleção de fornecedores, a relação entre as práticas de gestão da qualidade na cadeia de abastecimento e os resultados de desempenho da qualidade, bem como o impacto da orientação para o fornecedor no desempenho organizacional em organizações certificadas pela ISO 9001, além da influência dessa norma na flexibilidade da cadeia de abastecimento (Kafel et al., 2024).

A gestão adequada da qualidade dos fornecedores exerce um impacto notável na vantagem competitiva da organização, direcionando-a de forma positiva (Khairul, 2020). Administrar eficazmente a qualidade dos fornecedores nas cadeias de abastecimento é imperativo para minimizar os custos associados a produtos e serviços de baixa qualidade. O Desenvolvimento da Qualidade dos Fornecedores (DQF) emerge como uma iniciativa estratégica para aprimorar a qualidade, fiabilidade e eficiência dos fornecedores (Noshad & Awasthi, 2015).

Além disso, uma intervenção de qualidade conduzida pelo comprador eleva o padrão de desempenho dos produtos do setor automóvel ao reduzir defeitos específicos, resultando na melhoria das relações entre comprador e fornecedor (Hoque & Maalouf, 2022). Neste contexto, é crucial que as empresas direcionem as suas expectativas em relação aos fornecedores para aprimorar essencialmente os processos de controlo de qualidade, desde as entregas até aos produtos semi-acabados e acabados (Urbaniak & Zimon, 2022).

Esses elementos possibilitam a antecipação de desafios iminentes e a adoção de medidas preventivas. A rápida identificação e resolução de problemas, por meio de decisões ágeis, são cruciais para prevenir

atrasos, reduzir custos adicionais e garantir a plena satisfação do cliente. É imprescindível salientar que uma decisão inadequada acarreta uma perda direta de recursos, incluindo materiais, equipamentos, tempo e capital (Amrani et al., 2022).

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo, procede-se a uma breve apresentação da empresa. Informações mais detalhadas sobre a organização estão disponíveis no Apêndice I, abrangendo aspetos como a visão, missão e valores, bem como detalhes relativos a produtos e clientes. Torna-se ainda crucial compreender a dinâmica envolvente do departamento de compras, no qual o projeto está inserido. Assim, este capítulo visa ainda detalhar e analisar a situação presente deste departamento, abordando especificamente a sua dinâmica, métodos e desafios existentes relativos à avaliação e seleção de fornecedores. Além disso, pretende-se compreender a estrutura atual do departamento, assim como obter *insights* sobre os fornecedores da BorgWarner.

3.1 Descrição Geral da Empresa

A corporação BorgWarner Inc., estabelecida em 1928 e sediada no estado do Michigan, é uma empresa norte-americana de dimensão global dedicada à produção de uma vasta gama de componentes destinados à indústria automóvel. Classificando-se como um dos 25 principais fornecedores do setor automóvel em todo o mundo, mantém presença em 82 localizações distribuídas por 21 países nos continentes americano, europeu e asiático, contando com uma força de trabalho de aproximadamente 40 000 colaboradores.

A BorgWarner opera globalmente em diversas áreas estratégicas, nomeadamente:

- *PowerDrive and Systems;*
- *Morse Systems;*
- *Drivetrain Systems;*
- *Emissions, Thermal and Turbo Systems (ETTS).*

Em território português, a BorgWarner está representada por três instalações, duas situadas em Viana do Castelo e outra no Seixal, pertencentes a duas unidades de negócio diferentes, nomeadamente *PowerDrive and Systems* e ETTS. No que concerne à unidade de Viana do Castelo, a história remonta a 2005 com a inauguração da fábrica em Valença do Minho. Posteriormente, em 2009, a entidade foi rebatizada como "DYTECH ENSA-Portugal, Produção de Componentes Automóveis, Unipessoal, Lda". Em 2010, a empresa foi adquirida pela BorgWarner Inc., passando a adotar a designação "BorgWarner Emissions Systems Portugal, Unipessoal LDA". Este processo evolutivo culminou em 2014 com a realocação da fábrica de Valença para Viana do Castelo, onde atualmente opera. Assim, a BorgWarner

de Viana do Castelo está atualmente situada no Parque Empresarial de Lanheses, no Lugar Salvaterra (Figura 3), integrando a área de negócios ETTS. Na Figura 4 está presente a planta da fábrica, com as respetivas áreas do recinto.



Figura 3 - Fábrica Viana do Castelo ETTS

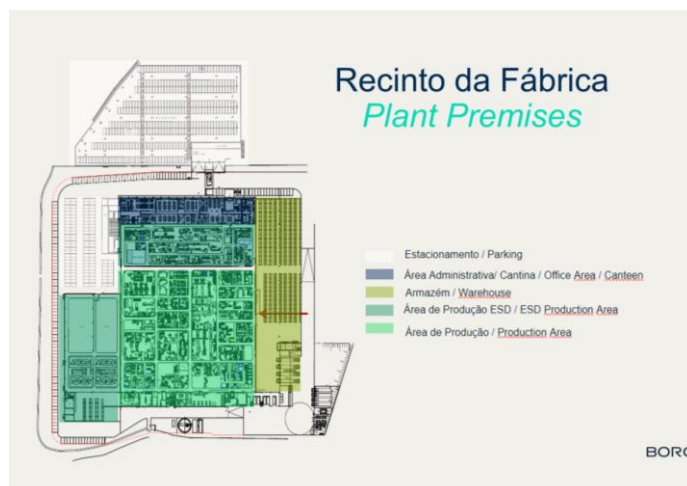


Figura 4 - Planta da Fábrica: Viana do Castelo ETTS

Em relação à fábrica da ETTS em Viana do Castelo, esta emprega 1479 colaboradores. Estima-se que, até 2024, o volume de faturação atinja os 421 milhões de euros, com uma produção prevista de 45% de peças destinadas a veículos elétricos.

3.1.1 Estrutura Hierárquica

A estrutura hierárquica predominante na BorgWarner Viana pode ser visualizada mediante a consulta dos gráficos delineados na Figura 5 e na Figura 6.

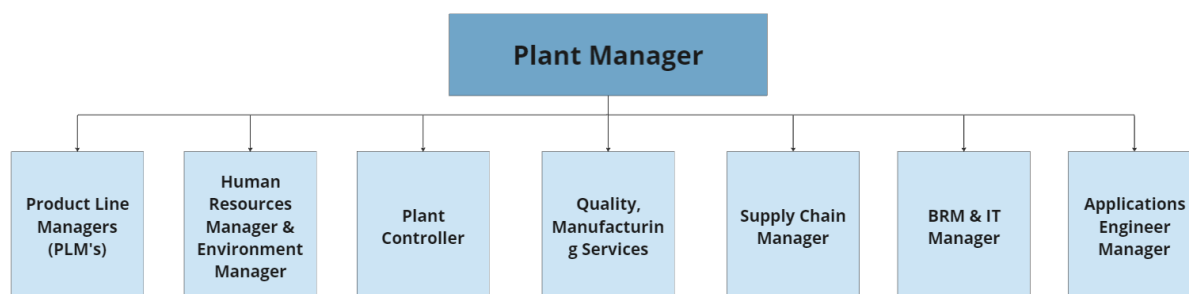


Figura 5 - Estrutura Hierárquica referente ao *Staff*

No que concerne ao segundo gráfico (Figura 6), este abrange as equipas de operações e caracteriza-se pela sua orientação para os produtos. A sua conceção visa alinhar de forma integrada a produção com os padrões de qualidade, mantendo um enfoque constante na procura pela melhoria contínua. Importa salientar que esta estrutura está implementada em todas as linhas de produção da organização, ou seja, cada linha é composta por um *Product Line Manager* (PLM) e a restante equipa de operações.

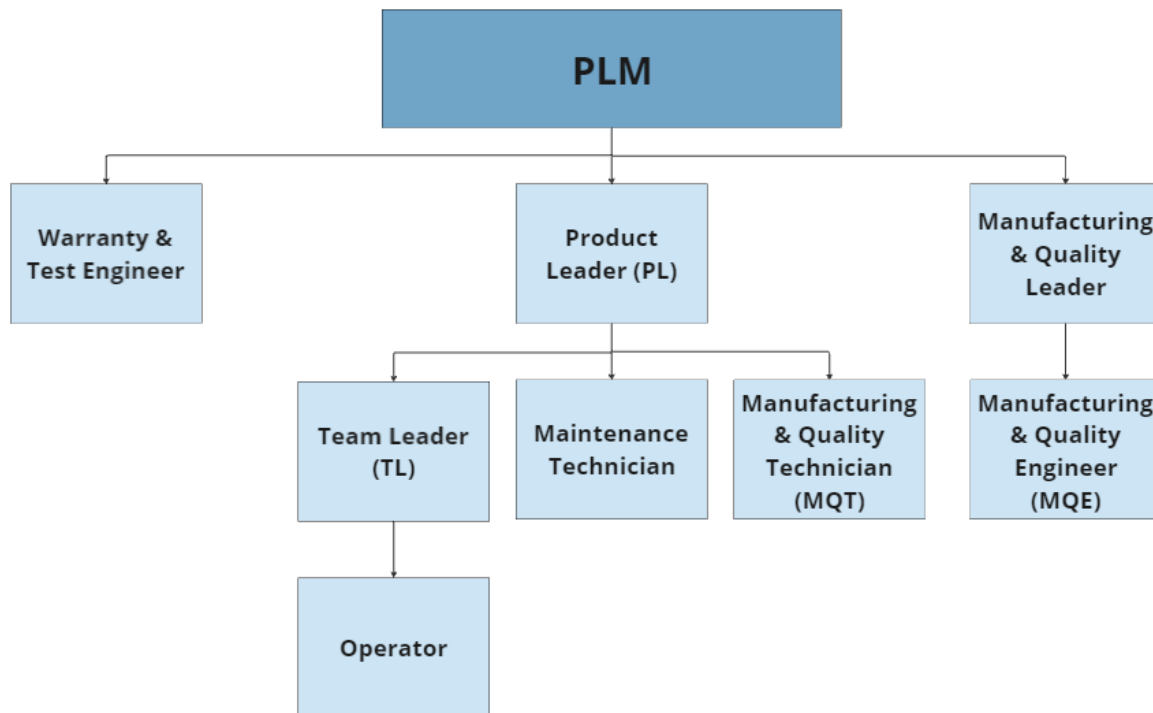


Figura 6 - Estrutura Hierárquica referente às Operações

Os departamentos da empresa abrangem uma variedade de funções essenciais para o seu funcionamento eficiente. Cada um possui responsabilidades específicas que contribuem para o alcance dos objetivos organizacionais e para o sucesso da empresa.

O departamento de *Management Staff* é responsável pela definição da visão estratégica da empresa e pela coordenação das operações globais. Já o departamento de *Finance* gere os recursos financeiros da empresa, incluindo orçamentos, relatórios financeiros, entre outros. No que diz respeito aos recursos humanos, o departamento de *Human Resources* supervisiona as políticas e práticas relacionadas com os colaboradores, desde a contratação até ao desenvolvimento de carreiras. A segurança dos colaboradores e a proteção do ambiente são garantidas pelo departamento de *Safety & Environment*, que implementa e monitoriza medidas de segurança e sustentabilidade.

O departamento de *Supply Chain* é responsável pela gestão das compras, incluindo a compra de serviços e material direto e indireto, bem como o desenvolvimento e garantia de qualidade dos fornecedores. Este departamento encontra-se subdividido nas seguintes equipas: *Purchasing: Combustion Products, Electrification Products, Indirect; Supplier Quality: Supplier Development & Products, Supplier Quality C Products, Supplier Development E Products*.

A *Logistics* coordena as operações de armazenamento, transporte e distribuição de produtos, organizando-se em duas equipas: *Warehouse & Internal Logistics* e MRP (*Material Requirements Planning*).

O departamento de *Operations* apresenta uma equipa denominada *Program Management* que supervisiona e gere projetos e programas operacionais.

Relativamente aos departamentos: *Product Line Coolers, Product Line Heaters, Product Line Air Heaters, Product Line EGM (Exhaust Gas Recirculation), Product Line Valves, Product Line Electronic* são representados e liderados pelo respetivo *Product Leader*, sendo a qualidade de cada departamento efetuada através das funções de MQE (Manufacturing Quality Engineering) e MQT (Manufacturing Quality Testing).

A engenharia de aplicações, representada pelo departamento de *Applications Engineering*, desempenha um papel vital no design de CAD (*Computer-Aided Design*), prototipagem e desenvolvimento de produtos inovadores. O departamento *Quality & Manufacturing Services* englobam várias áreas, desde as instalações (equipa *Facilities*) e transformação digital (equipa *Digital Transformation*) até aos serviços de laboratório (equipa *Laboratory*), garantindo a qualidade e excelência em todas as etapas do processo produtivo (equipa *Quality*). Por fim, o departamento de *Information Technology* suporta todas as operações com sistemas de informação avançados, impulsionando a eficiência e a inovação tecnológica em toda a organização.

Desta forma, a estrutura organizacional da empresa é concebida para assegurar uma operação coesa e integrada, onde cada departamento contribui decisivamente para a realização da missão e visão corporativas.

3.2 Sistema de Informação: *Systems, Applications and Products in Data Processing*

Para melhorar a gestão da informação e facilitar a comunicação interna, a empresa adota o sistema de informação SAP, uma solução tecnológica robusta e amplamente reconhecida no mercado.

Este sistema representa o cerne do *Enterprise Resource Planning* (ERP) da organização, possibilitando a integração dos processos internos e eliminando a necessidade de recorrer a múltiplos *softwares* distintos. Essa unificação não só reduz a redundância de dados, como também promove uma maior fluidez na troca de informações entre os diferentes departamentos da empresa.

Além disso, o SAP oferece uma notável eficiência na automatização de tarefas manuais e repetitivas, impulsionando assim a produtividade e minimizando a ocorrência de erros.

Graças à sua capacidade de atualização em tempo real durante transações e processos, o SAP proporciona uma visibilidade e transparência sem precedentes, fundamentais para uma gestão eficaz e informada. Importa destacar que os benefícios deste sistema se estendem para além do departamento de compras, alcançando áreas como a logística, os recursos humanos e financeiro.

Concluindo, o SAP emerge como uma ferramenta essencial para a BorgWarner, constituindo a base de dados central de todos os departamentos da empresa e impulsiona a integração e eficiência operacional de forma decisiva.

3.3 Departamento de Compras

O projeto está atualmente a ser conduzido no departamento de compras (*Supply Chain*), dada a sua relação próxima com os fornecedores e a responsabilidade de garantir a qualidade dos componentes adquiridos. A iniciativa foi desencadeada pela identificação de problemas de qualidade no *incoming*, em clientes da empresa ou nos processos internos (departamento de produção ou inspeção final), cuja origem estava relacionada com características técnicas de componentes adquiridos. Observou-se que certos defeitos poderiam ser atribuídos ao uso de ferramentas no final da sua vida útil, os quais não eram completamente detetados pelos planos de inspeção existentes. No entanto, não há dados quantitativos que evidenciem a real dimensão do problema.

Este departamento é composto por aproximadamente quarenta colaboradores, distribuídos em diversas funções e respetivas equipas. No interior da equipa, ocorre ainda uma subdivisão baseada nos tipos de produtos: veículos elétricos e veículos a combustão. Esta diferenciação ocorre primariamente em termos

de responsabilidades relacionadas à qualidade e negociações específicas para cada categoria de produtos. Posto isto, existem os seguintes cargos:

- **Compradores:** desempenham um papel central na dinâmica comercial da empresa, assumindo tarefas estratégicas que vão desde a negociação até a gestão proativa dos fornecedores, garantindo uma abordagem abrangente e eficiente na procura pela excelência operacional e sustentabilidade financeira. Os compradores destacam-se pelo seu papel fundamental no processo de negociação, na atualização de preços e na redação e conclusão de contratos comerciais. Além disso, os compradores têm a missão de procurar a redução de custos, contribuindo assim para a eficiência financeira da organização. A sua atuação é essencial na gestão global dos fornecedores, estabelecendo e mantendo relações comerciais estratégicas. A gestão dos *resourcings* também é da responsabilidade dos compradores, onde a nomeação de um novo fornecedor para uma peça específica é necessária devido à inadequação do fornecedor anterior. Este processo requer uma avaliação criteriosa das condições e desempenho dos fornecedores existentes, assegurando a escolha do parceiro mais adequado para garantir a continuidade eficiente da cadeia de abastecimento. De entre os colaboradores que desempenham este cargo, existe uma equipa composta por três compradores especializados na gestão exclusiva de materiais indiretos.
- **Supplier Development Engineers (SDE):** desempenham um papel crucial no âmbito do aprimoramento contínuo dos fornecedores e dos respetivos processos produtivos. Estabelecendo uma comunicação próxima e colaborativa, os SDE não apenas identificam áreas de melhoria nos processos e produtos dos fornecedores, como também propõem soluções eficazes para otimizar o desempenho global. A intervenção destes colaboradores torna-se imperativa em situações de grandes falhas de qualidade originadas nos fornecedores. Nesses casos, os SDE ativam planos estratégicos de melhoria e desenvolvimento, assegurando uma abordagem sistemática para a resolução eficaz dos desafios identificados. O compromisso dos SDE estende-se ao acompanhamento próximo dos fornecedores, persistindo até que a falha seja totalmente erradicada e os padrões de qualidade estejam plenamente assegurados. Este acompanhamento pode ser conduzido presencialmente ou remotamente, ajustando-se às necessidades específicas de cada situação. No entanto, prioriza-se a presença física sempre que possível, reconhecendo o valor de uma abordagem mais direta e envolvente.

- **Suppliers of Quality Assurance (SQA):** têm a responsabilidade de assegurar a qualidade das peças recebidas dos fornecedores pela empresa. Caso surjam problemas, desempenham um papel fundamental ao fornecer o suporte inicial para a sua resolução;
- **Supplier Quality Engineers (SQE):** fornecem um apoio mais especializado após a intervenção inicial do SQA. Além disso, têm a responsabilidade pelas alterações nos processos produtivos provenientes dos fornecedores, bem como pela gestão de toda a documentação do *Production Part Approval Process (PPAP)*.

É relevante realçar que, na empresa, ocorre a aquisição de cerca de 65% dos elementos que compõem o portefólio por meio do processo de compras. Esta percentagem destaca a importância do material adquirido para o êxito do negócio, uma vez que a qualidade dos componentes desempenha um papel fulcral na produção dos produtos. A dedicação à seleção e gestão cuidadosa desses materiais reflete o compromisso da empresa com padrões elevados, constituindo um fator determinante para o sucesso consolidado no mercado.

Recorrendo ao software SAP, foi possível obter informações detalhadas sobre o desempenho do processo de compras no ano de 2023 (Figura 7).

Total units		216.546.739
Units defective		443
PPM - Key figure	Analysis	2
Total number of items		40.837

Figura 7 - Desempenho do processo de compras, 2023

Durante esse período, foram adquiridas um total de 216.543.739 peças, distribuídas por 40.837 componentes distintos. Esses dados refletem a escala e a complexidade das operações deste departamento, realizadas ao longo do ano.

De forma global, a BorgWarner realiza compras de uma ampla gama de produtos, distribuindo responsabilidades entre os diversos compradores e SDE's especializados em categorias específicas. Esta gama de produtos encontra-se dividida em dois tipos de materiais: diretos e indiretos. O material direto, adquirido pelo departamento de compras, constitui a matéria-prima essencial para a fabricação do produto final. Estes componentes são diretamente incorporados ao processo produtivo e têm um impacto direto na qualidade, desempenho e características do produto acabado. Por outro lado, o material indireto

engloba todos os recursos que contribuem para a produção do produto final, tais como lubrificantes, ferramentas, e outros itens não diretamente incorporados ao produto acabado, mas fundamentais para o processo produtivo. No entanto, o foco da presente dissertação será apenas no material direto. Este tipo de material inclui alguns dos seguintes componentes: fundições (*housings*) até peças maquinadas, peças estampadas, matéria-prima, componentes eletrônicos, produtos plásticos, insumos químicos, parafusos e molas, até materiais de embalagem.

Este tipo de material é segmentado por *commodity*, ou seja, pelo tipo de peças e pelos processos utilizados na sua fabricação. As commodities existentes são: *castings (die, gravity, investment)*, *chemicals, electricals, fasteners, filters, plastic components, raw material, seals* e *stampings*. A gestão dessas *commodities* é realizada localmente na BorgWarner, a cargo do comprador responsável, e a nível global pelo global *commodity* manager (GCM). Este último assume a responsabilidade de negociar com fornecedores que abastecem *commodities* a partir de diversas fábricas e/ou que apresentam valores de compra substanciais.

Para a fabricação dos componentes diretos são utilizadas diversas ferramentas especializadas. Na presente dissertação, serão exclusivamente analisadas as ferramentas presentes nas instalações dos fornecedores, as quais são propriedade da BorgWarner ou dos clientes da BorgWarner. Assim, incluem-se ferramentas como *Die Cast tooling*, para fundição sob pressão; *Foundry cast tooling*, para fundição em fundição; *Stamping tooling*, para estampagem; *Machine tooling*, para maquinagem; *Powder Metallurgy tooling*, para metalurgia do pó. Adicionalmente, são empregues práticas de *Guaging*, calibração (ou medição) e *Plastic injection tooling*, - para injeção de plástico. Outras ferramentas utilizadas compreendem *Compression tooling*, para compressão; *Investment cast tooling*, para fundição de investimento, e outras ferramentas específicas.

As peças adquiridas aos fornecedores são frequentemente produzidas por apenas uma ferramenta, porém há algumas peças que são produzidas através de uma variedade de ferramentas, sendo submetidas a diversos processos de fabricação. Este pode ser exemplificado pelo caso do *Spigot* em análise (Figura 8), cujo formato com curvaturas requer uma série de operações específicas. Para alcançar esse perfil complexo, o *Spigot* passa por um processo que envolve múltiplas etapas e ferramentas especializadas, como ilustrado na Figura 9.



Figura 8 - *Spigot*

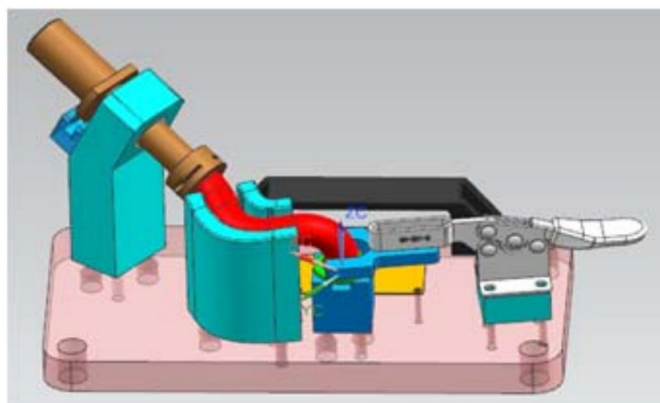


Figura 9 - Centro de ferramentas - *Spigot*

3.3.1 Inspeção dos Componentes à Chegada - *Incoming*

A seleção criteriosa dos materiais diretos é crucial para garantir a conformidade com as especificações técnicas, bem como para aumentar a eficiência e a competitividade da produção. Além disso, a gestão eficaz do material direto envolve a monitorização dos fornecedores, a gestão de inventário e a coordenação com as diferentes áreas da empresa para garantir uma cadeia de abastecimento eficiente. A inspeção dos componentes à chegada, também conhecida como *incoming*, é uma etapa crítica no processo de gestão de materiais diretos. Consiste na avaliação sistemática e rigorosa dos componentes recebidos dos fornecedores, com o objetivo de garantir a conformidade com os requisitos técnicos, as normas de qualidade e as especificações estabelecidas previamente pela empresa. Durante esta fase são realizadas verificações físicas, dimensionais e funcionais dos componentes, utilizando-se métodos e ferramentas adequadas, nomeadamente: paquímetro, micrómetro, calibres, peças de contraste, anéis de diâmetro, comparador, pedra de calibração, equipamento de rugosidade, lupa e projetor de perfil. Todos os equipamentos existentes na área de entrada são geridos por uma base de dados no laboratório da BorgWarner. Internamente, seguem o mesmo processo de calibração que os equipamentos do Laboratório de Qualidade. No caso de alguns equipamentos necessitarem de validação externa, também serão geridos pelo laboratório. É essencial que os procedimentos de inspeção sejam consistentes e bem

definidos, para assegurar a detecção precoce de quaisquer não conformidades ou defeitos que possam comprometer a integridade do produto final. Além disso, é fundamental manter registos detalhados de todas as inspeções realizadas, incluindo resultados, ações corretivas adotadas e comunicação com os fornecedores.

Quando não está em vigor um processo de Planeamento Avançado da Qualidade (AQP – “*Advanced Quality Planning*”) ou quando o fornecedor em questão tem histórico de problemas de qualidade, é conduzida uma inspeção de qualidade de 5 peças por entrega. Para concluir este processo, é necessário que pelo menos as primeiras 10 entregas do componente sejam aprovadas, após a validação do PPAP. Não é requerida uma inspeção na receção quando está em vigor um AQP ou quando o componente aprovado já foi recebido mais de 10 vezes sem incidentes de qualidade. Este procedimento é descrito no fluxograma da Figura 10.

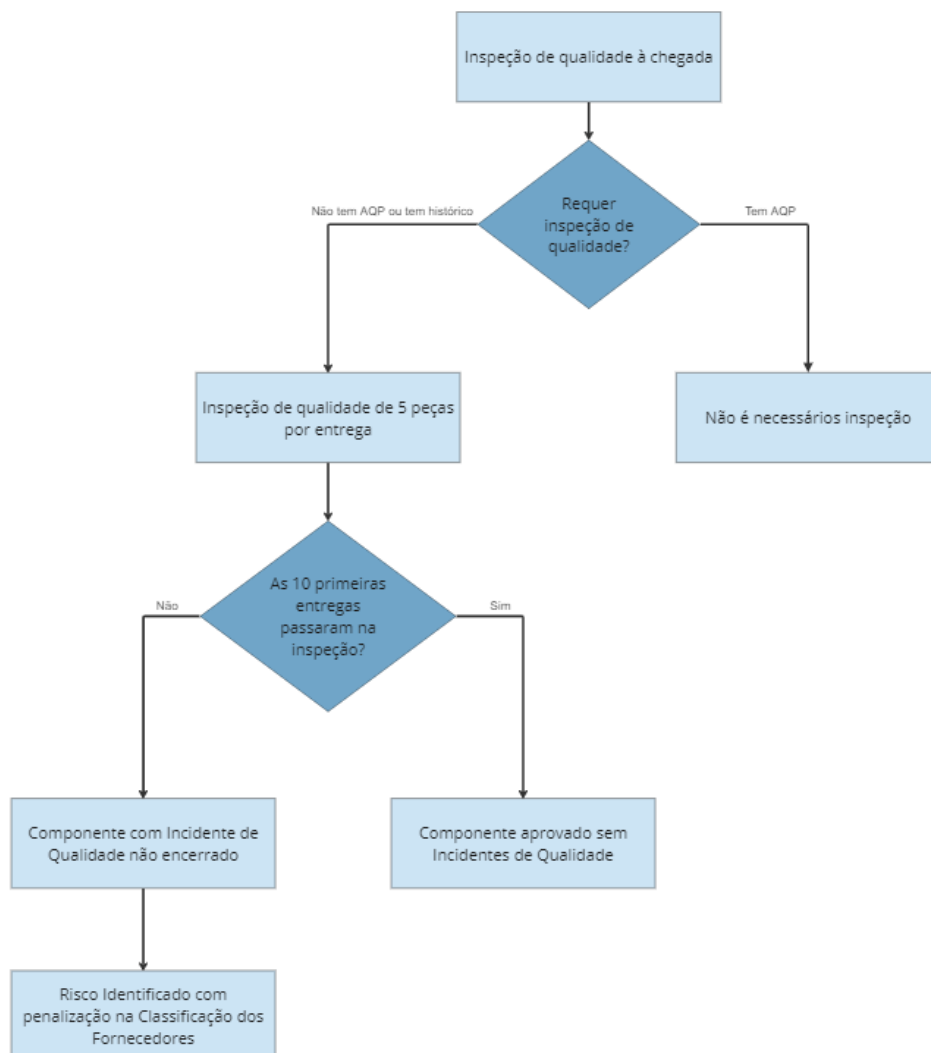


Figura 10 - Fluxograma: *Incoming*

Os inspetores de controlo de qualidade das peças recebidas na BorgWarner asseguram que todos os controlos nas peças são realizados conforme o plano de amostragem, procedimentos internos e quaisquer requisitos específicos. A BorgWarner investe em colaboradores técnicos com formação adequada para esta função, além de outras formações que consideram essenciais para garantir um desempenho eficaz nesta área e promover a melhoria contínua.

Dentro dos problemas detetados no *incoming*, destacam-se defeitos visuais, dimensões fora dos padrões especificados, inadequações na embalagem, irregularidades no acabamento superficial, entre outros. Estas não conformidades podem resultar de várias causas, tais como falhas nos processos produtivos do fornecedor, deficiências nos procedimentos de controlo de qualidade do fornecedor, inadequações no transporte e manuseio, entre outras circunstâncias.

Quando um problema de qualidade surge e a responsabilidade recai sobre o fornecedor, procede-se à abertura de uma reclamação. Neste contexto, o fornecedor é solicitado a preencher um documento com a denominação "Relatório 8D", que inclui um campo dedicado à análise das causas raiz do problema. O processo relativo à identificação das causas raiz ocorre na fase D4: "*Root Causes Analysis*", onde é utilizada a metodologia dos "5 Porquês" (5WHY), como ferramenta de auxílio ao levantamento das causas, como representado na Figura 11.

D4 - Root Causes Analysis	
5 WHY Analysis to identify root cause Consider: Man, Material, Machine, Method, Who, Where When Why, How, Process settings, Rework, Maintenance etc. Attach extra detail sheets where necessary	
1. - Occurrence - Why was the non conformity made?	
2. - No-Detection - Why was the non conformity not detected?	
3. - Verification	
4. - Did the FMEA identify the failure mode?	
Página 1	
OCCURRENCE - List the "TRUE" root cause(s) from 5Why (and/or from Ishikawa Diagram, FTA...)	%Contribution
NO-DETECTION - List the "TRUE" root cause(s) from 5Why (and/or from Ishikawa Diagram, FTA...)	%Contribution

Figura 11 - Relatório 8D: *Root Causes Analyses*

A análise 5WHY é uma ferramenta utilizada para identificar a causa raiz de um problema, permitindo uma melhor compreensão das circunstâncias que levaram à não conformidade. Neste processo, são exploradas sucessivas perguntas "porquê" até que a causa raiz seja identificada de forma clara e precisa.

Ao considerar os fatores *Man, Material, Machine, Method, Who, Where, When, Why, How, Process*

settings, Rework, Maintenance, entre outros, são examinados todos os elementos relacionados ao processo e à execução das tarefas que possam ter contribuído para a ocorrência da não conformidade. A análise é estruturada em quatro etapas:

1- Ocorrência: Porque é que a não conformidade ocorreu? Nesta fase são investigadas as circunstâncias que levaram à ocorrência do problema.

2- Não detecção: Porque é que a não conformidade não foi detetada? São identificadas as falhas nos sistemas de detecção ou nas práticas de controlo de qualidade que permitiram que o problema passasse despercebido.

3- Verificação: Esta etapa envolve a validação das conclusões obtidas nas etapas anteriores, assegurando que as causas identificadas são de facto as responsáveis pela não conformidade.

4- FMEA: Foi identificado o modo de falha através da FMEA? Verifica-se se o modo de falha identificado através da análise 5WHY está alinhado com as conclusões do FMEA.

Em cada uma destas etapas são listadas as causas raiz identificadas a partir da análise dos "5 Porquês" (ou de outras ferramentas como o Diagrama de *Ishikawa* ou a Análise de Árvore de Falhas), juntamente com a percentagem de contribuição de cada causa para a não conformidade. Após a devolução do "Relatório 8D" pelo fornecedor, a BorgWarner tem acesso às causas subjacentes ao problema identificado.

3.4 Fornecedores BorgWarner

A BorgWarner Viana mantém parcerias com aproximadamente 380 fornecedores de material direto e cerca de 800 fornecedores de material indireto.

Quanto à distribuição geográfica dos fornecedores, estes encontram-se situados em várias localizações e continentes distintos. Essa dispersão global apresenta um desafio significativo na gestão eficaz da cadeia de fornecedores.

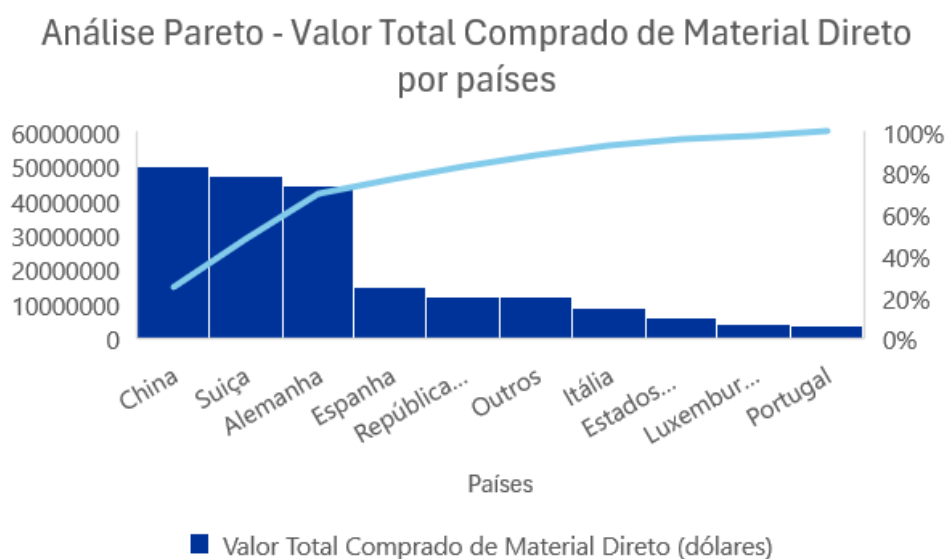


Figura 12 - Análise de Pareto

Na Figura 12, é apresentado o montante total anual adquirido aos fornecedores, discriminado pelos principais países onde estes estão localizados.

A análise do gráfico de Pareto revela que a empresa apresenta um volume expressivo de aquisições provenientes da China, alcançando um valor aproximado de 50 milhões de dólares, sendo que a maioria fornece produtos tecnologicamente avançados, destacando-se exemplos como PCBA's (*Printed Circuit Board Assembly*). De seguida, a Suíça representa o segundo país com maior valor em material direto adquirido. Este destaque deve-se, principalmente, a um único fornecedor especializado na oferta de componentes plásticos, conferindo-lhe uma relevância considerável no contexto das aquisições da empresa. No que diz respeito à Alemanha, observam-se numerosos fornecedores, os quais não estão estritamente associados a um tipo específico de componente, abrangendo, em vez disso, uma vasta diversidade de setores de negócios. Em território espanhol, concentra-se a maioria dos fornecedores de matéria-prima, uma vez que, geograficamente, se encontra próximo das instalações da empresa, abrigando também os fornecedores especializados em peças estampadas.

Para além dos países já citadas, a BorgWarner estabelece parcerias comerciais com diversos fornecedores provenientes de outras áreas geográficas, sendo possível destacar, através da análise do gráfico, países como República Checa, Itália, Estados Unidos, Luxemburgo, Portugal, entre outros, nos quais o montante total adquirido foi significativo.

3.4.1 Fornecedores Críticos

Mensalmente, os SDE'S realizam uma Avaliação de Desempenho de Fornecedores, na qual estabelecem os critérios adotados pela BorgWarner para classificar os Fornecedores de Material Direto. As avaliações são publicadas mensalmente, seguindo as seguintes categorias:

- Qualidade (30 pontos): o desempenho da qualidade é avaliado com base em várias métricas, incluindo reclamações sobre material comprado (CPM - *Complaint on Purchased Material*), responsividade às CPM 's e taxa de defeitos (PPM). Os fornecedores recebem pontos com base no número de CPM 's, sendo que se tiver zero CPM 's recebem a pontuação máxima. Os pontos são reduzidos por problemas de qualidade repetidos ou crônicos e os fornecedores podem ser penalizados por mudanças não autorizadas ou falta de certificação de qualidade.
- Entrega (30 pontos): o desempenho de entrega é avaliado com base na pontualidade da entrega e na utilização de transportes prioritários/ especiais. Os fornecedores recebem pontos com base na percentagem de entregas feitas dentro do prazo, com 100% de pontualidade obtendo a pontuação máxima. A utilização de fretes premium é penalizada, com a expectativa de que não haja fretes acelerados causados pelo fornecedor. O objetivo é garantir entregas pontuais e evitar custos adicionais associados a transportes prioritários.
- Gestão de Custos (30 pontos): o desempenho na redução de custos é avaliado com base na redução do preço unitário da Ordem de Compra/ *Purchase Order* (PO) de acordo com as metas acordadas com os compradores da BorgWarner. Os fornecedores recebem pontos com base na percentagem de redução alcançada em relação às metas acordadas, com 100% de alcance da meta rendendo a pontuação máxima para este parâmetro. Outros objetivos de desempenho incluem alinhamento comercial, suporte ao cliente, inovação tecnológica e eficiência energética, pelos quais os fornecedores podem receber até 10 pontos adicionais. A pontuação de desempenho do fornecedor é estabelecida pelo Gestor de *Commodity* ou Comprador da BorgWarner, com contribuições do Desenvolvimento de Fornecedores, Gestão de Programas, Qualidade e Engenharia.
- Sustentabilidade (10 pontos): o desempenho em sustentabilidade é avaliado com base na resposta ao Questionário de Autoavaliação de Sustentabilidade/ *Self-Assessment Questionnaire* (SAQ), onde os fornecedores podem receber até 10 pontos. Este questionário aborda tópicos como ética nos negócios, ambiente, direitos humanos e condições de trabalho, saúde, segurança e gestão responsável da cadeia de abastecimento. Os fornecedores são pontuados com base na percentagem alcançada no SAQ, com uma pontuação máxima de 8 pontos para uma

percentagem de 80%-100%. Além disso, são atribuídos 2 pontos se o fornecedor tiver metas verificadas de redução de emissões de gases de efeito estufa. O SAQ deve ser concluído no sistema de Garantia de Fornecedores e compartilhado com a BorgWarner para receber crédito.

- Desempenho de Lançamento (10 pontos): o desempenho de lançamento é avaliado com base na execução de projetos APQP (*Advanced Product Quality Planning*), onde os fornecedores podem receber até 10 pontos adicionais. Espera-se que o desempenho do APQP e o PPAP sejam 100% dentro da data necessária do programa. Os fornecedores são pontuados com base no desempenho das tarefas do APQP e no PPAP pontual. Se um fornecedor não estiver a lançar ou não tiver projetos APQP em execução, não receberá pontos adicionais. O desempenho do APQP é avaliado com base na quantidade de tarefas do APQP em atraso e na duração do atraso. O PPAP pontual é avaliado com base no cumprimento da data necessária do programa. Se um fornecedor não atingir os critérios de desempenho, não receberá pontos adicionais de lançamento.

O somatório das pontuações atribuídas aos 5 critérios, perfaz uma pontuação final, que determina os seguintes Níveis:

- Nível A (Pontuação > 90): o fornecedor é preferencial para novos negócios dentro da categoria;
- Nível B (Pontuação 89-75): o fornecedor está aprovado para oportunidades de novos negócios;
- Nível C (Pontuação 74-60): as oportunidades de aquisição são limitadas com base nos motivos do estado. A eficácia e a adequação do sistema do Fornecedor devem ser analisadas para identificação da(s) causa(s) raiz e implementação de ações corretivas. Planos de melhoria podem ser necessários para revisão com a BorgWarner.
- Nível D (Menos de 60): o fornecedor não é elegível para premiação de novos negócios sem revisão da alta administração na BorgWarner. Planos de ação corretiva devem ser revisados com a Gestão da BorgWarner de forma proativa para manter o relacionamento comercial.

Na Figura 13, apresenta-se a Avaliação de Desempenho dos Fornecedores realizada no mês de maio, na qual são atribuídas as pontuações aos fornecedores de acordo com os critérios estabelecidos e classificados pelos níveis correspondentes.

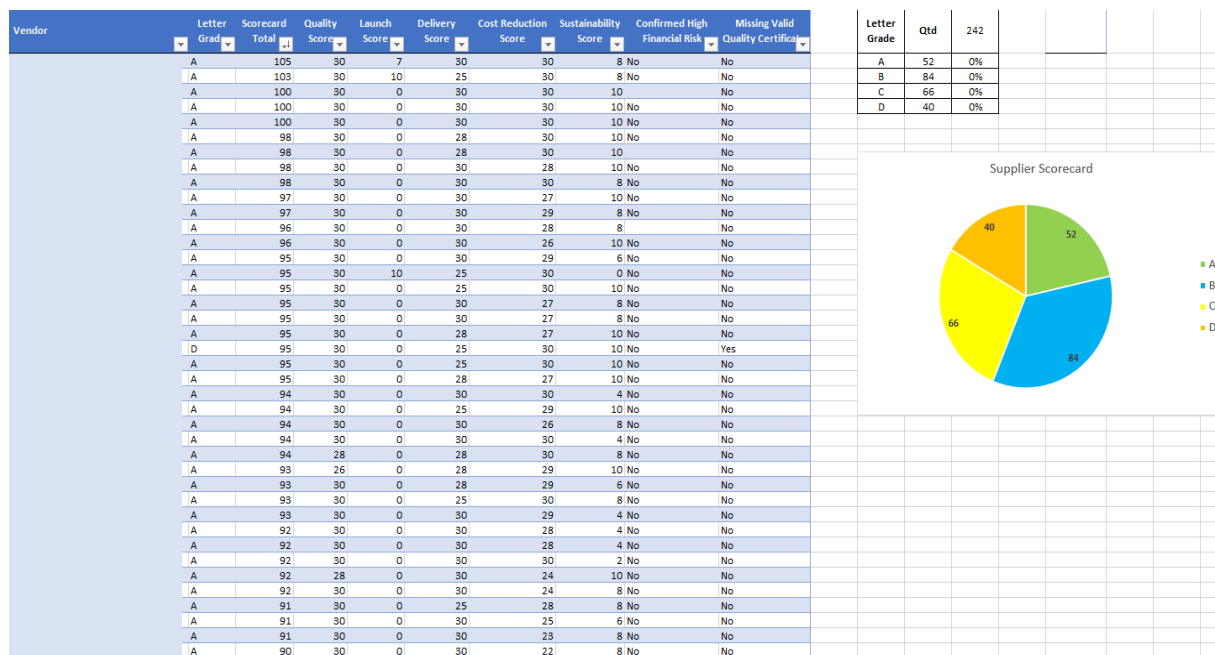


Figura 13 - Avaliação do Desempenho dos Fornecedores – *Supplier Scorecard Evaluation*

Os fornecedores mais críticos e que serão alvo de uma análise mais cuidada são aqueles que se encontram nas categorias C e D, que perfazem um total de 106 fornecedores. Esses fornecedores têm uma pontuação que indica limitações significativas no desempenho, o que pode impactar diretamente nas operações e nos resultados da BorgWarner. Consequentemente, representam os maiores potenciais para enfrentar problemas de qualidade, devido ao controlo inadequado dos processos e ferramentas.

Dado que esta avaliação é atualizada mensalmente, é necessário consultar a lista de fornecedores críticos todos os meses para garantir que o sistema de alerta para o tempo de vida útil das ferramentas está sempre alinhado com as mudanças na classificação dos fornecedores.

4. DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS

Nesta secção, apresentam-se detalhadamente os vários problemas identificados na empresa, acompanhados de uma descrição individual para cada um deles. O processo de identificação dos problemas ocorreu durante a fase inicial do projeto, quando se procedeu à estruturação em colaboração com a orientadora da BorgWarner. Nessa etapa, foram definidos todos os passos necessários para a elaboração e implementação do Sistema de Alerta.

Primeiramente, foi elaborada uma análise abrangente dos processos existentes, identificando-se ineficiências e áreas críticas que necessitavam de melhorias. Esta análise incluiu reuniões com os principais *stakeholders* e uma revisão detalhada dos procedimentos internos da empresa. A partir destas reuniões, foram recolhidos dados qualitativos e quantitativos que permitiram uma compreensão aprofundada dos desafios enfrentados pelo Departamento de Compras. Desta forma, foi possível identificar os seguintes problemas:

1. Carência de dados quantitativos relativos às causas raiz dos problemas de qualidade;
2. SAP desatualizado e com falta de informações relativas às ferramentas;
3. Documentação desorganizada;
4. Falta de controlo da vida útil das ferramentas nos fornecedores.

4.1 Falta de Dados Quantitativos

Como já foi mencionado no capítulo anterior, após a devolução do "Relatório 8D" pelo fornecedor, a BorgWarner tem acesso às causas subjacentes ao problema identificado. Porém, um desafio persistente reside na ausência de um registo sistemático das não conformidades. De facto, existe um documento para o seguimento das reclamações (Anexo I), contudo este documento carece do registo de todos os dados necessários, nomeadamente das causas raiz dos problemas identificados, para a realização de análises necessárias. Esta lacuna impede a obtenção de dados quantitativos abrangentes relativos aos problemas identificados e às suas causas subjacentes. A falta de uma análise estruturada dessas ocorrências dificulta a identificação de tendências, a avaliação da eficácia das ações corretivas implementadas e a identificação de áreas-chave para melhorias contínuas.

Foi conduzido um levantamento dos problemas de qualidade relacionados ao fim de vida útil das ferramentas. Esse levantamento foi realizado por meio de solicitações individuais aos colaboradores responsáveis, resultando na identificação de diversos exemplos ocorridos ao longo dos últimos anos. De

seguida, serão apresentados três destes problemas.

Exemplo 1:

Durante o processo produtivo da BorgWarner, identificaram-se fugas de água no componente *Housing-Flap*, fornecido por um determinado fornecedor. Tal como se verifica na Figura 14 e na Figura 15, ocorreu fugas de água com uma taxa de aproximadamente 10 centímetros cúbicos por minuto, devido a porosidades encontradas nas peças. A raiz do problema foi atribuída ao fim de vida útil do molde utilizado no fornecedor para produzir o componente. Como o molde se encontrava desgastado, verificou-se um aumento nas porosidades encontradas.



Figura 14 - Fugas de água identificadas



Figura 15 - *Housing-Flap*. Identificação do defeito

Exemplo 2:

Durante a inspeção dos componentes à chegada, identificou-se um problema relacionado a *Housing* (Figura 16). Este inclui porosidade tanto interna quanto externa, que excede as especificações requeridas, resultando em taxas significativamente elevadas de rejeição dos produtos acabados. Após uma análise mais aprofundada com o fornecedor, foi determinado que a causa principal dessas não conformidades reside no estado avançado de desgaste do molde atual, que atingiu o fim de vida útil. Como medida corretiva, está prevista a emissão de PO, realizada pelo comprador responsável, para a aquisição de um novo molde, visando garantir a produção de componentes de alta qualidade e minimizar as taxas de rejeição no futuro.

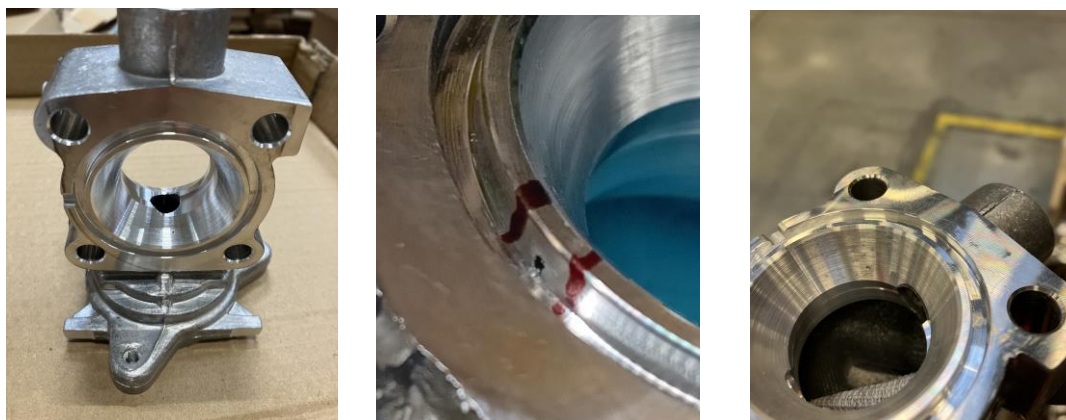


Figura 16 - *Housing* não conforme: Identificação da porosidade

Exemplo 3:

Identificou-se um problema relacionado com a presença de rebarbas no processo produtivo, sendo detetado na linha de produção da BorgWarner, especificamente numa *Bracket*. Após análise conjunta com o fornecedor, verificou-se que a causa raiz desta questão reside na expiração do tempo de vida útil das ferramentas utilizadas no processo produtivo em fornecedor. Na Figura 17 encontra-se uma *Bracket* dentro das especificações, sendo que na Figura 18 é possível observar uma *Bracket* não conforme, com os defeitos devidamente identificados.



Figura 17 - *Bracket* Conforme



Figura 18 - identificação das não conformidade na *bracket*

4.2 SAP Desatualizado e com Falta de Informação

Como já referido, o *software* SAP representa uma valiosa ferramenta para a empresa, servindo como uma fonte abrangente de dados que apoia a gestão e a tomada de decisões. No entanto, a sua eficácia é limitada pela ausência de vários dados cruciais necessários para o controlo eficaz das ferramentas. Esta lacuna de informação impede a utilização plena das capacidades do SAP, comprometendo a visibilidade e a monitorização das condições e do ciclo de vida das ferramentas.

4.2.1 Processo Atual em SAP para Criação de Ferramentas de Fabricação de Componentes

Os fornecedores da BorgWarner podem dispor de ferramentas específicas para a produção dos componentes destinados à empresa. Estas ferramentas podem ser propriedade da empresa, dos clientes da Borgwarner ou dos próprios fornecedores. No entanto, devido à sua importância crítica para a qualidade do produto, a empresa pretende monitorizar todas as ferramentas da propriedade da BorgWarner e dos clientes. Para tal, é essencial registar essa informação no SAP.

A criação das ferramentas de fabricação de componentes em SAP pressupõe o preenchimento de diversas áreas que definirão o destino e o comportamento do material.

Processo Atual: Criar Ferramentas de Fabricação de Componentes				
General General data Class Object type AuthorizGroup Weight Inventory no. Size/dimension Start-up date Reference data Vendor AcquistnValue Acquisition date Manufacturer data Manufactor ManufCountry Model number Constr.year/month Manuf.Part Number Manuf. Serial Number	Location Location data MainPlant Location Room Plant section Work center ABC indic. Sort field Account assignment Company code Business area Asset Cost center WBS Element StangOrder SettlementOrder Responsibilities Planning plant Planner group Main WorkCtr Catalog profile	Strucutre Structuring Functional loc. Description Superod. Equip. Position TechIdentNo. ConstType	Warranty Manufacturer warranty Warranty start Warranty end Master warranty InheritWarranty Pass on warranty	PRT data Basic data Load records Task list usage Grouping key 1 Grouping 2 Default values for task list Control key Standard text key Usage value formula Start reference Start offset End reference End offset Default values for maintenanc MaintenancePlan MassPoint Documents Linked documents

Figura 19 - Processo atual de criação de ferramentas de fabricação de componentes

Na Figura 19 está presente uma esquematização dos dados requisitados em SAP no momento da criação da ferramenta em sistema, sendo que este processo está presente no Anexo II de forma mais pormenorizada.

Numa primeira fase, o utilizador irá definir a categoria do equipamento. Esta categorização refere-se à propriedade da ferramenta, ou seja, se é da propriedade da empresa ou de cliente. De seguida, preenche-se a denominação do equipamento e as informações gerais. No processo atual, apenas os seis campos destacados a vermelho são de caráter obrigatório: Fornecedor, Valor de aquisição, Data aquisição, N° Peça Fabricada. Relativamente à secção "*location*", apenas é necessário preencher o Centro de Manutenção, que neste caso corresponde à ETTS Viana do Castelo e o respetivo Centro de Trabalho Responsável. Concluído o preenchimento de dados, o sistema atribui uma nomenclatura (*asset*) à ferramenta criada.

Ao instituir este procedimento não se promoveu um diálogo prévio com o departamento de compras para identificar os dados de maior relevância a serem incorporados. Tal omissão resultou na ausência de informações essenciais que poderiam melhorar a eficiência e a eficácia do processo em questão. Como consequência direta, constata-se uma lacuna significativa na obtenção dos dados necessários para a execução adequada das tarefas, os quais idealmente deveriam ser requisitados e registados de forma apropriada no sistema SAP.

A falta de alinhamento com o departamento de compras comprometeu a integridade e a utilidade do procedimento, uma vez que a ausência de determinados dados pode afetar negativamente a tomada de decisões e a análise de desempenho. Assim, surge a necessidade de estabelecer um processo de comunicação eficaz entre os diversos departamentos envolvidos, visando a identificação dos dados pertinentes e a sua integração adequada no sistema SAP, garantindo assim a fluidez e a eficácia das operações.

4.3 Desorganização da Documentação

Durante o desenvolvimento do projeto, constatou-se a dificuldade em aceder a dados e documentação. Esta situação deve-se à utilização das plataformas *SharePoint* e rede interna da empresa, onde se observou que a documentação está dispersa e desorganizada, sem uma estrutura coerente que facilite o acesso aos dados.

A falta de uma organização sistemática e de uma categorização clara dos documentos dificulta a localização de informações essenciais, resultando em perda de tempo e eficiência. A inexistência de um

padrão para o arquivamento e a denominação dos arquivos agrava ainda mais este problema, tornando o processo de procura por dados uma tarefa complexa.

4.4 Falta de Controle do Tempo de Vida Útil das Ferramentas

Consoante as diretrizes delineadas no Manual de Fornecedores da BorgWarner, cabe ao fornecedor monitorizar tanto o período de vida útil quanto o desempenho das ferramentas, garantindo a identificação e correção de reparações, substituições ou manutenções. Este processo é essencial para evitar comprometimentos na qualidade da peça ou na capacidade de produção, exigindo revisões regulares em características específicas da ferramenta. O compromisso do fornecedor em disponibilizar esses dados à BorgWarner, mediante solicitação, é crucial para assegurar a transparência e a conformidade com as normas estabelecidas. Porém, estes dados só necessitam de ser partilhados caso a propriedade da ferramenta seja da BorgWarner ou dos clientes da empresa.

Adicionalmente, é estabelecido no Manual que o fornecedor realizará monitorizações regulares do período de vida útil da ferramenta e comunicará antecipadamente ao representante do fornecedor da BorgWarner a data de substituição da ferramenta, caso necessária.

Considerando a importância desse controle, os fornecedores que não cumpram com esta análise e de facto se verificarem problemas de qualidade da sua responsabilidade, serão sujeitos a penalizações na sua avaliação, conforme estipulado pelo Sistema de Avaliação de Desempenho de Fornecedores da BorgWarner. Este sistema apresenta critérios que são utilizados para avaliar os fornecedores, com avaliações mensais nas categorias de Qualidade, Entrega, Gestão de Custos, Desempenho em Sustentabilidade e Desempenho de Lançamento. A pontuação combinada será gerada pela Unidade de Negócios da BorgWarner, refletindo o desempenho cumulativo em todas as plantas dessa Unidade de Negócios. A avaliação adequada dos fornecedores permite determinar se os fornecedores são os mais indicados para fornecer determinado bem ou serviço, considerando fatores específicos adaptados ao contexto do fornecimento. Essa prática é essencial para aprimorar a qualidade, a eficiência e a sustentabilidade das operações de fornecimento.

Neste contexto, surge a necessidade do presente estudo, cujo objetivo é implementar um controle mais eficaz da vida útil das ferramentas, uma vez que vários fornecedores críticos não estão a realizar este controle de forma adequada, tal como se verificou com os problemas de qualidade relacionados com esta causa.

5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

O objetivo principal desta dissertação é a implementação de um sistema de alerta no SAP para o controle da vida útil das ferramentas em fornecedores. No entanto, para alcançar este propósito, serão apresentadas sugestões de melhorias cruciais para estabelecer um sistema de alerta eficaz. Estas sugestões incluem a necessidade de preencher a lacuna relativa à falta de resultados quantitativos sobre as causas dos problemas de qualidade, atualizar o SAP com informações das ferramentas, melhorar a organização da informação existente, entre outras.

Devido à existência de várias propostas de melhoria, tornou-se necessário estabelecer prioridades. Para tal, elaborou-se uma matriz de esforço-impacto, conforme representado na Figura 20. Neste contexto, a matriz esforço-impacto desempenha um papel fundamental na análise das oportunidades de melhoria, ao classificar as ações de acordo com seu o esforço de implementação e o seu potencial impacto. Assim, torna-se possível identificar aquelas que oferecem o maior retorno sobre o investimento em termos de recursos e tempo.



Figura 20 - Matriz Esforço - Impacto: Propostas de Melhoria

Como se pode verificar na matriz de esforço-impacto, foram identificadas seis possíveis propostas de melhoria.

No quadrante inferior esquerdo, correspondente a baixo impacto e baixo esforço, destacam-se as propostas "Formação aos utilizadores sobre como inserir dados das ferramentas no SAP" e "Formação aos utilizadores do Sistema de Alerta". A execução destas propostas requer um número reduzido de

recursos e apresenta um esforço mínimo em comparação com as demais. Apesar de serem essenciais para a transferência de conhecimento aos utilizadores, o impacto destas propostas é relativamente pequeno.

No quadrante inferior direito, encontra-se a proposta "Melhoria da organização da documentação existente". Esta proposta é classificada como de baixo impacto e elevado esforço. A sua implementação exige a criação de um novo procedimento para o arquivamento adequado da documentação no *SharePoint* e na rede da empresa, além da realocação de toda a documentação já existente, o que envolve um esforço considerável.

No quadrante superior esquerdo, estão as propostas de elevado impacto e baixo esforço: "Disponibilizar dados quantitativos sobre as causas raiz dos problemas de qualidade" e "Atualizar o SAP com informações pertinentes das ferramentas". A segunda proposta apresenta um impacto mais significativo, pois permite completar o SAP com dados cruciais, aumentando a visibilidade e a transparência, o que pode resultar em melhores resultados. Ambas as propostas exigem um esforço reduzido, não envolvendo grandes investimentos financeiros ou mudanças substanciais para a sua execução.

Por fim, no quadrante superior direito, encontra-se a proposta de elevado esforço e elevado impacto: "Implementação de Sistema de Alerta para Controlo da Vida Útil das Ferramentas". Apesar do esforço significativo necessário para a sua implementação, espera-se que traga grandes vantagens na monitorização das ferramentas, sendo esta a proposta de maior impacto.

Após a conclusão da matriz, considerou-se que apenas a melhoria no quadrante inferior direito não seria implementada porque requer um esforço significativo necessário para a sua implementação e o impacto previsto é relativamente baixo. No entanto, pretende-se levar a avante todas as restantes ideias de melhoria. Embora algumas possam não ser implementadas no curto espaço de tempo do projeto, será elaborado o esboço principal de cada uma, garantindo que todas as propostas sejam devidamente avaliadas e preparadas para futura implementação.

5.1 Sistema de Alerta para Controlo de Vida Útil das Ferramentas

Para desenvolver um modelo de alerta eficiente que monitorize o tempo de vida útil e assegure a substituição atempada das ferramentas, é imperativo proceder à recolha de dados cruciais, indispensáveis para o cálculo do alerta de término de vida útil.

Numa fase prévia à conceção do cálculo e levantamento dos indicadores necessários, é fundamental considerar o seguinte facto: dado que uma peça pode ser fabricada por uma ou mais ferramentas, é necessário, na primeira fase, associar cada peça às ferramentas correspondentes. Esta transição de peças para ferramentas é essencial para a monitorização eficaz das ferramentas, garantindo que cada ferramenta seja supervisionada adequadamente durante toda a sua vida útil. Deste modo, o alerta é dado em função dos seguintes indicadores/parâmetros que devem ser registados e atualizados no sistema de informação (Tabela 1).

Tabela 1 – Indicadores necessários para o sistema de alerta

Indicador	Descrição	Unidade
S	Número de fornecedores com ferramentas críticas a analisar	Fornecedores
Ts_i $i=1..S$	Número total de ferramentas a controlar no fornecedor (S)	Ferramentas
$T = \sum_{i=1}^S Ts_i$	Número total de ferramentas de fornecedores sujeitos a controlo relativo a vida útil de ferramentas	Ferramentas
<i>Tool creation date,</i> $j=1..T$	Data da criação da ferramenta	Data
<i>Status of the tooling,</i> $J=1..T$	Condição atual da ferramenta em termos da sua atividade. Indica se a ferramenta está atualmente em uso operacional ou não	0 – inativo, 1 - ativo
<i>Incoming goods per tool,</i> $j=1..T$	Mercadorias recebidas a partir da data da criação da ferramenta, que usaram a ferramenta j	Peças
<i>Minimum tooling lifetime,</i> $J=1..T$	Vida útil mínima das ferramentas em peças garantida pelo fornecedor. As ferramentas devem ser capazes de produzir, no mínimo, a vida útil estabelecida. Este valor já inclui uma margem de segurança para precaver as peças que são sucata	Peças
<i>Tool replacing time,</i> $j=1..T$	Período de tempo necessário para substituir integralmente uma ferramenta. Este indicador engloba todas as etapas do processo de substituição, desde o momento em que é identificada a necessidade de troca da ferramenta até a conclusão efetiva da substituição	Semanas
<i>Demand quantity per tool,</i> $J=1..T$	Previsão das mercadorias, com base nos pedidos dos clientes	Peças/ semana
<i>Initial Value,</i> $J=1..T$	Quantidade em peças que já foi produzida com a ferramenta no momento da entrada no conjunto de dados	Peças

Considerando todos estes indicadores e condições, foi possível determinar uma equação que calcula o tempo restante, em semanas, até à necessidade de substituição da ferramenta. Esta equação representa o RUL, contemplando o tempo de substituição da ferramenta. Para simplificação, designa-se o resultado desta equação pela sigla TRSF (Tempo Restante para Substituição da Ferramenta):

$$TRSF = \frac{\text{Minimum Tooling Lifetime} - (\text{Incoming Goods per tool} + \text{Initial Value})}{\text{Demand Quantity per tool}} - \text{Tool Replacing Time} \text{ (semanas)}$$

Esta equação permite prever a semana em que se deve acionar o alerta para substituição (compra) da ferramenta antes da mesma atingir o fim da sua vida útil.

Esse alerta é vital para garantir a continuidade das operações sem interrupções significativas devido a falhas de ferramentas.

Para garantir que os colaboradores sejam alertados com tempo suficiente, foram estabelecidos critérios específicos integrados no sistema SAP. A Tabela 2 resume a interpretação do valor do tempo restante (TRSF):

Tabela 2 - Interpretação do resultado TRSF

Resultado da equação	Ação requerida	Alerta
TRSF ≤ 0	O tempo necessário para a substituição da ferramenta foi alcançado ou excedido. Iniciar o processo de substituição imediatamente para evitar impacto negativo na produção ou qualidade.	-Necessidade de emitir alerta; -Cor representante: vermelho.
TRSF ≥ 8	A ferramenta ainda não atingiu o ponto de substituição.	-Alerta não emitido; -Cor representante: verde
1 < TRSF < 8	A data de substituição está-se a aproximar: as medidas preparatórias devem ser tomadas.	-Alerta não emitido; -Cor representante: azul
TRSF = 1	A data de substituição está muito próxima. A substituição deve ser iniciada.	- Necessidade de emitir alerta; -Cor representante: amarelo

Quando o resultado da equação é igual ou inferior a 0, indica que o tempo necessário para garantir a substituição da ferramenta foi alcançado ou excedido. Neste ponto, é crucial iniciar o processo de substituição para evitar qualquer impacto negativo na produção ou na qualidade dos produtos. Pode-se recomendar um controlo adicional de *incoming quality* para as peças recebidas que utilizaram esta ferramenta e pode-se avaliar negativamente o fornecedor no parâmetro respetivo. Por outro lado, se o resultado for superior a 0, significa que a ferramenta ainda não atingiu o ponto de substituição, mas quando o valor se aproxima de 0 indica que a necessidade de substituição ocorrerá em breve. Para garantir que os colaboradores sejam alertados com tempo suficiente, foram estabelecidos critérios específicos. Resultados entre 1 e 8 semanas antes do tempo de substituição previsto serão destacados em azul. Isso serve como um aviso de que o tempo para a substituição se está a aproximar e que

medidas devem ser tomadas para preparar a substituição da ferramenta. Quando o resultado indicar apenas 1 semana restante até ao tempo previsto para a substituição, um alerta será emitido imediatamente. Esse alerta é uma indicação clara de que o processo de substituição deve ser iniciado imediatamente para minimizar o número de peças que serão produzidas após o fim de vida útil da ferramenta. Com o recebimento do alerta, os colaboradores responsáveis deverão entrar em contacto com o fornecedor onde a ferramenta se encontra, para procederem à substituição da ferramenta.

Para implementar um modelo de alerta eficiente que supervisione o tempo de vida útil das ferramentas e garanta sua substituição oportuna, é necessário integrar os indicadores e parâmetros mencionados no sistema SAP. Esses dados, descritos na Tabela 1, são fundamentais para calcular o alerta de término de vida útil das ferramentas. O SAP oferece recursos robustos para recolher, armazenar e processar essas informações de forma eficiente. Os indicadores, como número de fornecedores com ferramentas críticas, número total de ferramentas a serem controladas, data de criação da ferramenta, entre outros, serão registados e atualizados no SAP para alimentar o cálculo do tempo restante até a necessidade de substituição da ferramenta, conforme expresso na equação do TRSF.

Além disso, os critérios estabelecidos para alertar os colaboradores sobre a proximidade da substituição serão integrados no sistema SAP. Isso permitirá que o SAP avalie continuamente os dados e emita alertas automáticos conforme os resultados da equação do TRSF, detalhados na Tabela 2.

De facto, a integração da presente proposta de melhoria no SAP foi a única a não ser implementada na sua totalidade. No entanto, foram preparados todos os documentos necessários e recolhidos todos os dados indispensáveis para a sua execução. Adicionalmente, foi desenvolvido um plano de ações para colmatar eventuais erros e assegurar que o seu funcionamento será eficiente após a implementação.

5.1.1 Levantamento de Dados Necessários

Após a definição de todos os indicadores a serem recolhidos, procedeu-se à identificação das fontes de dados pertinentes. Relativamente aos indicadores *Tool Creation Date*, *Incoming Goods per tool*, *Demand Quantity per tool*, constatou-se que esses dados podem ser obtidos no sistema SAP, onde são regularmente atualizados em tempo real. Quanto ao *Minimum tooling lifetime* e ao *Tool replacing time*, foi decidido estabelecer contacto direto com os fornecedores para obter as informações precisas e atualizadas sobre esses parâmetros.

Posto isto, foi iniciado um processo de contacto com os fornecedores para solicitação desses dados. Num primeiro momento, foi realizado o levantamento de todas as ferramentas ativas na BorgWarner,

juntamente com a identificação dos fornecedores correspondentes. Introduzindo o *part number* das ferramentas no sistema SAP, foi possível obter os endereços de e-mail para o primeiro contacto. Adicionalmente, os endereços de e-mail ausentes no SAP foram obtidos através da colaboração com os membros do departamento de compras.

A fase subsequente envolveu o envio de e-mails solicitando aos fornecedores informações detalhadas sobre as suas ferramentas específicas. Inicialmente, o e-mail foi enviado a todos os fornecedores; contudo, nas tentativas subsequentes, o processo foi restrito aos fornecedores críticos. Este procedimento foi mantido ao longo de todo o projeto.

Com o objetivo de monitorizar e analisar o desempenho dos dados recolhidos, desenvolveu-se uma *dashboard*, presente na Figura 21, utilizando a plataforma *Power BI*. Neste subcapítulo, destaca-se as principais funcionalidades do *dashboard* e a sua relevância na tomada de decisões.

Uma das principais vantagens deste sistema reside na sua implementação sem a necessidade de investimento financeiro, dado que o *Power BI* é um programa gratuito disponibilizado pela *Microsoft*.



Figura 21 - *Dashboard*: Controlo do contacto com os fornecedores

O principal objetivo desta ferramenta é fornecer dados visuais de fácil interpretação, essenciais para o controlo do primeiro contacto com os fornecedores.

Entre os indicadores destacados na *dashboard*, encontra-se o número total de ferramentas ativas, a data de início do processo e o número total de emails enviados. Outro elemento visual apresentado é um gráfico de barras que delinea o estado dos emails, segmentando-os nas fases de enviado, recebido, não enviado e email errado. Este recurso fornece uma análise abrangente do fluxo de comunicação, permitindo uma identificação rápida de possíveis pontos de melhoria no processo. No âmbito dos emails não enviados, a *dashboard* apresenta uma tabela detalhada com as principais causas para o não envio. Por outro lado, para os emails recebidos, foi implementado um gráfico circular que destaca os dias que os fornecedores demoraram a responder. Esta representação visual simplifica a análise temporal, permitindo uma compreensão rápida dos padrões de resposta dos fornecedores. Numa análise mais abrangente desses padrões, é possível observar que os fornecedores que apresentaram respostas mais rápidas eram aqueles que detinham a propriedade das ferramentas, não estando vinculados à obrigação de partilhar os dados com a BorgWarner. Por outro lado, os fornecedores que necessitaram de mais tempo para responder, em sua grande maioria, apresentavam uma lista extensa de ferramentas necessárias para fornecer os valores requeridos. Naturalmente, diversos fatores podem influenciar o tempo de resposta, e entre eles, destaca-se a maturidade dos sistemas de informação do fornecedor. A capacidade tecnológica e a eficiência operacional desempenham papéis cruciais nesse contexto. Além disso, a prioridade atribuída pelos fornecedores ao processo de resposta a emails dos clientes também se pode constituir como um elemento relevante. Pode ainda haver casos em que as limitações de recursos, questões logísticas ou mesmo diferenças nos processos internos das empresas dos fornecedores influenciem diretamente no tempo de resposta. Além disso, foi desenvolvido um gráfico para monitorizar o recebimento do documento GSM-F026 ("*BorgWarner or BorgWarner Customer Owned Tooling Sheet*"). Este documento foi solicitado ao fornecedor devido à sua relevância, pois contém campos com informações essenciais sobre as ferramentas. O acesso a este documento pode ser feito através do Anexo III, para consulta adicional.

Durante o período de implementação do projeto, uma grande percentagem de fornecedores não disponibilizou a informação solicitada, mesmo após várias tentativas de contacto. Para contornar esta situação, foi necessário recorrer à identificação e recuperação dos documentos GSM-F026 existentes na rede e no *SharePoint* da empresa. Inicialmente, esta abordagem não foi estabelecida como a principal forma de obtenção dos valores, devido à falta de organização dessas plataformas, como já mencionado. Destaca-se ainda que, apesar deste documento ser solicitado aquando da criação da ferramenta, uma grande parte dos colaboradores não procedeu à disponibilização do mesmo nas plataformas partilhadas da empresa. Esta falta de cumprimento das diretrizes estabelecidas impactou negativamente a

disponibilidade e acessibilidade dos documentos essenciais, comprometendo assim a eficácia do processo de monitorização e gestão dos dados relacionados às ferramentas.

Durante o processo de recolha dos dados mencionados, foi criada uma base de dados em *Excel* para armazenar os valores e monitorar o contacto com os fornecedores. Essa base de dados serviu como uma ferramenta centralizada para registar e organizar todas as informações necessárias, garantindo uma gestão eficiente e sistemática do processo de recolha de dados. Além disso, permitiu manter um registo detalhado das interações com os fornecedores, facilitando a gestão e o acompanhamento das comunicações ao longo do tempo.

5.1.2 Lacunas nos Dados

Em relação ao indicador do Tool replacing time, observou-se uma lacuna generalizada na sua disponibilização por parte da maioria dos fornecedores. Nesse sentido, quando esta informação não estiver disponível, serão utilizados os valores previamente determinados pela empresa. Estes valores encontram-se divididos pelo tipo de commodity e contabilizam o tempo desde o pedido de compra até à ferramenta estar operacional, tal como se verifica no esquema da Figura 22.

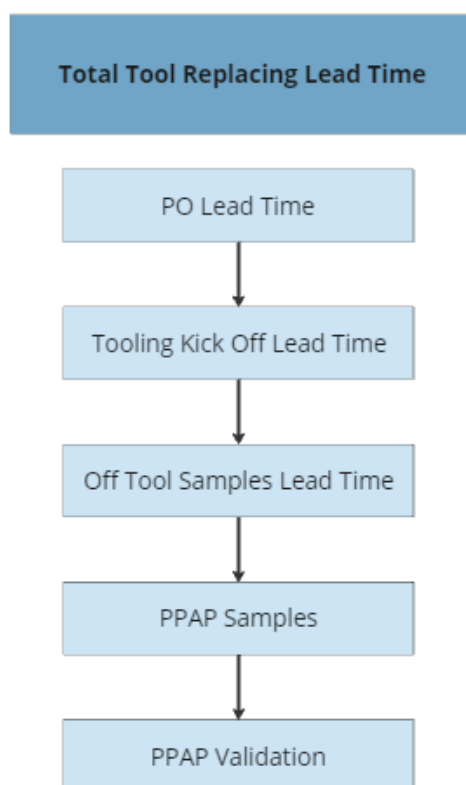


Figura 22 - Esquematização: *Tool replacing time*

O processo de substituição de uma ferramenta junto ao fornecedor engloba várias etapas, cada uma delas exigindo um determinado tempo para ser concluída:

- PO Lead Time (Tempo de Emissão da Ordem de Compra): nesta fase, é emitida uma PO para a substituição da ferramenta. A ordem de compra detalha as especificações e requisitos da nova ferramenta e é enviada ao fornecedor. O tempo necessário para essa etapa é o *PO Lead Time*;
- Tooling Kick Off Lead Time (Tempo de Início da Fabricação da Ferramenta): após a emissão da ordem de compra, o fornecedor dá início à fabricação da nova ferramenta, processo conhecido como *Tooling Kick Off*. O tempo necessário para iniciar a fabricação da ferramenta é o *Tooling Kick Off Lead Time*;
- Off Tool Samples Lead Time (Tempo de Produção de Amostras Fora da Ferramenta): quando a ferramenta é fabricada, o fornecedor produz amostras iniciais das peças, denominadas *Off Tool Samples*. Essas amostras são criadas para verificar o correto funcionamento da nova ferramenta e sua conformidade com as especificações exigidas. O tempo necessário para produzir essas amostras é o *Off Tool Samples Lead Time*;
- PPAP Samples (Amostras para Aprovação do Processo de Produção): após a verificação das amostras fora da ferramenta, o fornecedor envia amostras para aprovação do processo de produção, conhecidas como PPAP Samples. Essas amostras são analisadas para garantir que a nova ferramenta está produzindo peças que atendem aos padrões de qualidade e especificações exigidas;
- PPAP Validation (Validação do Processo de Aprovação da Peça): por fim, as amostras enviadas para PPAP são validadas na etapa de *PPAP Validation*. Esse processo garante a conformidade das amostras com os requisitos e assegura que a nova ferramenta está pronta para entrar em produção plena. A ferramenta somente estará ativa e em uso após a bem-sucedida validação das amostras PPAP.

Foi compilada uma base de dados contendo informações sobre as várias *commodities*, incluindo os diversos tempos médios, em semanas, necessários para cada uma das fases que compõem o processo de substituição da ferramenta. Na Figura 23, apresentam-se os tempos médios para um determinado tipo de *commodity* (*Stampings*):

Commodity	PO Lead Time	Tooling Kick Off Lead Time	Off Tool Samples Lead Time	PPAP Samples	PPAP Validation	Tool replacing time
<i>Stampings</i>	1	1	9	2	2	15 weeks

Figura 23 - Tool replacing time- Stampings

Importa notar que estes valores médios foram calculados em 2014, encontrando-se, portanto, desatualizados e incapazes de responder às flutuações do mercado. Já foi iniciada a construção de uma nova tabela para atualização destes valores. Entretanto, serão utilizados os valores atualmente existentes.

Diversas fontes de erro podem influenciar a obtenção dos dados necessários, incluindo falhas humanas, falhas no sistema e dificuldades na comunicação com os fornecedores. Com o intuito de abordar e mitigar os potenciais fatores de incerteza associados aos valores recolhidos para o cálculo do tempo restante, em semanas, até à necessidade de substituição da ferramenta, optou-se pela aplicação da metodologia FMEA. A adoção do FMEA proporcionou uma análise estruturada, possibilitando a identificação, priorização e correção dos pontos críticos do processo, contribuindo assim substancialmente para a melhoria da precisão e da fiabilidade das estimativas de tempo restante. A sua importância reside na capacidade de oferecer à empresa uma abordagem sistemática para catalogar informações sobre as falhas dos processos, melhorar o conhecimento dos problemas, implementar ações de melhoria baseadas em dados e monitorizadas continuamente (promovendo a melhoria contínua) e reduzir custos por meio da prevenção de falhas. Nesta metodologia, os fatores de severidade, ocorrência e deteção desempenham papéis cruciais na avaliação e mitigação de potenciais falhas nos processos. A severidade (S) de cada modo de falha consiste numa avaliação quantitativa (valor geralmente entre 1 e 10) da gravidade dos efeitos dos modos de falha, tal como se verifica na Tabela 3.

Tabela 3 - Avaliação da Severidade, adaptado do *Automotive Industry Action Group (2019)*

Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	Falha praticamente impercetível, impacto mínimo no cálculo do tempo restante
2 3	Pequena	Impacto muito leve a leve no desempenho do cálculo do tempo restante, com pouca relevância
4 5 6	Moderada	Deterioração moderada a significativa no cálculo do tempo restante, causando descontentamento
7 8	Alta	Falha crítica no cálculo do tempo restante, gerando insatisfação extrema e perda financeira
9 10	Muito Alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança

A avaliação da probabilidade de ocorrência (O) de cada modo de falha varia entre valor 1 e 10, tal como se verifica na Tabela 4.

Tabela 4 - Avaliação da Ocorrência, adaptado do *Automotive Industry Action Group* (2019)

Índice	Ocorrência	Proporção
1	Remota	1:1.000.000
2	Pequena	1:20.000
3		1:4.000
4	Moderada	1:1000
5		1:400
6		1:80
7	Alta	1:40
8		1:20
9	Muito Alta	1:8
10		1:2

Já a avaliação da maior ou menor dificuldade de deteção (D) da ocorrência do modo de falha, tal como se observa na Tabela 5, também pode ser representada numa escala de 1 a 10. O número de prioridade de risco (NPR) associado a cada modo de falha é obtido pelo produto da Severidade, Ocorrência e Deteção.

Tabela 5 - Avaliação da Deteção, adaptado do *Automotive Industry Action Group* (2019)

Índice	Deteção	Proporção
1	Muito grande	Será certamente detetado
2	Grande	Grande possibilidade de ser detetado
3		
4	Moderada	Provavelmente será detetado
5		
6		
7	Pequena	Provavelmente não será detetado
8		
9	Muito Pequeno	Certamente não será detetado
10		

Com base nos fatores descritos, foi possível elaborar um FMEA abrangente, presente na Tabela 6. Esta análise identifica e avalia os modos de falha potenciais e os fatores de incerteza que podem afetar o cálculo do tempo restante, em semanas, até à necessidade de substituição das ferramentas.

Tabela 6 – FMEA: Cálculo do tempo restante até à substituição da ferramenta

Análise Modal de Falhas e Efeitos Potências: Cálculo do tempo restante até à substituição da ferramenta							
Função/ Requisitos	Modo Potencial da Falha	Efeito(s) Potencial(ais) da Falha	Causa(s) Potencial(ais) da Falha	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Deteção (D)	$NRP = S \times O \times D$
Credibilidade dos dados das ferramentas	Dados obsoletos: Informações desatualizadas na base de dados	Decisões incorretas, perda de eficiência operacional	Falha em atualizar regularmente a base de dados	7	4	6	168 (H)
	Falta de preenchimento de dados: Campos não preenchidos na base de dados	Análises incompletas, dificuldades na tomada de decisão	Falha em estabelecer políticas claras de preenchimento de dados	6	2	2	24 (M)
Valor de vida útil da ferramenta	Mínimo valor de vida útil da ferramenta mal calculado: valor muito elevado ou baixo	Despesas desnecessárias de substituição ou falha na produção por falta de substituição	Falta de monitorização adequado do desgaste das ferramentas	7	2	9	126 (H)
Valor total do tempo de substituição da ferramenta	Valor total do tempo de substituição da ferramenta propenso a flutuações	Atrasos na produção, possíveis perdas financeiras	Instabilidade atual do mercado, devido às guerras	7	3	8	168 (H)
Qualidade dos produtos provenientes de fornecedores	Receção de produtos provenientes de fornecedores com problemas de qualidade: mercadoria recebida varia	Falta de inventário, prejuízos financeiros	Mudanças repentinas no mercado, falhas na previsão	7	5	3	105 (M)
Previsão da procura	Incerteza e falhas na previsão da procura	Excesso ou falta de inventário, prejuízos financeiros	Mudanças repentinas no mercado, falhas na previsão	8	4	2	64 (M)

Com base nas diretrizes do Automotive Industry Action Group (2019), foi possível realizar uma classificação detalhada dos modos de falha, segmentando-os em diferentes níveis de prioridade de ação (Figura 24).

Design FMEA Action Priority (AP) (Extract)

S	O	D	AP	Justification for Action Priority - DFMEA
9-10	6-10	1-10	H	High priority due to safety and/or regulatory effects that have a high or very high occurrence rating
9-10	4-5	7-10	H	High priority due to safety and/or regulatory effects that have a moderate occurrence rating and high detection rating
5-8	4-5	5-6	H	High priority due to the loss or degradation of an essential or convenience vehicle function that has a moderate occurrence rating and moderate detection rating
5-8	4-5	1-4	M	Medium priority due to the loss or degradation of an essential or convenience vehicle function that has a moderate occurrence and low detection rating
2-4	4-5	5-6	M	Medium priority due to perceived quality (appearance, sound, haptics) with a moderate occurrence and moderate detection rating
2-4	4-5	1-4	L	Low priority due to perceived quality (appearance, sound, haptics) with a moderate occurrence and low detection rating
1	1-10	1-10	L	Low priority due to no discernible effect

Figura 24 - Prioridade Ação - FMEA

Este processo permitiu identificar de forma clara quais os modos de falha que apresentam maior urgência e necessidade de intervenção. Através da utilização do valor do Número de Risco Prioritário (NRP) e da classificação da prioridade de ação, determinou-se que os modos de falha com os riscos mais elevados, classificados com a letra H (*High Priority*) devem ser o foco principal para o planeamento de ações corretivas e preventivas.

Assim, foi elaborado um plano de ação para estes modos de falha, presente na Tabela 7.

Tabela 7 - Plano de Ação: Modos potências da falha com risco elevado

Plano de Ação		
Modo Potencial da Falha	Ações Recomendadas	Departamento Responsável
Dados obsoletos: Informações desatualizadas na base de dados	Verificar a data da última inserção ou atualização dos dados. Se for superior a 60 dias, averiguar a credibilidade dos dados e atualizar conforme necessário.	Compras
Mínimo valor de vida útil da ferramenta mal calculado: valor muito elevado ou baixo	Extraír os valores do SAP para uma folha de <i>Excel</i> e criar um histograma referente aos valores do tempo mínimo de vida útil. Identificar <i>outliers</i> e os valores mínimo e máximo e verificar. Analisar estes valores e averiguar a credibilidade dos dados.	Compras
Valor total do tempo de substituição da ferramenta propenso a flutuações	Atualizações trimestrais da Tabela que contém os valores do Tool replacing time por <i>Commodities</i> .	Compras

5.2 Adaptação do Procedimento de Criação de Ferramentas para Fabricação de Componentes

Para a implementação do novo sistema de alerta para o tempo de vida útil no SAP, é essencial que todos os dados relevantes estejam previamente inseridos no sistema. Considerando que os indicadores *Minimum tooling lifetime*, e *Tool replacing time*, não estavam inicialmente disponíveis, foi necessário proceder à sua introdução. Para tal, atualizou-se o Procedimento de Criação de Ferramentas para Fabricação de Componentes no SAP, uma vez que é neste procedimento em que são inseridas as informações das ferramentas no SAP, incluindo assim os dados necessários para esses indicadores.

Para alcançar este objetivo, foram realizadas reuniões com os colaboradores do departamento, com o intuito de aproveitar a sua experiência e contribuição para o sucesso da adaptação do procedimento atual. Concebeu-se uma nova proposta para a Criação de Ferramentas de Fabricação de Componentes, na qual se manteve o procedimento atual, acrescentando-se um novo campo específico para o departamento de compras. Na Figura 25, apresenta-se a esquematização de uma parte do novo procedimento referente a este campo

Nova Proposta: Criar Ferramentas de Fabricação de Componentes		
Supply Chain		
General Tooling Information	Specific information depending on the type of tool	Documents
Minimum Tooling LifeTime	Type of tool (DieCast Tooling, Foundry Tooling, Stamping Tooling, Machine Tooling, PM Tooling, Guaging, Plastic Injection Tooling, Compression Tooling, Investment Cast Tooling, Other Tooling)	GSM-F026
Tool Daily Capacity	If: DieCast Tooling, Foundry Tooling, PM Tooling, Plastic Injection Tooling, Compression Tooling, Investment Cast Tooling	
Tool Weight	#of Cavities	
Machine Tonnage Required	Parting Orientation	
Materials(tool made from)	Part Material	
Tool Size	Core Box Type	
Tool Specific to (machine, part, program, shop/plant)	In Die Cooling	
Tool Builder	Process Line or Shot Type	
Tool Physical Location	Dimensions/Plate Size	
Total Replacing Lead Time	Does Die have side cores?	
	Does Die have slides?	
	If yes, Type & Quantity	
	Hydraulics Required?	
	If: Stamping/ Fine Blanking/ Stage Sheet Metal Tooling Specific Information	
	Progression	
	Type of Tool	
	#of Progressions	
	Shut Height	
	Miss-feed Detection?	
	Material Type	
	Material Dim.	
	Type of Press	
	Transfer Components desc.	
	Slug/Scrap Removal Description	

Figura 25 - Novo campo para Compras: Criar Ferramentas de Fabricação de Componentes

Para as ferramentas já existentes no sistema, foi essencial submeter todos os dados previamente recolhidos. Essa submissão foi realizada de forma eficiente e abrangente por meio de um ficheiro *Excel* especialmente construído para esse fim. Esta abordagem massiva permitiu garantir a integridade e precisão dos dados durante o processo de transferência, assegurando que todas as informações relevantes fossem devidamente registadas e atualizadas no sistema.

5.3 Formação aos utilizadores do Novo Procedimento e do Sistema de Alerta

Com a criação de melhorias a serem implementadas na empresa, torna-se essencial priorizar o investimento na formação dos colaboradores, capacitando-os para compreender e adotar as soluções desenvolvidas. Este investimento visa assegurar uma transferência eficaz de informações sobre os benefícios das melhorias propostas. É crucial fornecer instruções claras e objetivas para minimizar a resistência à mudança por parte dos colaboradores. Para fortalecer a execução do projeto e alcançar resultados mais eficientes e rápidos, foram estabelecidas atividades adicionais, incluindo ações de formação e sensibilização para todas as equipas envolvidas.

5.3.1 Formação aos Utilizadores: Novo Procedimento de criação de ferramentas para fabricação de componentes

Após a implementação do novo procedimento, tornou-se imperativo dar formação adequada aos colaboradores envolvidos na sua execução, para a criação de novas ferramentas. Esta formação teve como objetivo garantir que todos os utilizadores compreendessem completamente os detalhes do novo processo e estivessem aptos a aplicá-lo de forma eficiente e consistente. Durante as sessões de formação, os colaboradores tiveram a oportunidade de adquirir as competências necessárias para utilizar o procedimento de maneira eficaz, assim como esclarecer dúvidas e discutir quaisquer questões que surjam. Esta abordagem proativa assegurou uma transição suave e bem-sucedida para o novo procedimento, maximizando assim o seu impacto positivo no desempenho operacional e na qualidade do trabalho realizado.

5.3.2 Formação aos Utilizadores: Sistema de Alerta

Para assegurar o pleno funcionamento do Sistema de Alerta no SAP, é essencial proporcionar sessões de formação direcionadas aos seus utilizadores. Uma vez que o Sistema não foi implementado no período do projeto, propõe-se a realização de sessões explicativas sobre o sistema de alerta antes da sua

implementação, dado que os diferentes departamentos possuem necessidades específicas, é igualmente necessário oferecer formações adaptadas a cada setor da empresa envolvente.

Além disso, é expectável que, durante a implementação do Sistema de Alerta, surjam algumas dificuldades com o *software*. Por conseguinte, seria vantajoso realizar sessões semanais para esclarecimento de dúvidas. Desta forma, garante-se que todos os utilizadores compreendem a utilização e a dinâmica do novo sistema, podendo também esclarecer eventuais dúvidas e dificuldades que possam surgir durante a sua implementação. Desta forma, as formações permitem ensinar os utilizadores a interpretar corretamente os dados e informações fornecidos pelo sistema, aumentando assim a eficiência e a eficácia dos processos.

Para garantir o funcionamento integral do sistema, foi elaborada uma *timeline* com as formações necessárias, os tópicos a abordar e os respetivos formadores. Esta abordagem será posta em prática após a implementação devida do Sistema, para assegurar que todas as partes interessadas estejam devidamente preparadas e que o Sistema de Alerta seja eficiente, contribuindo para a continuidade das operações sem interrupções significativas.

5.4 Dados Quantitativos

Dada a carência de uma base de dados abrangente que contenha o registo de todas as informações relevantes dos problemas de qualidade em fornecedor, sugere-se o estabelecimento de um sistema robusto para o registo e análise de não conformidades. O objetivo é proporcionar uma visão completa da qualidade dos componentes recebidos e das tendências associadas aos problemas de qualidade. Este processo possibilitará uma abordagem proativa na gestão da qualidade, permitindo a implementação de medidas preventivas e corretivas mais eficazes para assegurar a excelência dos produtos finais. Além disso, possibilitará a consolidação de dados quantitativos relativos a todos os problemas de qualidade nos fornecedores.

A proposta de melhoria para a lacuna identificada, envolveu a modificação do documento de seguimento das reclamações, com a inclusão de um campo específico para registar as causas das não conformidades, conforme relatadas pelo fornecedor no Relatório 8D.

Essa medida visa aprimorar a rastreabilidade e a gestão das reclamações, fornecendo uma documentação mais detalhada e precisa das questões levantadas e das ações corretivas implementadas. Ao integrar diretamente as informações fornecidas pelo fornecedor no Relatório 8D ao processo de

acompanhamento interno, pretende-se fortalecer a capacidade de identificação e resolução de problemas de qualidade de forma ágil e eficaz.

6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste capítulo, apresentam-se as considerações finais desta dissertação, enfatizando as conclusões essenciais alcançadas, algumas limitações inerentes ao estudo e perspectivas para potenciais investigações futuras.

6.1 Considerações Finais

A constante evolução do setor automóvel e as crescentes exigências dos clientes impõem a necessidade premente de um controlo da qualidade, com vista à redução de custos, eliminação de desperdícios e reforço da competitividade. Nesta dissertação foram definidas estratégias fundamentais para a melhoria de processos num contexto específico: uma fábrica do setor automóvel em Portugal. O seu principal objetivo consistiu no controlo do ciclo de vida útil de ferramentas da BorgWarner e dos clientes em fornecedores e para isso desenvolver um sistema de alerta no SAP que garanta o aviso atempado da substituição da ferramenta.

Ao longo deste estudo, identificaram-se oportunidades para aprimorar os procedimentos existentes, com foco na maximização da eficácia e na minimização das ineficiências. Foram delineadas estratégias específicas para melhorar a gestão de recursos, melhorar a comunicação interna e aprimorar a qualidade dos produtos.

Desde a fase inicial do projeto, um dos objetivos consistia em obter dados quantitativos sobre as causas de qualidade associadas aos produtos recebidos dos fornecedores, proporcionando assim uma visão clara sobre o número de problemas decorrentes do término do ciclo de vida útil das ferramentas. Contudo, a ausência desses dados dificultou a avaliação do impacto direto deste projeto e a capacidade de monitorizar essa variável crucial. Para superar este obstáculo, procedeu-se à adaptação do sistema de seguimento de reclamações aos fornecedores, capacitando os responsáveis pela gestão de dados a registarem as causas raízes dos problemas de qualidade de forma mais precisa e abrangente.

Além disso, no que concerne à limitação de dados registados no SAP relativos às ferramentas, essenciais para o desenvolvimento do sistema de alerta, foram realizadas alterações nas transações do sistema, de modo a incluírem todos os indicadores necessários para uma monitorização eficaz. Este ajuste permitiu uma compilação mais completa e precisa das informações pertinentes, fortalecendo assim a base de dados essencial para o funcionamento eficiente do sistema de alerta.

As propostas de melhoria apresentadas englobaram a implementação de diversas metodologias, tais como a utilização de *dashboards* em *Power BI* para análise de dados, a adoção de sistemas de gestão visual para uma comunicação mais eficaz, a integração do SAP para uma gestão mais eficiente dos processos e a aplicação de Análises de Modo e Efeito de Falhas para identificar potenciais problemas e mitigar riscos. A implementação destas soluções contribui para a gestão eficiente dos recursos, reduzindo potenciais interrupções nas atividades operacionais e otimizando a utilização dos ativos. Ao integrar este sistema, espera-se não apenas uma melhoria nos processos de manutenção, mas também um aumento significativo na eficiência global das operações, através de uma abordagem proativa na gestão dos recursos.

É essencial destacar a relevância deste trabalho no contexto da gestão de ativos e manutenção, bem como na transformação digital das empresas. Ao proporcionar uma ferramenta capaz de prever e prevenir falhas de equipamento, este estudo contribui para a redução de custos operacionais e aumento da produtividade. Além disso, evidencia a importância da integração de sistemas de controlo avançados para promover uma gestão mais eficiente e estratégica dos recursos corporativos, alinhando-se com as exigências do mercado.

Este sistema permite monitorizar variáveis críticas dos fornecedores, neste caso o tempo de vida remanescente de ferramentas críticas para obtenção de componentes conforme as especificações. Isto corresponde a expandir o sistema de gestão da qualidade da empresa aos seus fornecedores, aumentando a qualidade dos produtos desta cadeia de abastecimento. Efetivamente, como destaca Khairul (2020), realizar uma gestão adequada da qualidade dos fornecedores da empresa, exerce um impacto notável na vantagem competitiva. De forma análoga, Noshad e Awashti (2015), concluem que desenvolver a qualidade dos fornecedores traduz no aprimoramento da qualidade dos fornecedores e consequentemente dos produtos da cadeia de abastecimento.

Perante os resultados obtidos, afirma-se que o objetivo principal da dissertação foi alcançado.

Embora algumas das propostas não tenham sido implementadas na sua totalidade, a avaliação global demonstra avanços significativos em direção ao controlo eficaz da vida útil das ferramentas da BorgWarner e dos clientes, em fornecedores.

É de salientar que as melhorias foram efetuadas sem gerar custos adicionais significativos, evidenciando assim a sua vantagem económica para a empresa. Este estudo reforça a importância de uma abordagem holística na gestão de processos, onde a integração de tecnologia avançada, a implementação de

métodos eficazes e a promoção de uma cultura organizacional orientada para a excelência são elementos fundamentais para o sucesso a longo prazo.

A presente dissertação enfatiza a importância de monitorizar continuamente a eficácia deste sistema, reconhecendo-o como um elemento necessário para o sucesso operacional a longo prazo. A integridade do sistema de alerta depende da sua capacidade de emitir avisos de substituição de ferramentas de acordo com as diretrizes estabelecidas. Para assegurar essa funcionalidade, é imprescindível realizar verificações regulares para garantir que os dados estejam a ser corretamente inseridos e atualizados. Esta prática não só ajuda a evitar falhas no processo de controlo, mas também contribui para a precisão e confiabilidade das informações fornecidas pelo sistema.

6.2 Limitações do Estudo e Investigações Futuras

Ao realizar uma avaliação crítica retrospectiva do projeto em análise, é fundamental reconhecer e abordar algumas limitações que emergiram ao longo do processo de desenvolvimento. Em primeiro lugar, destaca-se a restrição temporal imposta para a análise dos dados já existentes. Tal limitação, embora compreensível dadas as exigências do cronograma, implicou uma abordagem mais superficial na compreensão do contexto e na identificação do impacto potencial das melhorias sugeridas. A falta de tempo adequado para uma análise mais aprofundada pode ter comprometido a precisão e abrangência das conclusões obtidas, reduzindo, por conseguinte, a eficácia das melhorias propostas. Além disso, outro desafio enfrentado durante o desenvolvimento do projeto foi a complexidade dos dados disponíveis, o que exigiu um esforço adicional na sua interpretação e na identificação de padrões relevantes. A dispersão da informação entre diversas ferramentas de armazenamento de dados da empresa, como a rede interna e o *SharePoint*, revelou-se como um desafio significativo. A falta de organização, com documentos não armazenados em pastas distintas e com nomenclaturas adequadas, resultou num gasto excessivo de tempo na coleta de dados, prejudicando a eficiência do processo. Além disso, a incompletude da documentação foi outra limitação enfrentada, exigindo o envio de e-mails aos fornecedores para obtenção de informações adicionais. No entanto, essa dependência da resposta dos fornecedores revelou-se como uma limitação adicional, uma vez que a maioria não respondia ao pedido na primeira tentativa, levando a atrasos e dificuldades na obtenção dos documentos necessários. Essas limitações ressaltam a importância de uma gestão eficiente da documentação e da comunicação com os fornecedores para o sucesso de projetos futuros.

Futuras investigações podem focar-se na integração de sensores nas ferramentas, fornecendo dados em tempo real sobre o uso e desgaste das mesmas, aprimorando a precisão das previsões de substituição aplicadas no sistema SAP. A utilização de técnicas de *machine learning* pode permitir a identificação de padrões em grandes volumes de dados históricos, melhorando a fiabilidade dessas previsões. Além disso, uma análise detalhada dos custos e benefícios da implementação do sistema pode demonstrar a redução de custos associada à substituição planeada em comparação com a substituição não planeada das ferramentas. Ainda se sugere como trabalho futuro expandir o sistema para outras áreas ou tipos de equipamentos dentro da BorgWarner para demonstrar a versatilidade e eficácia do sistema de alerta. Ao integrar estas tecnologias no contexto da Indústria 4.0, a BorgWarner não só fortalecerá a sua capacidade de manter um controlo eficaz sobre as ferramentas da empresa e dos clientes nos fornecedores, como também se posicionará como um líder inovador no setor automóvel em Portugal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amrani, M. A., Alhomdi, M., Aswaidy M, B., Ghaleb, A. M., Al-Qubati, M., & Shameeri, M. (2022). *Implementing an integrated maintenance management system for monitoring production lines: a case study for biscuit industry*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 28(1), 180–196. <https://doi.org/10.1108/JQME-06-2020-0049>
- Automotive Industry Action Group. (2019). AIAG-VDA Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Handbook. Automotive Industry Action Group.
- Azus, A. F., Wijaya, S. K., & Naved, M. (2023). *Prediction of remaining useful life using the CNN-GRU network: A study on maintenance management[Formula presented]*. Software Impacts, 17. <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2023.100535>
- Basri, A. Q., Mohamed, N., Nelfiyanti, & Y, Y. (2021). *SMED Simulation in Optimising the Operating Output of Tandem Press Line in the Automotive Industry using WITNESS Software*. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 18(3), 8895–8906. <https://doi.org/10.15282/ijame.18.3.2021.05.0682>
- Bhatti, M. I., Awan, H. M., & Razaq, Z. (2014). *The key performance indicators (KPIs) and their impact on overall organizational performance*. Quality and Quantity, 48(6), 3127–3143. <https://doi.org/10.1007/s11135-013-9945-y>
- Caetano, C. J. B. (2014). *Análise estratégica do setor automóvel de usados no contexto de crise atual: estudo de casos (Doctoral dissertation)*.
- Castro, D. S. M. (2022). *Melhoria dos fluxos de materiais e informação num armazém de peças de pós-venda numa empresa do setor automóvel. Dissertação de Mestrado, Escola de Economia e Gestão da Universidade do Minho*.
- Castro, A., (2014). *A importância da análise interna e externa para o sucesso empresarial: O caso da TMG Automotive. Dissertação de Mestrado, Escola de Economia e Gestão da Universidade do Minho*.
- Coutinho C P, Sousa A, Dias A, Bessa F, Ferreira M J, & Vieira S. (2009). *Investigação-Ação: Metodologia Preferencial nas Práticas Educativas*. Revista Psicologia, Educação e Cultura, XIII(2), 445–479. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/1014>
- De Boer, L., Labro, E., & Morlacchi, P. (2001). *A review of methods supporting supplier selection*. European Journal of Purchasing & Supply Management, 7(2), 75–89
- Einabadi, B., Mahmoodjanloo, M., Baboli, A., & Rother, E. (2023). *Dynamic predictive and preventive maintenance planning with failure risk and opportunistic grouping considerations: A case study in the automotive industry*. Journal of Manufacturing Systems, 69, 292–310. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.06.012>
- ENEI, (2014). *“Automóvel, Aeronáutica e Espaço”. Diagnostico de Apoio as Jornadas de Reflexão Estratégica*.
- Fathi, K., Sadurski, M., Kleinert, T., & Wernher Van De Venn, H. (2023). *Source Component Shift Detection & Classification for Improved Remaining Useful Life Estimation in Alarm-based Predictive Maintenance*.

- French, S. (2009). Action research for practising managers. *Journal of Management Development*, 28(3), 187–204. <https://doi.org/10.1108/02621710910939596>
- Goi, R. S. L., Soares, A. T., Rocha, P. F., Bastos, S. C., & Rolin, P. (2013). Tooling Management System: Managing Companies', Customers' and Supplier's Assets Focusing Budget Planning and Correct Expenditure of Resources (No. 2013-36-0153). SAE Technical Paper. <https://doi.org/10.4271/2013-36-0153>
- Handley, S., & Gray, J. (2015). Managing Quality in a Heterogeneous Contract Manufacturing Environment. In *Decision Sciences* (Vol. 46).
- Hoque, I., & Maalouf, M. M. (2022). Quality intervention, supplier performance and buyer–supplier relationships: evidence from the garment industry. *Benchmarking*, 29(8), 2337–2358. <https://doi.org/10.1108/BIJ-02-2021-0075>
- Ishak, Z., Fong, S. L., & Shin, S. C. (2019). SMART KPI management system framework. 2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology, ICSET 2019 - Proceeding, 172–177. <https://doi.org/10.1109/ICSEngT.2019.8906478>
- ISO. (2015). *Sistemas de gestão da qualidade Fundamentos e vocabulário (ISO 9000:2015) (APQ, Trad.)*.
- Kafel, P., Rogala, P., & Urbaniak, M. (2024). Quality management methods and its relation to supplier performance measures. *International Journal for Quality Research*, 18(1), 65–78. <https://doi.org/10.24874/IJQR18.01-05>
- Kang, N., Zhao, C., Li, J., & Horst, J. A. (2016). A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems. *International Journal of Production Research*, 54(21), 6333–6350. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1136082>
- Khairul, K. A. (2020). The nexus between supplier quality management and organization's competitive advantage: An empirical evidence. *Logforum*, 16(1), 161–170. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2020.389>
- Kiris, S. B., Eryarsoy, E., Zaim, S., & Delen, D. (2021). An integrated approach for lean production using simulation and data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04265-z>
- Lopes, B. M. N. (2020). *Melhoria do desempenho dos processos nos departamentos de Purchasing, numa empresa multinacional do setor automóvel. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho.*
- Noshad, K., & Awasthi, A. (2015). Supplier quality development: A review of literature and industry practices. In *International Journal of Production Research* (Vol. 53, Issue 2, pp. 466–487). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.954679>
- O'brien, R. (2001). Um exame da abordagem metodológica da pesquisa ação [An Overview of the Methodological Approach of Action Research. www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html<http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.htm>
- Plinta, D., Golinska, E., & Dulina, L. (2021). Practical application of the new approach to fmea method according to aiag and vda reference manual. *Komunikácie*, 23(4).

- Rodrigues, D., Godina, R., & da Cruz, P. E. (2021). Key performance indicators selection through an analytic network process model for tooling and die industry. *Sustainability (Switzerland)*, 13. doi: 10.3390/su132413777
- Sahu, A., Jambhale, R., Adiga, D. T., Powar, N., & McKinley, T. (2023). Formulation of Model Stability Metrics for Remaining Useful Life Models of Engine Components. *IEEE Aerospace Conference Proceedings*, 2023-March. <https://doi.org/10.1109/AERO55745.2023.10115610>
- Santos, B. M. N. (2011). *A Qualidade de Vida Urbana: aplicação de um inquérito online para avaliação da percepção individual. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho.*
- Santos, V., Amaral, L., & Mamede, H. (2013). Utilização do método Investigação-Ação na investigação em Criatividade no Planeamento de Sistemas de Informação. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*.
- Shani, A. B. R., Coghlan, D., & Cirella, S. (2012). Action research and collaborative management research: More than meets the eye? *International Journal of Action Research*, 8(1), 45–67. https://doi.org/10.1688/1861-9916_IJAR_2012_01_Shani
- Santos, V., Amaral, L., & Mamede, H. (2013). Utilização do método Investigação-Ação na investigação em Criatividade no Planeamento de Sistemas de Informação. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*.
- Singh, S., Batheri, R., & Dias, J. (2023). Predictive Analytics: How to Improve Availability of Manufacturing Equipment in Automotive Firms. *IEEE Engineering Management Review*. <https://doi.org/10.1109/EMR.2023.3288669>
- Sousa, S, Rodrigues, N and Nunes, E. (2018) Evolution of process capability in a manufacturing process, *Journal of Management Analytics*, Volume 5, Issue 2, pp. 95-115. <https://doi.org/10.1080/23270012.2018.1436988>
- Susman, G. and Evered, R. (1978) An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, Vol 23, pp. 582-603.
- Urbaniak, M., & Zimon, D. (2022). Operational processes that the manufacturing companies expect to be improved by suppliers. *International Journal for Quality Research*, 16(3), 891–904. <https://doi.org/10.24874/IJQR16.03-16>
- Van Nguyen, D., Limmer, S., Yang, K., Olhofer, M., & Bäck, T. (2019). Modeling and prediction of remaining useful lifetime for maintenance scheduling optimization of a car fleet. *International Journal of Performability Engineering*, 15(9), 2318–2328. <https://doi.org/10.23940/ijpe.19.09.p4.23182328>
- Vieira, C. A. R. (2023). *Os Impactos dos Ciclos Económicos no setor automóvel. Dissertação de Mestrado: Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa do Instituto Politécnico de Lisboa.*
- Wang, Z., Liu, Y., Wang, F., Wang, H., & Su, M. (2023). Capacity and remaining useful life prediction for lithium-ion batteries based on sequence decomposition and a deep-learning network. *Journal of Energy Storage*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108085>

Yazıcı, K., Gökler, S. H., & Boran, S. (2021). *An integrated SMED-fuzzy FMEA model for reducing setup time. Journal of Intelligent Manufacturing, 32(6), 1547–1561.* <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01675-x>

Zhai, S., Gehring, B., & Reinhart, G. (2021). *Enabling predictive maintenance integrated production scheduling by operation-specific health prognostics with generative deep learning. Journal of Manufacturing Systems, 61, 830–855.* <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.02.006>

APÊNDICES

APÊNDICE I – A EMPRESA

Visão, Missão e Valores BorgWarner

A visão da empresa está centrada num futuro que é simultaneamente limpo e eficiente em energia, refletindo o compromisso com a sustentabilidade. Esta visão harmoniza-se perfeitamente com a missão da empresa, que consiste em oferecer soluções inovadoras e sustentáveis no domínio da mobilidade, contribuindo assim para a evolução positiva do mercado de veículos. Através de uma abordagem proativa, a empresa pretende não apenas antecipar, mas também moldar os padrões futuros da indústria, destacando-se pela excelência e pelo impacto positivo nas comunidades e no ambiente.

Quanto aos valores fundamentais da empresa, esta adota um conjunto de cinco princípios (ver Figura 26), os quais serão detalhadamente delineados a seguir:

-Inclusão: promover o respeito mútuo por meio da criação de um ambiente seguro, onde os colaboradores têm a liberdade de expressar sua verdadeira essência. Valorizar a diversidade em todas as suas formas, seja ela relacionada às pessoas, idades ou experiências.

-Integridade: honrar a honrar a verdade, fundamentada na transparência, honestidade e autenticidade. Para atingir os objetivos delineados, é imperativo contar com a colaboração de todos, num ambiente pautado pela autoajuda.

-Excelência: contribuição ativa para o desenvolvimento ao adquirir conhecimento e partilhar informações, com um claro foco nos resultados. Há sempre a possibilidade de alcançar desempenhos superiores, adotando uma postura de melhoria contínua.

-Responsabilidade: segurança como prioridade fundamental em todas as operações. Preocupação constante com a comunidade e o meio ambiente, garantindo que a sustentabilidade seja uma prioridade na tomada de decisões. Os talentos e recursos são elementos cruciais que fazem toda a diferença.

-Colaboração: os objetivos da equipa prevalecem sobre as ambições pessoais. O trabalho em equipa conduz a resultados superiores, sendo alcançado através da gestão proativa de conflitos, fundamentada no respeito pelas ideias dos outros.



Figura 26 - Valores BorgWarner

Produtos e Clientes

A BorgWarner Viana integra a área de negócios de *Emissions, Thermal and Turbo Systems*, e os produtos por ela fabricados, conforme evidenciado na Figura 27, podem ser categorizados nas seguintes tipologias:

- *Foundational: Pass Car (EGR Modules, EGR Valves, EGR Tubes, GPCM, eBooster) e Commercial Vehicles (EGR Modules, EGR Valves, EGR Tubes);*
- *Electric: High Voltage Coolant Heaters, High Voltage Air Heaters, Low Voltage Air Heaters.*



Figura 27 - Tipos de produtos (ETTS Viana do Castelo)

Estes produtos são concebidos para atender a uma ampla variedade de clientes, conforme representado na Figura 28, que engloba prestigiadas marcas do setor automóvel, tanto para veículos de passageiros como comerciais. Em termos gerais, a maioria das vendas está direcionada para veículos leves, seguidos pelos segmentos de veículos médios e pesados.

No que concerne aos seus clientes, a Europa é o continente que concentra o maior número de clientes para a empresa. Em seguida, salienta-se a presença significativa de clientes no continente americano e por último, destaca-se a China como um mercado proeminente na região asiática.



Figura 28 - Portfólio de clientes BorgWarner, Viana do Castelo

ANEXOS

ANEXO I – SEGUIMENTO DAS RECLAMAÇÕES A FORNECEDORES

	Date	Detection	Customer involved? (customer claim)	Defect location	Defect type	Problem description	Repeated?	Line	Customer	Projeto/Série	Nº parts detected	Purchase Group	Control Inspection	D3 closure	D6 closure
exemplo 1	17/03/2023	30 - Production	No			Part with holes out of spec	No			Série	1			18/03/2023	27/03/2023
exemplo 2	12/04/2023	30 - Production	No			Pores	No			Série	1			13/04/2023	22/04/2023
	8D Step	8D closure	Administrative costs	Horas paragem linha	Custos Transportes Urgentes	Custos Seleção em Cliente	Outros custos	Total	Update lessons learned database	Open days	Supplier	SQA/SDE	Closure responsibility	Update control plan/ PFMEA	Action Plan (CPM >30 days)
exemplo 1	16/04/2023		Aceite	0	- €	- €	- €	- €					Supplier		Supplier in escalation process; More robust corrective actions needed; Global Support onsite
exemplo 2	12/05/2023		Rejeitado	0	- €	- €	- €	- €					Supplier		18/08/2023 - novo caso detectado a 17/08/2023 - CPM atualizado

Figura 29 - Seguimento Reclamações a Fornecedores

Class overview

Measuring points/counters

Equipment

TM0000000001IE

Category

T

BW - Tools M/E - Internal

Description

Intern.note

Status

AVLB

Valid From

22.04.2024

Valid To

31.12.9999

General

Location

Structure

Warranty

PRT data

Documents

General data

Class

Object type

AuthorizGroup

Weight

Inventory no.

Size/dimension

Start-up date

Reference data

Vendor

AcquisitnValue

Acquisition date

Manufacturer data

Manufacturer

Model number

ManufPartNo.

ManufSerialNo.

ManufCountry

Constr-yr/mth

Class overview

Measuring points/counters

Equipment

TM0000000001IE

Category

T

BW - Tools M/E - Internal

Description

Intern.note

Status

AVLB

Valid From

22.04.2024

Valid To

31.12.9999

General

Location

Structure

Warranty

PRT data

Documents

Structuring

Functional loc.

Description

Superord.Equip.

Description

Position

TechIdentNo.

ConstType

Class overview

Measuring points/counters

Equipment

TM0000000001IE

Category

T

BW - Tools M/E - Internal

Description

Intern.note

Status

AVLB

Valid From

22.04.2024

Valid To

31.12.9999

General

Location

Structure

Warranty

PRT data

Documents

Basic data

Task list usage

Grouping key 1

Grouping 2

Load records

Default values for task list assignment

Control Key

Standard text key

Usage value formula

Start reference

Start offset

End reference

End offset

Start date for setup

Start date for execution

Default values for maintenance

MaintenancePlan

MeasPoint

Lock PRT

Class overview

Measuring points/counters

Equipment

TM0000000001IE

Category

T

BW - Tools M/E - Internal

Description

Intern.note

Status

AVLB

Valid From

22.04.2024

Valid To

31.12.9999

General

Location

Structure

Warranty

PRT data

Documents

Location data

Main/Plant

Location

Room

Plant section

Work center

ABC indic.

Sort field

Account assignment

Company Code

Business Area

Asset

Cost Center

WBS Element

StandgOrder

SettlementOrder

Responsibilities

Planning plant

Planner group

Main WorkCtr

Catalog profile

Class overview

Measuring points/counters

Equipment

TM0000000001IE

Category

T

BW - Tools M/E - Internal

Description

Intern.note

Status

AVLB

Valid From

22.04.2024

Valid To

31.12.9999

General

Location

Structure

Warranty

PRT data

Documents

manufacturer warranty

Warranty Start

Master warranty

InheritWarranty

Pass on warranty

Warranty end

Class overview

Measuring points/counters

Equipment

TM0000000001IE

Category

T

BW - Tools M/E - Internal

Description

Intern.note

Status

AVLB

Valid From

22.04.2024

Valid To

31.12.9999

General

Location

Structure

Warranty

PRT data

Documents

Linked Documents

Current Version

All versions

Ty.

Document

DPE

Vs

Description

66

ANEXO III – DOCUMENTO GSM-F026

 BorgWarner or BorgWarner Customer Owned Tooling Sheet			
☐ DieCast Tooling ☐ Foundry Cast Tooling ☐ Stamping Tooling ☐ Machine Tooling ☐ PM Tooling ☐ Gauging ☐ Plastic Injection Tooling ☐ Compression Tooling ☐ Investment Cast Tooling ☐ Other Tooling			
Specific Description of Tooling:	Photograph of tool (ID-tag location visible)	Photograph of ID-tag	
Supplier and Purchase Information (must be completed for all types of tools):			
Vendor Name	Vendor #	Tool PO # / PO Item	PPAP PO #
General Tooling Information (must be completed for all types of tools):			
Part #	Tool #	Asset #	PPAP Approval Date
Part Description			
Tool Life (Shots, Hits, etc.)	Tool Daily Capacity	Tool Weight	☐ Kgs ☐ lbs
Machine Tonnage Required	Materials (Tool made from)		
Tool Size (LxWxH)	Tool Specific To: ☐ Machine ☐ Part ☐ Program ☐ Shop/Plant		
Tool Builder	Tool Physical Location		
Machine Type	Tooling Country of Origin		
DieCast/Foundry/Plastic Injection/PM/Investment Cast/Compression Tooling Specific Information:			
# of Cavities	Parting Orientation	Part Material	
Core Box Type	In Die Cooling		
Process Line or Shot Type	Dimensions/Plate Size		
Does Die have side cores?	Does Die have slides?	If yes, Type & Quantity	Hydraulics Required?
Stamping/Fine Blanking/ Stage Sheet Metal Tooling Specific Information:			
Progression	Type of Tool (Transfer, Stage, Prog, Etc.)	# of Progressions	
Shut Height	Miss-feed Detection?	Is Die Mounted on plates?	SPM
Material Type	Material Dim. (LxWxThickness)		
Type of Press (Hydraulic, etc)	Transfer Components desc.		
Slug/Scrap Removal Description (Through Bolster, side, etc.)			
Describe any special components (Sensing/gauging/error-proofing/in-die tapping/probing/etc.) in specific section Above			
Machine Tooling Specific Information:			
Machine Tooling Designed For (Machine type including Taper & H.P.)			
Clamping Method	# of Tumbstones/Stations	Size	
Describe any special fixturing or automation in Specific Section Above			
Other Tooling Specific Information:			
List all Assembly Fixtures/Cells and other specialty Tools (Including Make / Model / Serial Number)			
Supplier Submission:			
Supplier Representative Name	E-mail address		
Position	Phone#	Date	
NOTES: Complete sheet for each tool. Compliance to the BorgWarner Terms and Conditions and Supplier Manual Tooling and Gauging Policy is required. Attached to this form, Supplier should provide tooling photo documentation in the form and content agreed with BorgWarner. All documentation is required to be delivered to BorgWarner GSM representative for review prior to final payment for tooling.			

Figura 31 - GSM-F026 ("BorgWarner or BorgWarner Customer Owned Tooling Sheet")