



Aplicação e desenvolvimento de Ferramentas da Qualidade no âmbito
de Gestão de Processos

UMinho | 2023 Pedro Correia Silva



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Pedro Correia Silva

**Aplicação e desenvolvimento de Ferramentas da Qualidade no
âmbito de Gestão de Processos**

outubro de 2023



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Pedro Correia Silva

**Aplicação e desenvolvimento de Ferramentas da
Qualidade no âmbito de Gestão de Processos**

Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da

**Professora Isabel Alexandra Costa Pinho do
Espírito Santo**

Professor José Pedro Teixeira Domingues

Outubro 2023

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-Não
CC BY-NC-ND**

Comercial-Sem

Derivações

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

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de deixar o meu agradecimento à Prof.^a Isabel Espírito Santo e ao Prof. José Domingues, pela orientação durante o desenvolvimento de todo este trabalho, durante o qual estiveram sempre presentes para me prestar auxílio nos momentos de dúvida e incerteza.

Gostaria igualmente de agradecer à minha orientadora do Departamento de Qualidade, Ana Meneses, que me guiou e ajudou vezes sem conta, face aos problemas encontrados.

A todos os meus amigos que me acompanharam ao longo desta caminhada, e que nunca deixaram de me apoiar, motivando-me constantemente.

À minha família e, em particular, aos meus pais por me terem dado as condições necessárias para realizar todo um percurso escolar que culmina na obtenção do grau de mestre.

Obrigado a todos, sem vocês não teria sido possível.

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.

Resumo

Com o fenómeno da globalização, verifica-se que nos dias de hoje existe uma enorme competitividade entre as empresas, independentemente do setor no qual atuam. Consequentemente, verifica-se que de um modo geral as organizações procuram melhorar a todos os níveis, e isto, constantemente.

É neste contexto que a Gestão da Qualidade desempenha uma função fundamental nas organizações, pois serve de alicerce para atingir níveis de excelência. Adicionalmente, esta é responsável por conferir às empresas a capacidade de satisfazer as necessidades dos seus clientes, excedendo-as sempre que possível, cultivando assim uma relação de longa duração com estes.

O presente trabalho foi desenvolvido em dissertação do mestrado de Engenharia e Gestão Industrial, tendo o serviço sido prestado em regime de consultoria a uma empresa do setor automóvel. O objetivo principal deste passou pela aplicação e desenvolvimento de ferramentas de gestão da qualidade em dois ficheiros, de modo a melhorar o desempenho de modelos de previsão de problemas a longo prazo e a gestão dos processos em projetos.

De facto, os ficheiros desempenhavam duas funções, sendo a primeira a gestão da data prevista de entrega do projeto. A segunda função prendia-se à previsão do número de problemas ao fim de dois anos após a data de início do projeto, com os dados recolhidos nos primeiros 3 meses.

Assim, numa primeira fase prosseguiu-se à fusão dos dois ficheiros, de forma compreensiva. De seguida, passou-se à melhoria do desempenho do ficheiro, recorrendo-se a ferramentas da qualidade como o diagrama de Inter-relações, análise de Pareto, Histograma e diagrama de dispersão, juntamente com o método de melhoria da qualidade, ciclo PDCA.

Numa terceira fase, prosseguiu-se ao desenvolvimento de indicadores chave de desempenho que permitiriam analisar a informação visualmente, permitindo assim tomar as medidas necessárias.

Com este estudo, pretendia-se evidenciar que as ferramentas de gestão da qualidade podem ser utilizadas numa grande variedade de situações, podendo solucionar problemas de carater diferente e variado.

No que toca aos resultados, verificou-se uma melhoria significativa no desempenho dos modelos de previsão, tendo sido obtida uma previsão satisfatória para 81% dos casos em estudo através da aplicação do ciclo PDCA e ferramentas da Qualidade.

Palavras-Chave: ferramentas da qualidade, ciclo PDCA, Gestão da Qualidade, indicadores de desempenho.

Abstract

With the globalization phenomenon, it is seen that nowadays there is an enormous competitiveness between companies, regardless of the sector in which they operate. Consequently, it turns out that organizations are seeking more and more to be constantly evolving and improving at all levels.

It is in this context that Quality Management plays a major role in organizations, as it serves as a foundation to achieve high levels of excellency. In addition, it is responsible for giving companies the ability to meet the needs of their customers, exceeding them whenever possible, thus cultivating a long-term relationship with them.

The present work was developed in the dissertation of the master's degree in Industrial Engineering and Management, and the service was provided by a consultancy organization to a company in the automotive sector. The main goal of this work was to demonstrate how to apply and use quality management tools in two files, in order to improve the performance of the forecasting models regarding the number of problems in the long term and also the process management of the projects.

In fact, the files had two tasks, the first one being the management of the scheduled date of the project delivery. The second function is related to the forecasting of the number of problems at two years after the project starting date, with the data collected from the problems in the first 3 months.

Thus, in a first phase, the merging of the two files was carried out in a comprehensive way. Then, the work proceeded as intended and there was an improvement of the file's performance. This was achieved by using quality tools such as the Interrelationship diagram, Pareto analysis, Histogram and Scatterplot, along with the quality improvement method, PDCA cycle.

In a third phase, the development of performance indicators began as that would allow the data to be analysed visually, thus allowing the necessary measures to be taken.

The goal of this study was to provide with evidence that quality management tools can be used in a wide variety of situations, as they can help solve all sorts of problems when applied properly.

Regarding the results achieved, the improvements in the forecasting models were significant as the models were able to forecast the values for 81% of the cases in study by using the PDCA cycle and quality management tools.

Keywords: Quality Tools, PDCA cycle, Quality Management, performance indicators.

Índice	
Agradecimentos.....	iv
Resumo	vi
Abstract	vii
Índice.....	viii
Índice de Figuras.....	x
Índice de tabelas	xi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xii
1. Introdução	13
1.1. Motivação	13
1.2. Contextualização	13
1.3. Estrutura da Dissertação	14
2. Revisão Literária.....	15
2.1. Qualidade	15
2.2. Evolução histórica do conceito de Qualidade.....	16
2.3. Gestão da Qualidade Total.....	18
2.3.1. Conceito.....	18
2.3.2. Princípios do TQM	19
2.3.3. Ciclo PDCA.....	26
2.4. As sete ferramentas da qualidade.....	28
2.4.1. Histogramas.....	28
2.4.2. Análise de Pareto.....	29
2.4.3. Gráfico de dispersão	31
2.5. Diagrama de inter-relações.....	32
2.6. Dados	33
2.6.1. Tratamento de valores discrepantes	33
2.6.2. Métodos de previsão de valores	35
2.6.3. Qualidade da previsão de valores	37
3. Caracterização da organização	40
4. Enquadramento	42
4.1. Dados	43

4.2. Método de previsão utilizado previamente.....	44
4.3. Homogeneização.....	46
4.4. Aplicação do método PDCA	46
4.4.1. 1º iteração do ciclo PDCA	46
4.4.2. 2º iteração do ciclo PDCA	56
4.4.3. 3º iteração do ciclo PDCA	61
4.4.4. Resultados da aplicação do ciclo PDCA	66
4.5. Desenvolvimento de indicadores chave de desempenho.....	68
5. Conclusões e trabalhos futuros	72
5.1. Conclusão.....	72
5.2. Limitações e trabalhos futuros	72
Referencias bibliográficas	74
Anexo 1 – Exemplo da distribuição do caso com função inovadora	79

Índice de Figuras

Figura 1- Evolução do conceito de qualidade	18
Figura 2– 7 Pilares do TQM	19
Figura 3– Procedimento para mapeamento de Processos	22
Figura 4– Aplicação do método Poka Yoke	23
Figura 5– Ciclo PDCA	26
Figura 6 – Procedimento para execução de cada iteração do ciclo pdca	27
Figura 7 - Histograma	29
Figura 8- Análise de Pareto	30
Figura 9 – Gráfico de dispersão	31
Figura 10 – Disposição dos fatores após categorização (Hessing, 2014).	32
Figura 11 – Esquematização das relações entre os fatores (Hessing, 2014).	33
Figura 12 – Teste Z-score numa distribuição normal (Ivancristianv, 2023)	35
Figura 13 – Procedimento utilizado pela empresa para prever número de problemas	45
Figura 14 - Distribuição de pontos sem tratamento de dados.....	47
Figura 15 - Caso em que uma equação polinomial de grau 1 não se adapta.....	47
Figura 16 - Caso em que uma equação polinomial de grau 2 se adapta	48
Figura 17 – Diagrama de inter-relações.....	49
Figura 18 – Percentagem de verificação de ambos os critérios (1º iteração)	55
Figura 19 - Caso com dois grupos de pontos.....	57
Figura 20 – Análise de Pareto para causas de não verificação do primeiro critério	58
Figura 21 - Percentagem de verificação de ambos os critérios (2º iteração)	60
Figura 22 - Percentagem de verificação de ambos os critérios (3º iteração)	65
Figura 23 – Evolução da taxa de verificação dos casos consoante as iterações	68
Figura 24 - KPI de comparação de valor real com valores limite	69
Figura 25 – KPI de taxa de ocorrência de problemas por dia	69
Figura 26 – KPI de comparação entre o progresso dos problemas e dos dias	70
Figura 27 – KPI: resumo dos dias adicionais para os projetos em histórico.....	70

Índice de tabelas

Tabela 1 – Características dos dois ficheiros	44
Tabela 2 – Contabilização do número de casos por tipo	45
Tabela 3 – Categorias de equações e respetivas variáveis	51
Tabela 4 – Número de equações polinomiais por categoria de equação (1º iteração).....	52
Tabela 5 – Resultado da avaliação do critério de verificação visual (1º iteração).....	53
Tabela 6 – Resultado da avaliação do critério de verificação MAPE (1º iteração)	54
Tabela 7 – Número de equações polinomiais por categoria de equação (2º iteração).....	59
Tabela 8 – Resultado da avaliação do critério de verificação visual (2º iteração).....	59
Tabela 9 – equações verificadas no segundo critério de MAPE (2º iteração)	60
Tabela 10– Número de casos não verificados na segunda iteração do ciclo PDCA	62
Tabela 11 – Contabilização do número de casos não verificados com funções inovadoras	62
Tabela 12 – Número de equações polinomiais por categoria de equação (3º iteração).....	63
Tabela 13 – resultado da avaliação do critério de verificação visual (3º iteração)	64
Tabela 14– Resultado da avaliação do critério de verificação MAPE (3º iteração)	65
Tabela 15 – medidas propostas na primeira repetição do ciclo pdca	66

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

KPI – *Key Performance Indicator*

ISO – *International Organization for Standardization*

TQM – *Total Quality Management*

IQR – Intervalo Interquartil

MSE – *Mean squared error*

RMSE – *Root mean squared error*

MAPE – *Mean absolute percentage error*

MMQ – Método dos mínimos quadrados

1. Introdução

1.1. Motivação

A presente dissertação foi realizada no âmbito da obtenção do grau de mestre no Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial (MEGI), do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, da Universidade do Minho, no ramo de Gestão de Qualidade.

O estágio foi realizado numa empresa de consultoria, tendo sido prestado serviço a uma empresa líder no setor automóvel que, por razões de confidencialidade, não será mencionada no presente documento. O estágio teve a duração de 6 meses, tendo início no dia 30 de abril e terminado no dia 31 de outubro 2023.

Ao longo do estágio, foram aplicados vários conceitos da Gestão da Qualidade, que se materializaram num projeto de reestruturação e melhoria da qualidade de um ficheiro utilizado para gerir processos de entrega de projetos. Para isto, recorreu-se à utilização do ciclo PDCA e foram aplicadas várias ferramentas da qualidade como o diagrama de Inter-relações e a análise de Pareto.

Para cada uma das iterações do ciclo PDCA, foi realizado um diagnóstico dos problemas, identificando as potenciais causas. Além disso, foram propostas medidas para as solucionar, de modo a melhorar substancialmente a capacidade de previsão do modelo já implementado.

Foram igualmente desenvolvidos indicadores chave de desempenho para permitir que os gestores visualizassem os dados.

1.2. Contextualização

Nos dias da atualidade verifica-se uma competitividade cada vez mais feroz, entre as empresas dos diversos setores. De facto, este aumento faz com que os clientes sejam cada vez mais exigentes e estejam constantemente à espera de serem surpreendidos através de funções inovadoras ou características já anteriormente conhecidas, mas substancialmente aprimoradas.

No entanto, devido ao fenómeno de globalização que se verificou nas últimas décadas torna-se extremamente complicado sobressair das massas, uma vez que qualquer entidade faz parte de um todo, contrariamente àquilo que constituiria o cenário ideal no qual a organização teria o monopólio do mercado no qual opera, através de produtos que são percecionados como substancialmente melhores pelo cliente (Thiel, 2014).

É neste contexto, que a qualidade se revela como um componente fundamental para assegurar uma vantagem competitiva sobre as restantes empresas, independentemente de esta comercializar um bem ou serviço e opere no setor público ou privado.

Segundo Drucker, a qualidade não é definida através do que a empresa põe no produto ou serviço, mas sim o que o cliente retira desta (Drucker, 2007).

De facto, ao longo do tempo, a definição de qualidade foi evoluindo e assumindo um papel cada vez mais abrangente, sendo que na atualidade um bom desempenho a nível da qualidade é sinónimo de redução de custos, aumento da satisfação do consumidor, e melhorias de processos.

1.3. Estrutura da Dissertação

A presente Dissertação encontra-se dividida em três grandes secções.

A primeira secção é de carácter teórico, na qual é feita uma revisão literária acerca da Gestão da Qualidade. Por sua vez, esta secção encontra-se dividida em várias subsecções que tratam diferentes temas da Gestão da Qualidade. Além disso, esta secção possui informação teórica relativamente à melhoria contínua, técnicas de verificação e limpeza de dados, e de que de forma é que estes conceitos se relacionam.

A segunda secção foca-se na apresentação do estudo de caso, sendo que este também se encontra dividido por subsecções. A primeira trata de enquadrar o leitor relativamente ao contexto do problema caracterizando a empresa, a situação inicial e os problemas desta. Numa segunda, são propostas e testadas soluções para resolver os problemas identificados anteriormente, recorrendo ao método iterativo PDCA. Numa terceira subsecção, efetua-se o desenvolvimento de *KPI's* e retiram-se conclusões relativamente ao estudo.

Por fim, a terceira secção contempla as conclusões gerais resultantes da aplicação do método PDCA, e são ainda sugeridas práticas a aplicar no futuro.

2. Revisão Literária

2.1. Qualidade

Antes de abordar de forma mais aprofundada o conceito de qualidade, é importante perceber que a sua definição é vaga, não havendo um consenso dentro da comunidade científica, visto haver uma vastidão de definições para este. Isto acontece porque a qualidade é subjetiva, o que significa que a mesma varia de pessoa para pessoa, dependendo dos aspetos que cada uma considera essenciais.

Desta forma, percebe-se a dificuldade no que toca à definição da qualidade uma vez que se torna complicado medi-la e quantificá-la (Costa, 2013).

De facto, por norma, esta é associada a um atributo ou propriedade de algo, no entanto, estes não garantem a existência de qualidade no produto ou serviço. Esta definição é contraintuitiva, mas vejamos o conceito de qualidade aplicado num exemplo prático:

Dois relógios, com características idênticas (mesmo material, mesmo mecanismo interno e ambos com a mesma função) são vendidos por marcas diferentes. A primeira é mundialmente conhecida e possui uma boa reputação, enquanto a segunda é emergente no mercado.

Aos olhos do consumidor final, o relógio comercializado pela marca mundialmente conhecida terá mais qualidade do que o outro relógio, não pelos atributos ou propriedades que diferem entre eles, mas sim por fatores intangíveis.

Assim, percebe-se que, normalmente, a qualidade é subjetiva e dificilmente mensurável, mesmo que se trate de um objeto com características quantificáveis. Por esta mesma razão, este conceito é muitas vezes definido através da satisfação do cliente, isto é, qualquer pessoa que afete ou seja afetado pelo produto ou processo (S. Faesarella et al., 2013).

Tendo em conta a definição de qualidade abordada anteriormente, é também importante perceber de que forma é definida a satisfação do cliente e em que fatores se baseia. Juran categoriza a qualidade em dois grupos: a presença de atributos e a ausência de defeitos (Juran & A. Blanton Godfrey, 1999).

Por um lado, a presença de atributos corresponde a características desejáveis que tornam o produto valioso para o consumidor. Neste sentido, para aumentar a qualidade segundo este aspeto, as empresas devem procurar satisfazer as necessidades dos consumidores, excedendo-as quando possível.

Por outro lado, a ausência de defeitos contribui para a perceção de qualidade de um produto, na medida em que não possui características ou atributos que afetem negativamente a satisfação do cliente. Para esta categoria, Juran parte do pressuposto que a qualidade é atingida somente quando não existem defeitos.

Neste sentido, para alcançar zero defeitos, as empresas implementam controlos e processos de

verificação de qualidade rigorosos, aplicando medidas corretivas quando necessário.

2.2. Evolução histórica do conceito de Qualidade

O conceito de Qualidade sofreu uma enorme evolução desde que surgiu, há centenas de anos, quando apareceram os primeiros processos de produção. Efetivamente, no início, a qualidade do produto ou serviço era unicamente medida através da sua inspeção, de modo a assegurar que as suas características estavam em conformidade com o design pretendido. Assim, a existência de qualidade era apenas garantida através da avaliação do produto final, antes de ser comercializado, e da toma de uma decisão relativamente à aceitação ou rejeição do mesmo (Juran, 1988).

No entanto, com o surgimento desta nova metodologia e aumento da produção das empresas, verificou-se a necessidade de criar postos de trabalho dedicados, unicamente, à inspeção do que era produzido. Esta nova abordagem à qualidade, veio evidenciar um dos problemas existentes, porque os próprios colaboradores, responsáveis por realizar a inspeção, demonstravam falta de treino e conhecimento para realizarem a sua tarefa devidamente (Arantes, 2022).

Assim, de modo a combater este problema, foi criado o departamento de inspeção com um responsável que trabalhava em conjunto com o responsável de produção.

Posto isto, chegou-se muito rapidamente ao consenso de que o departamento criado não só deveria inspecionar os produtos, mas também estabelecer normas, disponibilizar formações e ainda realizar medições para definir medidas preventivas, em detrimento de medidas reativas tais como a inspeção. Surgiu, então, o conceito de prevenção de ocorrência de defeitos, que procurava eliminar os mesmos antes mesmo que estes acontecessem, e o departamento passou a apelidar-se de Departamento da Gestão da Qualidade.

A década de 1920 foi igualmente importante dado que foi nela que ocorreram os desenvolvimentos da teoria estatística, na qual foram estudados métodos estatísticos e de que forma se relacionariam com o controlo e Gestão da Qualidade. Estes estudos permitiram que fossem formulados processos estatísticos de controlo, que, apesar da sua utilidade, apenas foram implementados, de forma geral, nas empresas na década de 1940 (Knowles, 2011).

Durante a década de 1940, o Japão abordou a questão da qualidade de forma séria, tendo consultado gurus da qualidade como Juran, Deming e Feigenbaum. Efetivamente, esta importância dada à qualidade resultou em mudanças significativas durante as décadas seguintes de 1950 e 1960 com alto impacto no país.

Estas mudanças afetaram, principalmente, a economia nacional tendo-se registado um aumento

significativo das exportações, fruto da qualidade superior dos produtos. Esta medida adotada pelo Japão marcou um momento fulcral para a Gestão da Qualidade, uma vez que evidenciou, perante o mundo, que a implementação da mesma conferia uma vantagem competitiva sobre os outros atores no mercado. Adicionalmente, foi definido o conceito de Gestão da Qualidade Total como um sistema eficaz para integrar os esforços de desenvolvimento e a manutenção e melhoria da qualidade dos diversos grupos numa organização, contribuindo para a produção e prestação de serviços com a maior eficiência possível, conferindo um alto nível de satisfação dos clientes (A. Defeo, 2019).

Assim sendo, em 1969 realizou-se, em Tóquio, a primeira conferência mundial de controlo da qualidade organizada pelo Japão, Estados Unidos e vários países europeus.

Por sua vez, o guru da qualidade, Kaoru Ishikawa, complementou esta definição reforçando a ideia de que, para que houvesse um Controlo da Qualidade Total, seria necessário o envolvimento de todos os membros da organização para assegurar a eficácia deste, uma vez que todos os processos afetam de alguma forma a qualidade (Kaoru Ishikawa, 2015).

Posto isto, nos anos finais da década de 1970 verificou-se uma aplicação generalizada deste conceito nas empresas japonesas.

Face a esta mudança rápida e suportada por resultados convincentes, durante os inícios da década de 1980, o mundo Ocidental começou igualmente a introduzir a Gestão da Qualidade Total nas suas empresas.

Para isso, foram criados institutos de Qualidade como o *International Organization for Standardization* (ISO) cuja função seria desenvolver e promover regras de qualidade, a serem implementadas nas empresas, como as normas ISO 9000 e ISO 9001, enfatizando a importância de um nível de qualidade elevado para conferir competitividade no seu setor de atuação (Bernardino, 2014).

Assim, o conceito de Gestão da Qualidade Total (TQM) foi evoluindo gradualmente de modo a assegurar que a sua implementação desencadeasse uma performance cada vez mais elevada, especialmente em termos de resultados para os clientes e para o negócio.

Atualmente, a Gestão da Qualidade Total apresenta-se como um processo contínuo e em constante evolução que visa identificar as necessidades do cliente para que numa segunda fase sejam desenvolvidos produtos e serviços que consigam atender às mesmas. De forma a garantir que os objetivos de qualidade são atingidos, existe um processo de monitorização de performance através do uso de uma grande variedade de ferramentas da qualidade.

Toda a evolução culminou numa nova visão do conceito de qualidade caracterizada pelo foco na satisfação das necessidades do cliente, aumento da qualidade a todos os níveis da organização,

diminuição da ocorrência de defeitos, e implementação de um sistema de gestão por processos com foco na melhoria contínua. Por sua vez, o aumento da qualidade através destes aspetos propicia um aumento da produtividade.

Em suma, constata-se que o conceito de Qualidade evoluiu drasticamente, desde o momento em que surgiu, em que a qualidade era unicamente assegurada através do processo de inspeção, até aos dias de hoje, onde a mesma engloba toda a organização.

Esta evolução gradual, representada na Figura 1, deve-se ao aumento da complexidade dos processos produtivo, ao reconhecimento do consumidor final como peça fundamental e ainda à necessidade das empresas se manterem competitivas face ao fenómeno de globalização verificado. De facto, a evolução entre a inspeção e a Gestão da Qualidade Total, TQM, fomentou um melhor desempenho nas organizações, o que conduziu ao alcance de um maior nível de excelência, indispensável no mundo moderno.

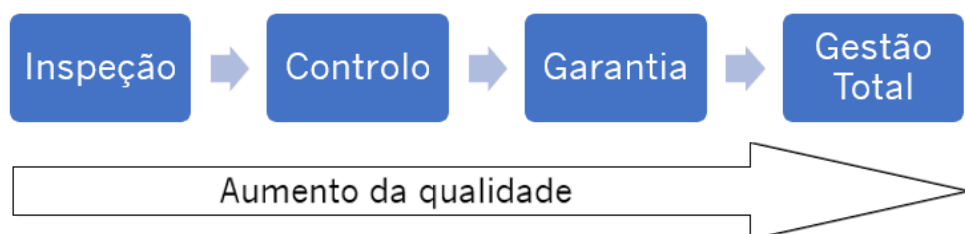


FIGURA 1- EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE QUALIDADE

2.3. Gestão da Qualidade Total

2.3.1. Conceito

A Gestão da Qualidade corresponde a todas as ações e medidas tomadas por uma organização, com a intenção de assegurar um nível de excelência no que toca à qualidade. Isto implica o planeamento, controlo, monitorização das atividades e a busca incessante pela melhoria contínua de diversos aspetos nas atividades, procurando exceder as expectativas do cliente. Assim, entende-se que a Gestão da Qualidade engloba a vertente de planeamento, garantia, controlo e melhoria da qualidade (Costa, 2019). Segundo Deming, a Gestão da Qualidade é da responsabilidade de todos os envolvidos numa organização, pelo que todos devem zelar pela aplicação constante da mesma. Nos dias de hoje, a Gestão da Qualidade é total, TQM, visando garantir que todos os processos, produtos e serviços são de alta qualidade, bem como assegurar que este nível de excelência é mantido. (Drew, 2022)

É neste contexto que é possível relacionar a Gestão da Qualidade com o conceito TQM porque este corresponde a uma abordagem mais abrangente e organizada para garantir a excelência.

2.3.2. Princípios do TQM

Segundo a norma ISO 9001 de 2015, a prática do TQM baseia-se em sete princípios fundamentais que promovem uma gestão eficiente e abrangente, potenciando um desempenho de alta qualidade (Antunes, 2022). Estes princípios resultam da influência de vários gurus da qualidade, nomeadamente Deming, Juran, Ishikawa e Feigenbaum, encontrando-se esquematizados na Figura 2.

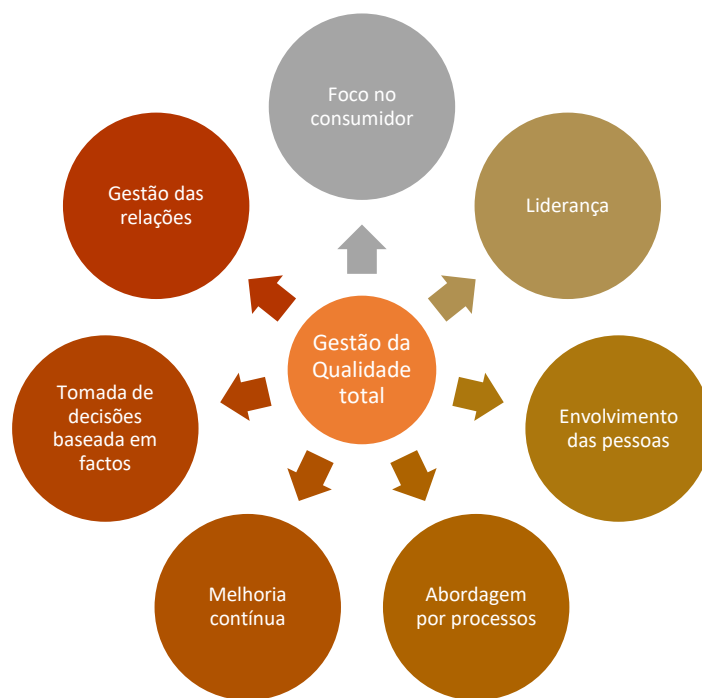


FIGURA 2– 7 PILARES DO TQM

Ao analisar a Figura 2, constata-se que os princípios do TQM possuem um encadeamento lógico entre eles, uma vez que se efetuam em momentos diferentes do processo de Gestão da Qualidade de uma organização (Misztal, 2010).

Assim sendo, numa primeira fase, o foco principal é o consumidor, pois é fundamental perceber quais são as suas necessidades e de que forma podem ser satisfeitas. De seguida, uma vez identificado o cliente, é necessário promover o bom desempenho dos funcionários da organização, feito através do princípio da liderança, ao ser atribuída importância ao trabalho de todos os funcionários.

Numa terceira fase, é necessário sistematizar todo o funcionamento da organização, diferenciando todas as atividades em processos distintos, de modo a possibilitar a sistematização da relação que estes têm entre si. Depois, procura-se tornar o sistema mais eficiente através de melhorias e da análise de dados coletados e, posteriormente, são postos em prática os princípios da melhoria contínua e a abordagem de tomada de decisões baseada em processos.

Por último, uma vez assegurados os passos anteriores, é possível direccionar o foco na relação com os fornecedores, promovendo boas relações e excelentes desempenhos a longo prazo.

Foco no consumidor

O foco no consumidor é fundamental quando se aborda o TQM, pois pretende-se garantir que este tenha o maior nível de satisfação possível, sendo, portanto, necessário atender às suas necessidades. Assim, existem vários princípios que permitem assegurar que este pilar do TQM é cumprido corretamente.

Estas boas práticas baseiam-se na identificação e recolha de informação acerca do consumidor, uma vez que estas permitem compreender as necessidades do mesmo, de modo a satisfazê-las e, consequentemente, promover uma relação de confiança e lealdade (Paulilo, 2017).

Além disso, é indispensável referir que o consumidor pode ser externo ou interno, uma vez que ambos os tipos são extremamente importantes para o bom funcionamento de uma organização, embora desempenhem funções distintas.

A diferença entre o consumidor interno e externo prende-se ao facto de que, um tem envolvimento direto na empresa pelo que o seu sucesso ou fracasso o afetam-no diretamente, enquanto que o consumidor externo tem interesse no sucesso ou fracasso da empresa, mas não se encontra envolvido nas atividades da organização. (Drew, 2022)

Concluindo, a aplicação deste princípio inerente ao pilar do TQM, permite assegurar que as necessidades e expectativas de ambos os consumidores internos e externos sejam fomentadas e que, consequentemente, estejam satisfeitos.

Liderança

Segundo Sam Walton, líderes exímios promovem o bem-estar e a autoconfiança dos seus subordinados porque estes, ao acreditarem em si, podem realizar feitos incríveis (Sam Walton, 2004). É neste contexto que a liderança assume um papel preponderante na Gestão da Qualidade, ao promover um sentimento de união no propósito que a organização pretende alcançar (Pockell & Avila, 2007).

Assim, as atividades de um líder na TQM incluem o planeamento das ações de cada subordinado, a comunicação interna e a monitorização, devendo também assegurar o desenvolvimento pessoal permanente destes.

Adicionalmente, o líder deve monitorizar ao invés de controlar e oprimir os seus subordinados, focar-se no processo e não no resultado, deve procurar aprender e evoluir constantemente para melhorar continuamente e deve ainda manter uma postura correta, honesta e coerente, fomentando uma relação

de confiança com os seus subordinados (Drew, 2022).

Resumindo, a liderança é um pilar do TQM fundamental, pois dá direção, importância, autonomia e motivação aos subordinados para que realizem as suas tarefas com qualidade.

Envolvimento das pessoas

O envolvimento das pessoas é fulcral para potenciar um melhor desempenho da sua parte. De facto, o foco em manter os funcionários motivados, satisfeitos e com um nível de reconhecimento satisfatório permite à empresa assegurar que estes tenham uma contribuição positiva e vantajosa para a mesma (Islam & Haque, 2012).

Por sua vez, este envolvimento é traduzido num maior empenho e maior capacidade no que toca à resolução de problemas, inovação e criatividade. É por isso que o envolvimento do empregado é muitas vezes associado a uma das condições básicas e primordiais para que a organização tenha um alto nível de qualidade. Neste contexto, existindo vários aspetos que contribuem para tal (Knowles, 2011).

O primeiro aspeto, e talvez o mais importante de todos, é o respeito pelo indivíduo, ou seja, reconhecer e respeitar as diferenças entre os funcionários, assim como valorizar o contributo de cada membro da organização para o desempenho da empresa.

O segundo aspeto baseia-se na premissa de que um trabalhador mais envolvido na organização terá um melhor desempenho. Um funcionário que seja regularmente informado acerca das decisões da gerência, notícias que o impactuem, mudanças na empresa a nível estrutural e/ou organizacional, através de canais de comunicação especialmente desenvolvidos para facilitar a comunicação entre os funcionários terá um sentimento de acompanhamento maior, logo sentir-se-á mais implicado e envolvido no desempenho da empresa.

É também importante reconhecer que este aspeto relativo ao envolvimento do trabalhador está diretamente relacionado com o princípio da liderança abordado anteriormente.

O terceiro aspeto prende-se à promoção do trabalho em equipa, uma vez que a criação de grupos de trabalho permite aumentar a eficiência dos seus membros.

Efetivamente, a cooperação permite que cada pessoa dê o seu contributo a nível técnico em prol da equipa permitindo assim, que as equipas consigam abordar e lidar com tarefas de carácter mais complexo. Além disso, o trabalho em equipa cria uma grande variedade de interações sociais, das quais resultam sinergias e bem-estar, salvaguardando, evidentemente, que este último ponto é relativo e dependente da aplicação de boas práticas entre pessoas.

Concluindo, percebe-se que o princípio do envolvimento dos membros de uma organização é

fundamental na implementação da TQM porque motiva, incentiva e dá asas aos membros, permitindo que sejam a melhor versão de si mesmos. É, no entanto, necessário ter um especial cuidado na aplicação das medidas mencionadas neste princípio, pois qualquer implementação feita incorretamente resulta num resultado oposto ao esperado.

Abordagem orientada para processos

Este princípio baseia-se no facto de que é mais fácil e eficiente lidar com todas as atividades dentro de uma organização sob a forma de processos.

Assim, da mesma forma que o átomo é a partícula indivisível de uma molécula, o processo é a partícula indivisível da gestão que permite transformar elementos de entrada em elementos de saída, através do procedimento.

Neste contexto, é fundamental definir todos os processos que envolvam atividades numa organização, sendo eles definidos através do esquema da Figura 3.



FIGURA 3– PROCEDIMENTO PARA MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Desta forma, ao tratar as atividades da organização por processos em detrimento da abordagem em que existem funções isoladas e independentes, é possível alcançar níveis de excelência superiores, através do mapeamento, otimização e análise do desempenho dos processos. Além disso, a abordagem por processos confere também uma maior capacidade à organização de tratar de forma eficiente problemas complexos (Knowles, 2011).

Melhoria Contínua

No artigo *Introduction and Implementation of TQM (Total quality Management)*, Khurram

Hashmi defende que o pilar da melhoria contínua é aplicado no TQM em todos os níveis da organização (Hashmi, 2010). Efetivamente, este princípio baseia-se na crença de que é possível evitar e prevenir a ocorrência de defeitos. Por consequência, parte-se do pressuposto que existe sempre algum aspecto com oportunidade de melhoria, porque uma organização nunca tem um desempenho perfeito, quer a nível de produção como de gestão.

Neste sentido, a melhoria contínua centra-se na identificação destes erros e falhas, impedindo que o processo se repita, modificando-o. Assim, existem três mecanismos de prevenção fundamentais.

O primeiro consiste na prevenção de defeitos através da implementação de processos e sistemas que eliminem a ocorrência de erros na totalidade. Ou seja, o objetivo passa pela criação de um ambiente que é imune à ocorrência de falhas, baseado na metodologia Japonesa *Poka Yoke*, tal como pode ser observado na Figura 4 (Mecalux, 2020).



FIGURA 4– APLICAÇÃO DO MÉTODO POKA YOKE

Esta metodologia elimina os defeitos na medida em que implementa processos que informam os operadores acerca da forma correta de realizar operações, assim como possui mecanismos que impedem que o processo seja terminado caso este não esteja conforme. Desta forma, este mecanismo permite eliminar o defeito na origem, mesmo antes que aconteça e, portanto, não acarreta consequências a jusante.

O segundo mecanismo aborda os casos nos quais não existe a possibilidade de prevenir os defeitos e,

neste caso, é necessário agir o mais rapidamente possível. Neste sentido, é realizada uma inspeção na fonte, ou seja, inspeciona-se o resultado do processo antes mesmo que este prossiga para o seguinte (Hashmi, 2010).

Para que isto seja possível, é necessário uma monitorização constante e processos de feedback de resposta rápida de modo a identificar o problema o mais rapidamente possível, evitando perdas de recursos.

Assim, conclui-se que o mecanismo de inspeção na fonte complementa a metodologia *Poka Yoke* ao fornecer um procedimento de segurança contra erros que são inevitáveis.

O terceiro mecanismo de melhoria contínua prende-se com a interrupção do processo quando se verifica que a ocorrência de defeitos acontece recorrentemente. A verdade é que, apesar de não ser o cenário ideal, este mecanismo parte do pressuposto que é melhor não produzir do que produzir defeitos, assegurando que não há uma má utilização de recursos e que apenas são produzidos produtos de alta qualidade (Hashmi, 2010).

Por fim, além destes mecanismos, existe ainda um princípio de priorização no que toca ao aprimoramento de processos. Este mecanismo baseia-se na medição do custo que a má qualidade acarreta, isto é, o custo associado a defeitos, reclamações de clientes, perda de reputação e oportunidades perdidas. Contudo, devido à intangibilidade de alguns fatores como a reputação, esta vertente é, por vezes, difícil de quantificar.

Apesar desta dificuldade na quantificação, esta atividade é indispensável, porque permite identificar áreas que estejam a impactar negativamente a empresa. Além disso, a quantificação dos custos permite justificar investimentos em melhorias e consciencializar os funcionários e a administração, advertindo-os de que forma cada problema está a contribuir para a ineficiência da empresa.

Resumidamente, estes três mecanismos do princípio de melhoria contínua permitem fomentar uma cultura organizacional focada na qualidade, aumentando o seu desempenho e vantagem competitiva. Por sua vez, a aplicação eficiente das práticas de melhoria contínua permite reduzir e prevenir os defeitos, conduzindo a um aumento da qualidade e, por conseguinte, a um desenvolvimento sustentável e competitivo.

Tomada de decisões baseada em factos

Para aplicar o TQM é necessária informação factual que suporte as decisões tomadas em detrimento de tomar decisões com base em opiniões e intuição.

Assim sendo, este princípio do TQM baseia-se na tomada de decisões eficazes que sejam suportadas por dados resultantes de análises, monitorizações e estudos (Kučerová & Škúrková Lestyánszka, 2013). Adicionalmente, é estritamente necessário efetuar análises compreensivas dos dados e validar os mesmos, sendo as decisões diretamente afetadas pela quantidade e qualidade dos dados recolhidos. Desta forma, este princípio requer que existam sistemas de recolha, registo, processamento e armazenamento de dados bem definidos.

Resumindo, este princípio requer que todas as tomadas de decisões sejam baseadas em dados significativos e de alta qualidade existindo, por consequência, uma necessidade de estipular métodos eficientes e eficazes para a obtenção e registo dos mesmos.

Gestão das relações

É um facto que a organização e os seus fornecedores estabelecem uma relação de simbiose, porque o bom desempenho de uma das partes potencia o bom desempenho da outra e vice-versa. É neste contexto que este princípio visa implementar, reforçar e garantir boas relações entre estes (InfraSpeak Team, 2023).

Para isto, existem vários aspetos que influenciam a relação entre estes e que devem ser tidos em conta:

- Confiança e transparência

Constituem a base para a criação de uma boa relação entre as duas partes, uma vez que asseguram a existência de um canal de comunicação mais direta e eficaz, e ainda uma maior cooperação para a resolução de problemas.

- Visão a longo prazo

Encoraja ambas as partes a terem uma perspetiva de estabilidade e melhoria contínua.

- Flexibilidade e adaptabilidade

Capacidade de resposta rápida e eficaz face a situações inesperadas, resultantes de um mercado que se encontra em constante evolução.

- Mitigação de riscos

Através da comunicação entre as duas entidades, muitos riscos são identificados e, posteriormente, mitigados;

- Redução de custos

A colaboração reduz de forma significativa os custos através da redução de perdas, aumento de

eficiências e melhoria de processos.

- Inovação

Uma relação positiva entre as duas partes potencia a inovação no sentido de resolução de problemas identificados mediante a confiança e a comunicação.

Concluindo, todos estes aspetos contribuem para a criação de uma boa relação entre as duas partes que, por sua vez, conferem uma vantagem competitiva significativa a ambas as partes.

2.3.3. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA desenvolvido por Deming é uma ferramenta de Gestão da Qualidade que tem como principal objetivo melhorar gradualmente processos. Este ciclo encontra-se esquematizado na Figura 5 e é constituído por quatro fases: planejar, desenvolver, verificar e agir, sendo que esta ferramenta corresponde a um método iterativo (Knowles, 2011).

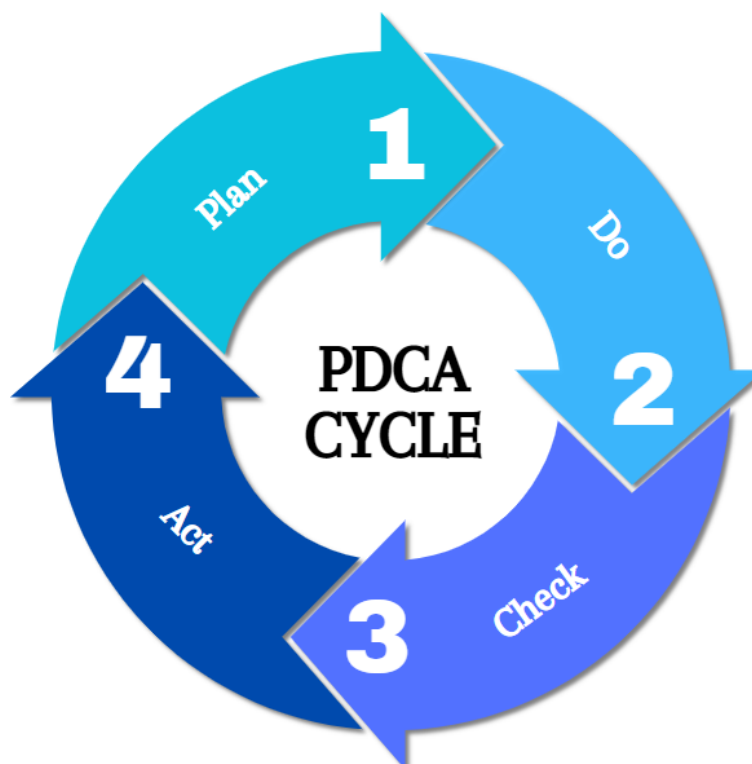


FIGURA 5– CICLO PDCA

Planejar

A fase de planeamento consiste em analisar o que existe atualmente, identificando os problemas existentes, efetuando-se ainda o estudo da priorização dos problemas a resolver tendo em conta os recursos disponíveis.

Uma vez realizada a análise inicial, é essencial desenvolver um planeamento daquilo que se pretende fazer, de que forma se pretende medir os resultados do desenvolvimento e os objetivos que se pretendem atingir (Camargo, 2017).

Esta fase da metodologia PDCA pode ser vista como um conjunto de etapas sucessivas evidenciadas na Figura 6.

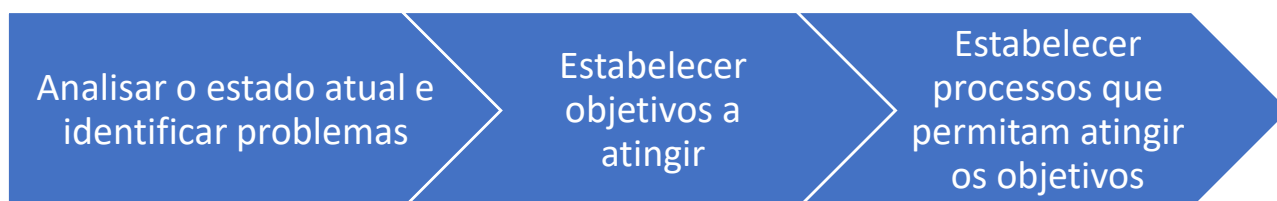


FIGURA 6 – PROCEDIMENTO PARA EXECUÇÃO DE CADA ITERAÇÃO DO CICLO PDCA

Desenvolver

A segunda etapa diz respeito ao desenvolvimento do plano estabelecido na fase anterior. O desenvolvimento da solução previamente planeada ocorre sob a forma de experimentação, pelo que deve ser aplicada numa escala pequena de forma a minimizar os impactos que pode acarretar para a organização. Isto acontece porque a abordagem do método PDCA é pragmática, procurando a melhoria da qualidade em detrimento de uma solução perfeita, uma vez que é um processo iterativo.

Verificar

A terceira etapa visa avaliar os resultados obtidos aquando do desenvolvimento. Neste sentido, os resultados são avaliados através de métricas definidas durante a fase do planeamento e são comparados com os objetivos definidos na primeira etapa, sendo possível, através da análise, identificar diferenças entre os valores obtidos e esperados.

Todo este processo culmina, na identificação de aspetos que não tiveram o comportamento desejado, de modo que, numa repetição posterior do ciclo PDCA, estes aspetos sejam abordados e tratados.

Agir

Por fim, a quarta e última fase do ciclo PDCA tem como objetivo selecionar as modificações do processo que têm maior impacto na melhoria dos resultados, e implementá-las. Por outro lado, as medidas propostas que tenham um impacto insignificante ou até mesmo negativo devem ser rejeitadas (Pedra, 2021).

Para implementar as medidas propostas, cujo efeito se revelou positivo, deve haver uma atualização da

documentação associada aos processos.

Adicionalmente, caso o objetivo estipulado inicialmente ainda não tiver sido atingido, é necessário realizar uma nova repetição do ciclo, repetindo este processo até que sejam atingidos os resultados pretendidos. Desta forma, o ciclo PDCA trata-se de um método extremamente flexível graças à ideologia centrada na melhoria contínua que possibilita a sua aplicação num grande número de situações. Além disso, como a ferramenta é experimental e aplicada numa escala reduzida, esta possibilita que sejam realizadas inúmeras iterações que se revelem ineficazes no futuro, sem, no entanto, comprometer o desempenho geral da empresa.

2.4. As sete ferramentas da qualidade

Existem sete ferramentas básicas de qualidade que podem ser utilizadas na resolução de problemas, controlo de qualidade e melhoria de processos. No entanto, da mesma forma que é essencial existirem boas ferramentas, também é indispensável que estas sejam utilizadas corretamente.

Kaoru Ishikawa, um guru proeminente na área da qualidade, é amplamente reconhecido como o indivíduo que propôs as 7 ferramentas básicas da qualidade, tendo-as identificado como capazes de identificar e eliminar a maioria dos problemas numa empresa. De facto, o guru afirma que, através da utilização das sete ferramentas fundamentais da qualidade, é expectável resolver cerca de noventa e cinco por cento dos problemas relativos à Gestão da Qualidade.

Neste contexto, Ishikawa publicou o livro *Gemba no QC Shuho* no qual propõe e explica estas ferramentas, sendo elas (Omachonu et al., 2004):

1. Folha de verificação
2. Diagrama de causa-efeito
3. Cartas de controlo
4. Histogramas
5. Fluxogramas
6. Análise de Pareto
7. Gráfico de dispersão

2.4.1. Histogramas

O Histograma é uma ferramenta que se apresenta na forma de um gráfico de barras, utilizado para representar a frequência de distribuição dos dados em questão. A análise das barras permite a identificação de certos padrões nos dados, possibilitando a escolha adequada de que testes estatísticos devem ser aplicados, ou ainda que melhorias devem ser implementadas (Neyestani, 2017). Neste

sentido, o histograma é particularmente relevante no início de projetos, pois fornece uma direção inicial para a análise e tomada de decisões.

Para que este seja utilizado corretamente, é importante considerar alguns aspectos que garantem a validade dos dados visualizados:

- $N > 50$: o número de registo de dados deve ser superior a 50 (Frost, 2019).
- Classes: o número de categorias presentes no histograma deve, tipicamente, estar compreendido entre 5 e 20.

Uma vez assegurados esses dois pontos, prossegue-se à análise do gráfico, representado na Figura 7, recolhendo informações sobre a frequência de ocorrência para cada classe. Numa fase posterior, os resultados são interpretados.

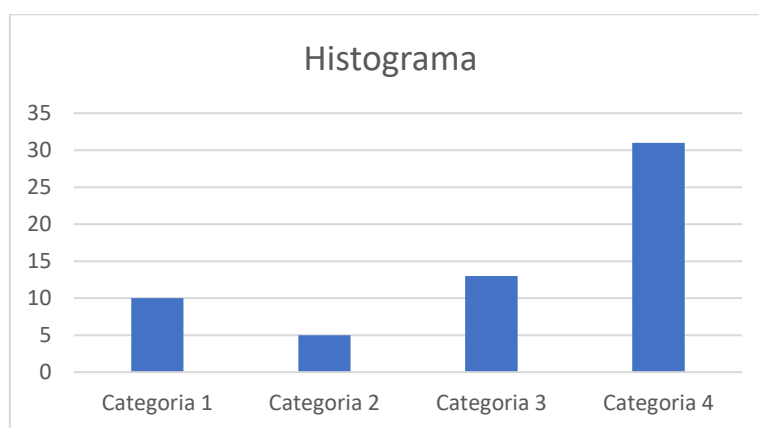


FIGURA 7 - HISTOGRAMA

2.4.2. Análise de Pareto

Desenvolvido por Vilfredo Pareto, este diagrama tem como objetivo resolver problemas, identificando quais os aspetos que requerem melhoria, uma vez que nem todos têm o mesmo grau de importância.

De acordo com V. Pareto, independentemente da série de elementos a ser controlada, um número reduzido de elementos é sempre responsável por uma grande parte das consequências. Seguindo esta linha de raciocínio, o diagrama de Pareto rege-se pelo princípio de que oitenta por cento dos efeitos resultantes são causados por vinte por cento das causas.

Por outras palavras, a análise de Pareto parte do pressuposto que a maioria dos problemas tem efeitos pouco significativos em termos no desempenho do sistema e, portanto, são irrelevantes. Em contrapartida, alguns problemas têm efeitos devastadores no desempenho do sistema e devem, por esse motivo, ser tratados com urgência (Santos et al., 2020).

Neste contexto, o Diagrama de Pareto é utilizado quando se pretende identificar causas de um problema,

sem descartar o facto de que podem ter níveis diferentes de influência nos efeitos. Além de identificar as causas com maior impacto, esta ferramenta também proporciona uma compreensão extensiva relativamente à frequência de ocorrência.

De acordo com a descrição de David Pedra, existe um procedimento a ser seguido para assegurar que as condições necessárias para a realização da análise do diagrama de Pareto estão presentes (Pedra, 2022):

1. Definição do objetivo: definir claramente o que se pretende alcançar através desta análise.
2. Recolha de dados: reunir o maior número possível de dados que se adaptem ao contexto.
3. Categorizar as causas: classificar as causas de acordo com o tipo de problema ao qual estão associadas.
4. Criar uma tabela: elaborar uma tabela com todas as informações necessárias, incluindo as causas de falha, o número de ocorrências, a percentagem de ocorrência e ainda a percentagem acumulada.

Por sua vez, a análise propriamente dita começa com a disposição dos dados em ordem decrescente de ocorrência, seguida pela criação do diagrama de Pareto, no qual é identificado o grupo de causas responsável pela maioria das falhas, tal como está evidenciado na Figura 8.

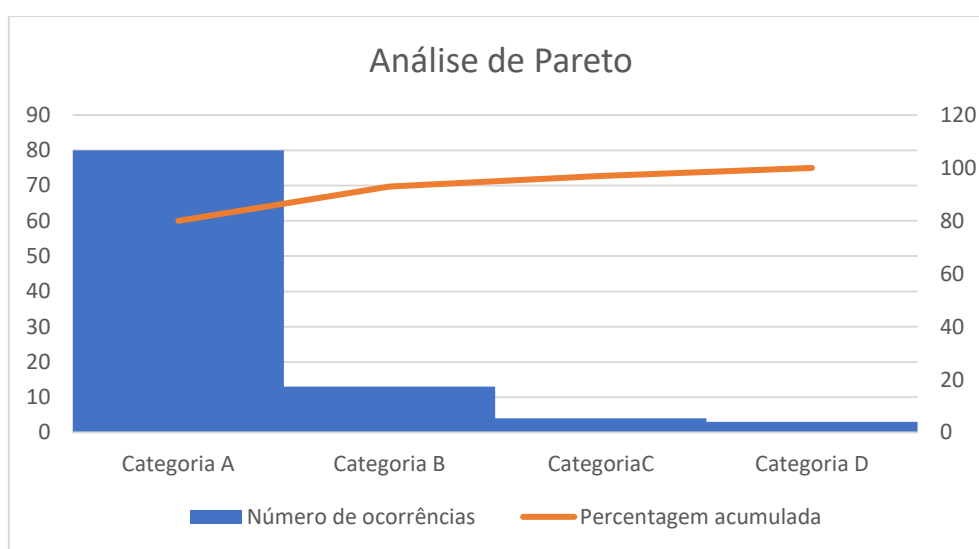


FIGURA 8- ANÁLISE DE PARETO

Desta forma, esta análise pragmática permite reduzir o tempo e recursos utilizados no estudo de potenciais causas de um problema. Além disso, salienta-se a sua adaptabilidade, uma vez que esta ferramenta pode ser utilizada numa ampla variedade de circunstâncias e setores de atuação.

2.4.3. Gráfico de dispersão

Este gráfico permite estudar a relação existente entre duas variáveis de carácter obrigatoriamente contínuo. Visualmente, apresenta um eixo horizontal e um vertical, correspondentes à variável independente e à dependente, respetivamente.

Existem diversas vantagens associadas a este gráfico, como o facto de não se limitar a apenas duas variáveis, pelo que podem ser estudadas várias variáveis contínuas, desde que faça sentido no contexto em questão. Além disso, o seu carácter visual proporciona uma interpretação fácil e intuitiva, fazendo deste um meio eficaz de comunicação de informação (Gurus, 2021).

Por norma, este gráfico é utilizado para confirmar relações de causa-efeito ao estudar correlações entre variáveis. Contudo, é importante relembrar que a existência de uma correlação não implica necessariamente uma relação de causalidade.

Assim sendo, para elaborar corretamente este gráfico é necessário seguir o seguinte procedimento:

1. Recolha de observações.
2. Escolher a variável do eixo horizontal e vertical, colocando a variável causal no eixo horizontal.
3. Analisar o padrão apresentado no gráfico e retirar as respetivas conclusões.

Concluindo, o diagrama de dispersão é uma ferramenta visual que facilita o estudo da relação entre duas variáveis e é essencial no teste de hipóteses. A Figura 9 apresenta esquematizada um gráfico de dispersão.

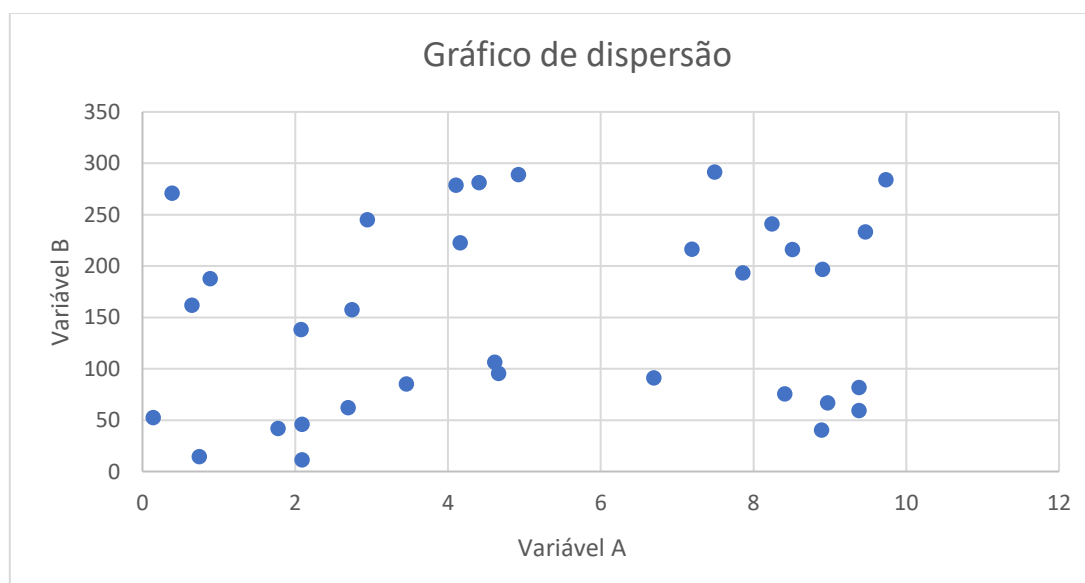


FIGURA 9 – GRÁFICO DE DISPERSÃO

2.5. Diagrama de inter-relações

O diagrama de inter-relações é uma ferramenta de gestão da qualidade tendo como função a identificação de problemas e ajudar na tomada de decisões. Esta ferramenta está concebida para ajudar as empresas a compreender e resolver problemas complexos, uma vez que permite analisar as relações e influências entre os fatores identificados (Hessing, 2014). Logicamente, esta ferramenta requer que se siga um procedimento para assegurar que o diagrama é construído corretamente.

Em primeiro lugar é necessário identificar os fatores chave que afetam de uma forma ou de outra o problema que se pretende analisar. De seguida, passa-se à categorização dos fatores, ou seja, deve-se adotar uma disposição dos fatores de acordo com as relações que estabelecem com os outros. Por outras palavras, fatores que estabeleçam relação devem estar próximos aquando da construção do diagrama de inter-relações, tal como se verifica na Figura 10.



FIGURA 10 – DISPOSIÇÃO DOS FATORES APÓS CATEGORIZAÇÃO (HESSING, 2014).

De seguida, devem-se esquematizar as relações no diagrama através de setas, sendo que estas partem sempre do fator causa para o fator efeito. Este processo é feito até que todas as relações existentes sejam documentadas no diagrama, à semelhança do diagrama de inter-relações presente na Figura 11.

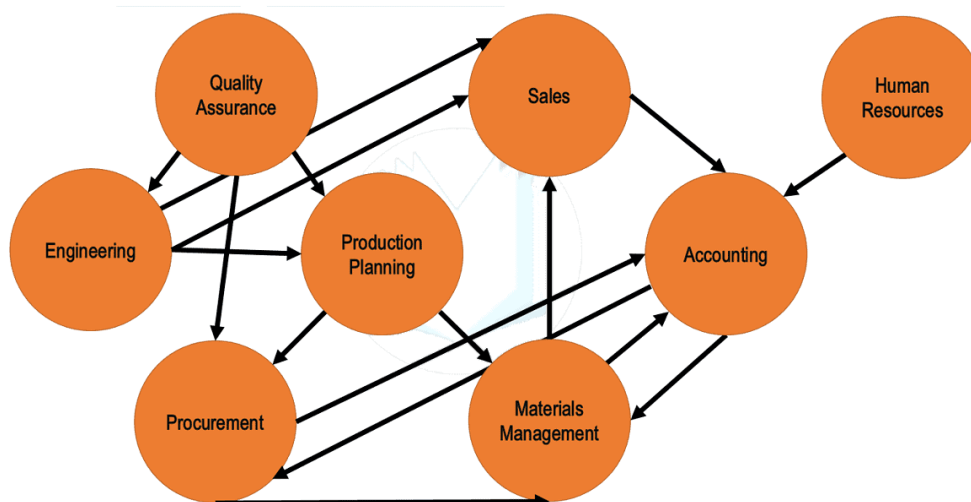


FIGURA 11 – ESQUEMATIZAÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE OS FATORES (HESSING, 2014).

Por fim, o número de setas associadas a cada fator deve ser contabilizado de modo a identificar quais os fatores que maior impacto têm no problema.

2.6. Dados

Os dados estão intrinsecamente relacionados com a Gestão da Qualidade Total, uma vez que estes desempenham uma função crucial na tomada de decisões suportada por factos.

Neste sentido, os dados contribuem para várias atividades como a melhoria contínua de processos, análise de causas raiz, gestão de risco e ainda, monitorização e verificação de estados de processos.

2.6.1. Tratamento de valores discrepantes

O tratamento de valores discrepantes constitui uma das atividades fundamentais, uma vez que este processo é responsável pela eliminação de dados duplicados e registos com informação em falta. Além disso, permitem eliminar valores discrepantes, ou seja, valores excecionais que não representam a distribuição dos dados e que, portanto, caso não sejam eliminados contribuem para o enviesamento dos dados e consequentemente do estudo (Hillier, 2021).

Existem várias técnicas utilizadas no tratamento de dados, sendo algumas destas:

1. Intervalo interquartil
2. *Z-score*
3. Identificação visual através de gráficos de dispersão
4. Análise dos dados com base no contexto

Intervalo interquartil

Esta técnica mede a dispersão da distribuição de dados, sendo por isso, capaz de detetar valores discrepantes através do cálculo dos intervalos interquartis (Taylor, 2018). Para isto, é necessário realizar um conjunto de etapas:

A primeira etapa passa pela obtenção dos valores do primeiro e terceiro quartil, ou seja, o valor correspondente a 25 e 75 por cento da distribuição. De seguida, é calculado a diferença entre estes, obtendo-se assim o intervalo interquartil, IQR.

Depois, passa-se pela definição dos limites superior (1) e inferior (2):

$$\text{Limite superior} = Q_3 + \text{fator multiplicativo} \times IQR \quad (1)$$

$$\text{Limite inferior} = Q_1 - \text{fator multiplicativo} \times IQR \quad (2)$$

É importante salientar que o factor multiplicador pode variar conforme o contexto do problema e a sensibilidade desejada à deteção de valores discrepantes, mas é comum ser utilizado o valor de 1,5 para este (Chaudhary, 2020).

Por último, eliminam-se todos os dados cujos valores se encontram fora dos limites calculados, terminando assim o processo de tratamento destes.

Z-score

Esta técnica assume que a distribuição dos dados é normal, sendo que analisa os dados de acordo com o desvio que têm em relação à média da distribuição, sendo constituído por várias fases (McLeod, 2019): Em primeiro lugar, calcula-se a média (3) e o desvio padrão da distribuição (4).

$$\mu = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \quad (4)$$

Em que:

n , representa o número de observações.

μ , representa a média.

σ , corresponde ao desvio padrão.

De seguida calcula-se o *Z-score* (5) para todos os dados, individualmente, e interpreta-se o resultado obtido.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (5)$$

O valor do Z-score corresponde ao número de desvios padrões entre o valor do dado em estudo e a média da distribuição. A Figura 12 apresenta a aplicação do teste Z-score numa distribuição normal.

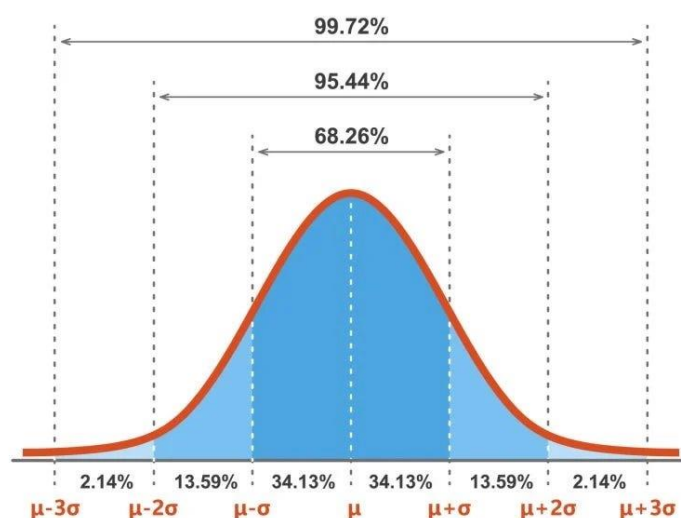


FIGURA 12 – TESTE Z-SCORE NUMA DISTRIBUIÇÃO NORMAL (IVANCRISTIANV, 2023)

Análise dos dados com base no contexto

Esta técnica assenta-se no facto de que um especialista que domine o contexto no qual o dado foi obtido é capaz de identificar valores discrepantes devido a saber da existência de anomalias conhecidas e repetitivas, assim como saber identificar dados que não são possíveis no contexto da distribuição em questão.

2.6.2. Métodos de previsão de valores

Uma das aplicações mais frequentes associadas aos dados é o uso destes para prever dados futuros. De facto, a utilização de métodos estatísticos conferem reatividade à empresa perante certos cenários, e, portanto, permitem que a empresa tome as devidas medidas face à informação recolhida.

De um modo geral, existem diversas técnicas e abordagens para prever dados futuros com base nos atuais, sendo que estas técnicas podem variar significativamente em termos de complexidade. Entre

estas técnicas existem:

- Análises de tendência
- Modelos de regressão
- Previsão de séries temporais
- Modelos de *machine learning*

Método dos mínimos quadrados

O método dos mínimos quadrados (MMQ) corresponde a uma técnica de regressão e tem como objetivo encontrar um modelo linear ou não linear para um dado conjunto de observações. Para isto, este método procura minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor observado e o valor resultante do modelo (Abdi, 2007). A título de exemplo, o método será explicado para uma equação linear.

O primeiro passo passa por formular o modelo matemático que irá representar a relação entre a variável independente e dependente, sendo que a equação linear assume esta forma:

$$\check{Y} = ax + b \quad (6)$$

Em que:

$\check{Y}$, corresponde à variável dependente

x , corresponde à variável independente

a e b , correspondem a coeficientes da equação

De seguida, formula-se a expressão que visa minimizar a soma dos mínimos quadrados:

$$\varepsilon = \sum_i^n (Y_i - \check{Y}_i)^2 \quad (7)$$

Em que:

$\check{Y}_i$, é o valor modelado da observação i

Y_i , é o valor da observação i

n , é o número de observações

Por fim, estimam-se os coeficientes da equação (1) de modo a minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre os valores observados e modelados:

$$a = M_y - bM_x \quad (8)$$

$$b = \frac{\sum (Y_i - M_y)(X_i - M_x)}{\sum (X_i - M_x)^2} \quad (9)$$

Em que:

a e b , correspondem a coeficientes da equação

Y_i , é o valor da observação i

M_y e M_x são a média dos valores observados para a variável independente e dependente, respetivamente.

Por fim, depois de terminados os coeficientes dá-se como terminada a aplicação do MMQ, no entanto, é possível aplicar medidas estatísticas para quantificar o desempenho do modelo obtido face aos dados observados.

2.6.3. Qualidade da previsão de valores

Da mesma forma que é necessário assegurar a qualidade dos dados, através do processo de identificação e eliminação de anomalias, também é necessário verificar a qualidade das previsões através de métricas de verificação que traduzam a assertividade do modelo de previsão (Meteo France et al., 2017). Assim, existem várias técnicas que desempenham esta função indispensável.

Erro quadrático médio

O erro quadrático médio, MSE, é uma métrica que avalia a qualidade de um modelo de regressão, medindo a diferença entre os valores previstos e os valores reais (Frost, 2021).

Esta técnica tem como vantagem, a apresentação do resultado na mesma unidade que os dados em análise, sendo que, quanto menor o MSE melhor é o modelo de previsão.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (7)$$

Em que:

N , corresponde ao número de observações

y_i corresponde ao valor da observação i

$\hat{y}_i$ corresponde ao valor previsto da observação i

Raiz quadrada do erro médio

O método de verificação da raiz quadrado do erro média, RMSE, é similar ao MSE, diferindo unicamente na fórmula, sendo que esta variação na fórmula tem como consequência a redução da sensibilidade do coeficiente face a valores discrepantes (Frost, 2021). Assim, o RMSE (8) calcula-se da seguinte forma:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (8)$$

Em que:

N é o número de observações

y_i corresponde ao valor da observação i

$\hat{y}_i$ corresponde ao valor previsto da observação i

Erro percentual absoluto médio

O erro percentual absoluto médio, MAPE, é uma medida de erro relativo caracterizado por não diferenciar erros positivos e negativos, impossibilitando que estes se anulem uns aos outros (Vandeput, 2021). Assim, o MAPE (9) permite uma melhor percepção do desempenho do modelo de previsão face aos dados reais.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \frac{|y_i - p_i|}{|y_i|} \quad (9)$$

Adicionalmente, é importante destacar que esta técnica tem certas limitações como o facto de valores previstos que não coincidam com o valor real, e que tenham uma diferença significativa entre eles terão uma percentagem de erro elevada e, portanto, irão afetar grandemente a média (Vandeput, 2021).

Coefficiente de determinação

Esta técnica de verificação, também conhecida por R^2 , é uma métrica que permite identificar de que modo o modelo de previsão se relaciona com os valores observados de uma variável aleatória em estudo (Minitab, 2019). Assim, para obter o coeficiente de determinação é necessário calcular a soma dos quadrados das diferenças entre os valores reais e a média (10), a soma dos quadrados das diferenças entre os valores previstos e a média (11) e, ainda, o coeficiente de determinação (12):

$$SQ_{total} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (10)$$

$$SQ_{previsto} = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 \quad (11)$$

$$R^2 = \frac{SQ_{previsto}}{SQ_{total}} \quad (12)$$

Em que:

$\bar{y}$ corresponde à média das observações

$\hat{y}$ corresponde ao valor previsto

n corresponde ao número de observações

Além disso, em termos de valor, o coeficiente de determinação varia entre 1 e 0, correspondendo a um modelo com forte capacidade de previsão e fraca capacidade de previsão, respetivamente.

3. Caracterização da organização

O serviço prestado pela empresa de consultoria passou pela realização de um projeto para uma organização que atua no setor automóvel, cujo nome não será divulgado por razões de confidencialidade. A empresa conta com mais de um século de história e registou uma evolução e crescimento gradual, encontrando-se, atualmente, presente em todos os continentes.

Na última década, a mesma veio a sofrer uma reorganização significativa relativamente à forma como se geria, pelo que foram reestruturados os departamentos e as atividades em cada um destes.

Além disso, a pandemia causada pela Covid-19 resultou numa paragem praticamente completa das suas atividades devido ao confinamento em países nos quais operava, levando à necessidade de se adaptar muito rapidamente a estas condições adversas.

Neste contexto, a organização decidiu reduzir os custos optando pela subcontratação de outras empresas para realizar algumas atividades necessárias à sobrevivência da organização a longo prazo.

Fruto da complexidade inerente ao setor automóvel, esta atua em várias áreas, sendo as mais proeminentes:

- Construção de automóveis: linhas de produção que produzem todo o tipo de veículos através de vários processos, desde a pintura até à montagem;
- Inovação: desenvolvimento e introdução de novas tecnologias, processos e designs que conduzam a melhorias significativas;
- Logística e gestão da cadeia de abastecimento: responsável por assegurar a existência das peças necessárias para a produção de novos veículos, sem, no entanto, descartar o objetivo de minimizar os custos.
- Serviços pós-venda: venda de peças de substituição, revisões e reparações asseguradas por garantias.
- Design: design de produtos que combinem o aspeto visual e funcional, considerando aspetos como a estética, aerodinâmica, ergonomia e ainda segurança.
- Testagem e controlo: simulações de cenários reais, conduzidas sistematicamente de forma a assegurar que as peças ou veículos estão em conformidade com o estipulado.
- Regulações: para poder comercializar os seus produtos, a organização deve assegurar que cumpre as regulações relativamente às emissões de gases, segurança, entre outros.

Todas estas áreas estão interligadas, pelo que o avanço numa delas afeta as restantes, potenciando avanços nas demais.

A empresa tem como objetivo disseminar, por todo o mundo, produtos de alta qualidade no que toca a automóveis. De facto, a visão da empresa passa pela comercialização de produtos repletos de inovações tecnológicas, uma vez que esta acredita que a fomentação deste aspeto resulta num maior sucesso.

Além disso, foca-se numa visão a longo prazo, alinhando as características dos produtos que comercializa com a dos países nos quais atua, pois acredita que, ao assegurar esta vertente, sejam evitadas situações inesperadas e desfavoráveis.

Relativamente aos valores, rege-se pela excelência, qualidade, inovação e consistência, pois estes aspetos geram uma relação de confiança e de longa duração com os consumidores.

4. Enquadramento

A reformulação que ocorreu na empresa na última década, fruto do seu rápido crescimento e expansão no mercado global, acarretou vários desafios a nível organizacional, uma vez que a escala das operações era gigantesca, havendo vários aspetos a serem ajustados.

Apesar da dimensão da empresa e da prosperidade histórica, esta estava consciencializada de que teria de melhorar alguns destes aspetos, rapidamente, para evitar graves repercussões. Foi neste contexto, face aos recursos limitados que possuía para alocar à resolução de problemas, que decidiu agir perante os assuntos mais urgentes.

Neste sentido, estipulou-se que seriam tomadas ações corretivas relativamente a um problema associado à gestão de processos. O mesmo prendia-se ao facto de que a empresa possuía projetos com duração mínima de 2 anos, sendo que a duração era maioritariamente influenciada pelo número de problemas encontrados nos produtos comercializados.

Efetivamente, quanto maior o número de incidentes, maior era a duração do projeto, o que significa que estes afetavam diretamente as datas de entrega dos projetos. Neste sentido, a organização utilizava um processo de previsão das datas de entrega, baseado na previsão do número de problemas a longo prazo através do número de problemas a curto prazo.

Estes projetos estavam associados à produção e comercialização de novos produtos, desde carros até novas peças, pelo que os problemas correspondiam a maus funcionamentos e defeitos nos produtos comercializados.

Isto constituía um dilema de extrema importância, porque uma correta previsão dos prazos de entrega dos projetos permitia determinar os custos associados a estes. Assim, uma previsão incorreta tinha como consequência uma má alocação de recursos quer a nível monetário como humano.

Devido à reorganização da empresa, existiam dois ficheiros nos quais eram registados o número de incidentes, no entanto a forma como eram contabilizados diferia substancialmente.

Dada a urgência do problema, a empresa decidiu que os focos das ações corretivas passariam por três pontos:

- **Homogeneização**

Fruto da metodologia divergente de registo do número de problemas nos dois ficheiros, decidiu-se que a primeira ação corretiva passaria pela uniformização dos dois ficheiros passando a ter um só ficheiro com toda a informação compilada.

- **Sistema de previsões**

A segunda ação corretiva passaria pela melhoria do sistema de previsões utilizado para prever as datas de entrega. No entanto, a empresa decidiu que esta melhoria não envolveria o desenvolvimento de um novo modelo de previsão, visto que isso requeria um conjunto de recursos demasiado importante quer em termos de monetários como de tempo despendido no desenvolvimento de um novo modelo.

- **Controlo e monitorização**

A terceira ação corretiva prender-se-ia à criação de indicadores chave de desempenho para controlar e monitorizar o progresso dos projetos desde o seu início até à data de entrega.

Consciente de que a melhoria das projeções seria um processo que iria necessitar de ajustes ao longo do desenvolvimento de uma melhor solução, a empresa decidiu utilizar o ciclo PDCA como ferramenta de melhoria da qualidade, fomentando assim as necessidades de utilização de um método reativo e flexível.

Esta decisão foi suportada pelo facto de que erros nas previsões se traduziam em erros nos tempos de entrega e, conseqüentemente, alocações monetárias erradas na ordem dos 10 milhões de euros. Por isso, era necessário estancar este derrame o mais rapidamente possível.

Resumindo, a empresa pretendia fazer uma fusão da informação presente nos dois ficheiros, convertendo e homogeneizando a informação durante este processo. Além disso, esperava que a aplicação da ferramenta de qualidade ciclo PDCA permitisse melhorar o método de previsão, estipulando novos critérios de verificação.

No que toca aos objetivos definidos para considerar o projeto como bem-sucedido, a empresa estipulou que os sistemas de previsão teriam de prever corretamente no mínimo 75 por cento dos casos, visto que cada caso teria o seu respetivo modelo de decisão.

Por fim, após melhorado o processo de previsão a organização pretendia que fossem criados indicadores de desempenho que permitissem ao gestor do projeto ver de que forma este estava a progredir.

4.1. Dados

Os conceitos de previsão e dados estão intimamente relacionados, uma vez que a previsão requer dados do presente para estimar os dados futuros. Efetivamente, a qualidade dos dados influencia diretamente a da previsão e, portanto, é essencial assegurar a qualidade destes.

No contexto do problema em questão, os dois ficheiros apresentavam as características evidenciadas na Tabela 1.

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DOS DOIS FICHEIROS

Características	Ficheiro 1	Ficheiro 2
Unidade de contabilização	Número de problemas por cada 1000 produtos comercializados	Número total de problemas
Natureza dos dados	Problemas acumulados para produtos comercializados há 3, 12 e 24 meses.	
Período de tempo	Os dados eram relativos ao período entre agosto de 2017 e março de 2023, ou seja, 68 meses.	
Categorias de informação	Região, função do produto, peça, tipo de transmissão do veículo, tipo de veículo	

É ainda importante referir que a empresa informou que os números de problemas e os períodos estavam correlacionados, sendo que, por cada 30 problemas acumulados por 1000 veículos para o período de 24 meses havia em média 1,54 dias adicionais na data de entrega.

Além disso, os dados eram armazenados numa base de dados virtual à qual tinha acesso um grande número de funcionários.

4.2. Método de previsão utilizado previamente

A empresa utilizava um método de previsão arcaico realizado através de rácios. Ou seja, para cada ficheiro eram calculadas. As proporções entre o número de problemas para cada mês, com o objetivo de determinar equações que permitissem prever valores futuros. A Figura 13 apresenta o esquema do processo utilizado esquematizado, desde a obtenção de dados até à previsão.

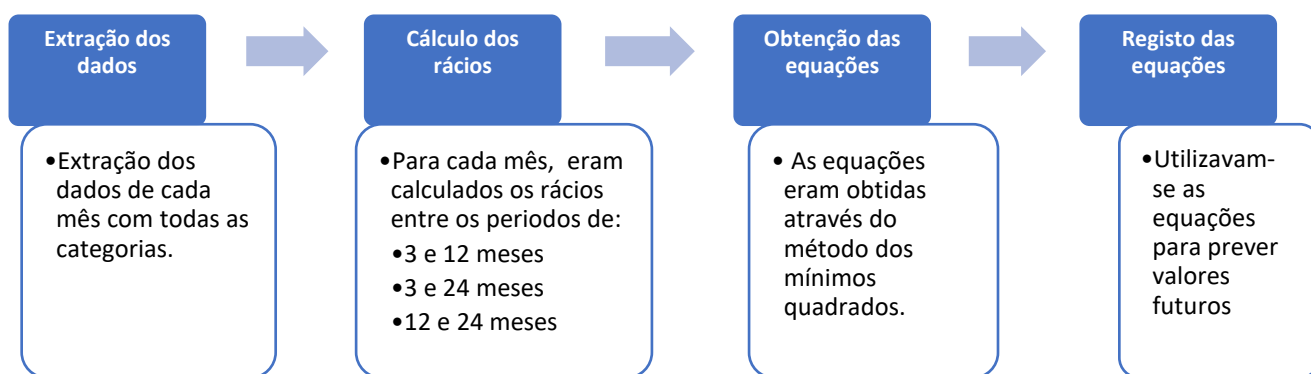


FIGURA 13 – PROCEDIMENTO UTILIZADO PELA EMPRESA PARA PREVER NÚMERO DE PROBLEMAS

No total, a empresa tinha repetido este processo 289 vezes, porque, embora existissem inúmeras combinações entre as categorias, esta tinha decidido que a escassez dos recursos e urgência da questão implicava que o processo descrito na Figura 13 fosse feito unicamente para os casos mais relevantes. Estes casos encontram-se discriminados por tipo na Tabela 2.

TABELA 2 – CONTABILIZAÇÃO DO NÚMERO DE CASOS POR TIPO

Tipo de caso	Número de casos
Região	8
Função do produto	4
Peça	49
Região e função do produto	32
Região e peça	196
Total	289

Dos 289 casos, a empresa estimou que apenas 25 por cento tinham um resultado satisfatório, sendo o critério de decisão para avaliar o desempenho do método de previsão a comparação visual entre a curva da equação e a distribuição de pontos real para um dado caso.

Por outras palavras, a empresa considerava que uma equação era satisfatória quando tinha um aspeto semelhante ao conjunto de pontos. Contudo, a mesma estava consciente de que a utilização de um método de verificação puramente visual continha falácias e, portanto, afetava negativamente o processo de previsão.

4.3. Homogeneização

De acordo com o pretendido pela empresa, decidiu-se que a forma como os dois ficheiros eram contabilizados seria homogeneizada, passando a contabilizar o número de incidentes acumulados por cada 1000 produtos comercializados. Isto deveu-se ao facto de que este método de contabilização iria permitir homogeneizar os próprios dados entre as categorias.

Adicionalmente, iria evitar situações de grande disparidade entre os dados em análise, ou seja, a contabilização em números absolutos potenciaria registos de valores com diferentes ordens de grandeza. Tal iria ser verificado, porque o número de incidentes para toda uma região seria forçosamente maior do que os de uma peça.

Assim sendo, com esta homogeneização facilitaria a análise de todos os casos, independentemente do número absoluto de problemas verificados.

4.4. Aplicação do método PDCA

4.4.1. 1ª iteração do ciclo PDCA

Planear

Face à situação inicial, a primeira etapa passou pela criação de um diagrama de Inter-relações. Para isto, a primeira ação passou pela identificação dos fatores que afetavam o problema associado ao mau desempenho dos modelos de previsão, tendo sido solicitada ajuda a vários membros do departamento de Gestão da Qualidade. Os fatores identificados foram os seguintes:

A. Método

- **Falta de simulação:** sempre que era realizado o processo de obtenção do modelo de previsão, o funcionário armazenava diretamente os seus coeficientes na base de dados, sem realizar qualquer teste de verificação relativamente à equação obtida.
- **Dados sem tratamento:** verificou-se que a base de dados continha vários valores discrepantes. Isto aconteceu, pois não tinha sido realizado qualquer tipo de processo de tratamento de dados, pelo que estes foram tidos em conta na obtenção dos modelos de previsão. Esta situação pode ser observada na Figura 14.

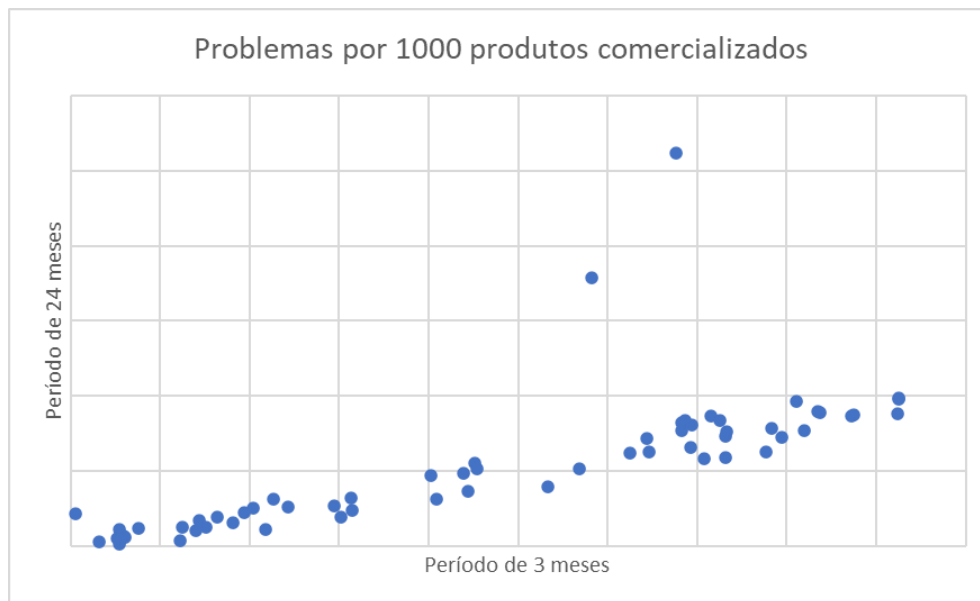


FIGURA 14 - DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS SEM TRATAMENTO DE DADOS

- **Desenvolvimento contínuo:** o projeto foi conduzido de início ao fim sem qualquer momento de revisão ao longo deste processo, logo era caracterizado por ter pouca flexibilidade e adaptabilidade face aos problemas encontrados.
- **Modelo polinomial de grau 1:** apesar de em alguns casos o modelo polinomial de grau 1 se adaptar satisfatoriamente aos dados, assumir que isto seria verdade para todos os casos seria equivocado devido à diversidade dos dados em estudo. A Figura 15 e Figura 16 esquematizam esta situação.

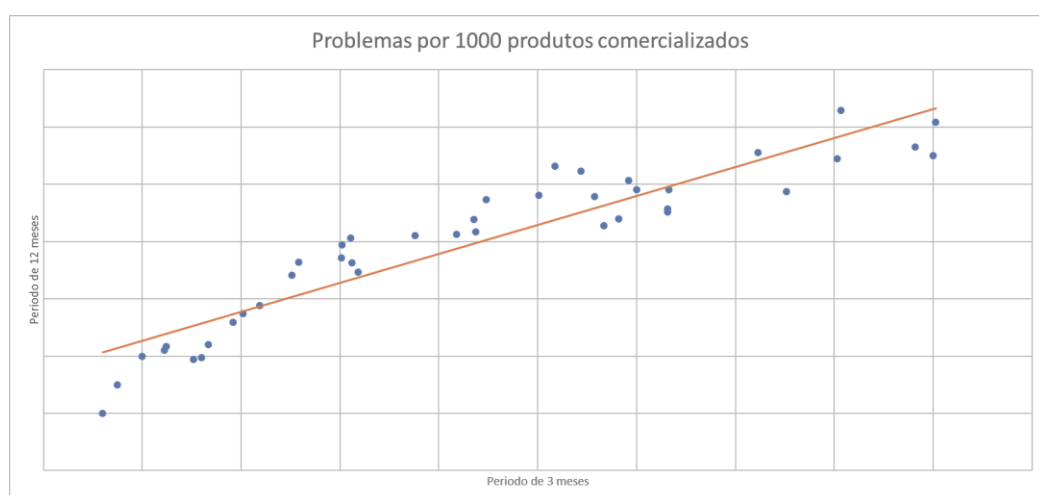


FIGURA 15 - CASO EM QUE UMA EQUAÇÃO POLINOMIAL DE GRAU 1 NÃO SE ADAPTA



FIGURA 16 - CASO EM QUE UMA EQUAÇÃO POLINOMIAL DE GRAU 2 SE ADAPTA

B. Mão de obra

- **Avaliação errada:** este ponto refere-se à avaliação da curva com a distribuição dos dados, na medida em que o critério utilizado era unicamente visual e, portanto, potenciava o erro humano através de avaliações visuais e pouco rigorosas.
- **Falta de formação:** durante o planeamento do projeto, verificou-se falta de conhecimento relativamente à obtenção e verificação dos resultados, assim como em relação aos procedimentos a ter num processo de obtenção de um modelo de previsão.
- **Falta de espírito crítico:** este ponto deve-se ao facto de que as distribuições dos dados tinham um carácter muito diferente entre si, no entanto este aspeto não era tido em conta.
- **Eliminação de dados:** durante a extração, em certos casos verificou-se que determinados dados tinham sido eliminados erradamente, existindo, assim, incoerências na base de dados utilizada para o estudo.

C. Medição

- **Má qualidade dos dados:** a má qualidade dos dados implicava que todo o processo de obtenção dos modelos de previsão, estivessem enviesados, uma vez que a qualidade do modelo não podia ser boa caso estivesse a utilizar dados de fraca qualidade.
- **Poucos dados:** esta causa deve-se ao facto de que, para certos casos que se pretendiam estudar, existiam poucos dados para a obtenção de equações dotadas de uma previsão significativa e relevante.

- **Enviesamento pelos rácios:** sendo os rácios correspondentes ao quociente entre os problemas do maior período sobre o menor período, em várias situações verificou-se que os meses eram desconsiderados, dado que o valor do denominador era igual a zero, apesar do numerador não o ser.
- **Poucas casas decimais:** este erro acontecia, porque muitas vezes os coeficientes tinham várias casas decimais, levando a que, por predefinição, existissem arredondamentos que enviesavam completamente o valor real.

Por exemplo: o valor do coeficiente obtido através do método era de um centésimo devido a arredondamentos, mas o valor real era de seis milésimos. Assim, este arredondamento potenciava um erro de sensivelmente sessenta e seis por cento.

D. Material

- Falta de informação: a base de dados a partir da qual foi feita a extração não continha informações relativamente à origem, qualidade e forma como eram registados os dados. Uma vez identificadas as causas, prosseguiu-se à elaboração do diagrama de inter-relações, presente na Figura 17.

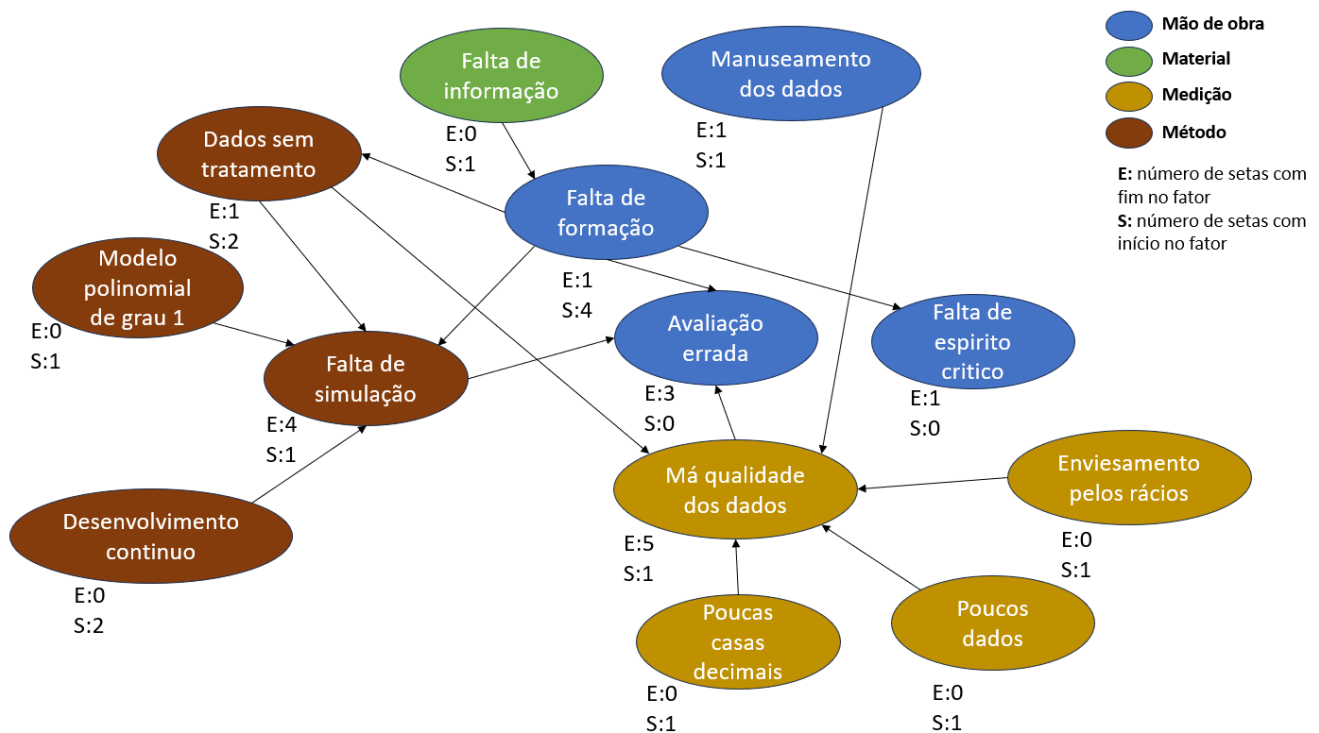


FIGURA 17 – DIAGRAMA DE INTER-RELAÇÕES

Através do diagrama de inter-relações verificou-se que os fatores associados à falta de formação, dados sem tratamento e desenvolvimento contínuo tinham um impacto significativo no problema. Similarmente, a má qualidade dos dados, a falta de simulação e a avaliação errada eram os fatores mais afetados pelos demais.

Uma vez identificadas os fatores de maior impacto, assim como os fatores mais sensíveis, decidiu-se organizar um debate com alguns membros do departamento da qualidade. Neste momento, foi decidido que, visto a enorme diferença entre o desempenho da situação inicial com o desempenho ambicionado, deveria haver um esforço geral para atuar perante os fatores identificados.

Neste sentido, foram propostas três soluções principais que solucionariam muitos dos problemas:

1. Dados:

- a. Seria efetuada uma nova extração de dados, assim como um processo de limpeza dos dados.
- b. Os rácios entre os períodos evidenciados na Figura 13 deixariam de ser calculados.

2. Equações:

- a. O modelo de previsão continuaria a ser obtido através do método dos mínimos quadrados.
- b. O grau do modelo polinomial seria de um ou dois consoante o que conferisse ao modelo de previsão um valor de coeficiente de determinação mais elevado.
- c. Os coeficientes passariam a ser registados com três algarismos significativos.

3. Resultados:

- a. A análise visual manter-se-ia como meio adicional de identificação de possíveis causas de divergência entre a equação obtida e a distribuição de pontos.
- b. Seria calculado o erro percentual absoluto médio, MAPE, entre o valor real e o valor previsto.

Além destas soluções propostas, a utilização do ciclo PDCA solucionaria os problemas de planeamento e desenvolvimento contínuo, uma vez que as fases deste método são dotadas de processos de monitorização e controlo do progresso.

Como medida de verificação relativamente aos resultados, definiu-se que a equação teria de prever valores com um erro percentual absoluto médio de, no máximo, 10 por cento. Além disso, teria de ser registada uma similaridade visual entre a equação e a distribuição de pontos.

Desenvolver

De acordo com o planeamento, o primeiro passo consistiu na extração dos dados necessários. Este foi realizado para mitigar erros identificados na base de dados usada previamente, assegurando que os dados estavam conforme os registos da base de dados.

De seguida, visto que se tinham identificado vários problemas associados aos dados, prosseguiu-se a um processo de limpeza no qual foram eliminados os duplicados e as situações nas quais havia informação em falta.

Depois, procedeu-se à identificação dos elementos discrepantes para que fossem eliminados, pois estes seriam responsáveis pelo enviesamento dos resultados, caso fossem negligenciados.

Para isto, foi utilizado o método do Intervalo Interquartil, IQR, que permitiu calcular a diferença entre os valores do primeiro e terceiro quartil, para todos os casos, e isto, para os três períodos.

De seguida, foram calculados os limites superiores e inferiores, sendo que o fator multiplicador utilizado foi de um e meio, uma vez que se verificou que existiam dados que existiam dados que constituíam valores discrepantes.

Assim, todos os dados que se encontravam fora dos limites foram eliminados através da aplicação do método IQR.

Uma vez tratados os dados, avançou-se para a fase de obtenção dos coeficientes dos três tipos de equação consoante as variáveis tomadas em conta. A Tabela 3 contém esquematizado o tipo de equação e as respetivas variáveis.

TABELA 3 – CATEGORIAS DE EQUAÇÕES E RESPATIVAS VARIÁVEIS

Categoria da Equação	Número de problemas acumulados por cada mil produtos comercializados	
	Variável em abcissa	Variável em ordenada
1	3 meses	12 meses
2	3 meses	24 meses
3	12 meses	24 meses

Durante o processo, foram realizados testes relativamente ao grau polinomial da equação, tendo-se verificado a existência de uma tendência para que a distribuição de pontos assumisse o perfil similar a uma equação linear ou quadrática, sendo o critério de decisão a equação que tivesse um maior

coeficiente de determinação.

De facto, constatou-se igualmente a existência de uma relação entre o grau do polinómio e cada categoria de equação, como se pode observar na Tabela 4.

TABELA 4 – NÚMERO DE EQUAÇÕES POLINOMIAIS POR CATEGORIA DE EQUAÇÃO (1º ITERAÇÃO)

Categoria da Equação	Número de ocorrências	
	Equação linear	Equação quadrática
1	26	263
2	41	248
3	289	0

Assim, registou-se uma tendência para que as categorias 1 e 2 apresentassem um comportamento mais próximo de uma equação polinomial de grau dois, enquanto a categoria 3 apresentava sempre um perfil similar à de uma regressão linear.

À medida que os coeficientes das equações foram obtidos, foram registados numa base de dados nos quais foram compilados todos os dados. Este processo foi repetido até ser obtida informação para todos os casos.

Exemplificando para um caso em que a equação polinomial é de grau 1 e que os pontos são (1,2), (2,5), (6, 10), (10, 18), (20,30):

Em primeiro lugar, formulou-se a equação polinomial, sendo esta:

$$\check{Y} = ax + b \quad (13)$$

Em que:

$\check{Y}$, corresponde à variável dependente

x , corresponde à variável independente

a e b , correspondem a coeficientes da equação

De seguida, prosseguiu-se ao cálculo dos coeficientes da equação através das seguintes equações:

$$a = \frac{n \times \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i)}{n \times \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (14)$$

$$a = \frac{5(1 \times 2 + 2 \times 5 + 6 \times 10 + 10 \times 18 + 20 \times 30) - (1 + 2 + 6 + 10 + 20)(2 + 5 + 10 + 18 + 30)}{5(1^2 + 2^2 + 6^2 + 10^2 + 20^2) - (1 + 2 + 6 + 10 + 20)^2} = \frac{5 \times 852 - 2535}{5 \times 541 - 1521} = 1,46$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (15)$$

$$b = \frac{(2+5+10+18+30) - 1,46 \times (1+2+6+10+20)}{5} = \frac{8,06}{5} = 1,16$$

Uma vez os coeficientes determinados, completou-se o processo de determinação da equação, tendo sido obtido:

$$\check{Y} = 1,46x + 1,16 \quad (13)$$

Por fim, depois de determinados os coeficientes dá-se como terminada a aplicação do MMQ, no entanto, é possível aplicar medidas estatísticas para quantificar o desempenho do modelo obtido face aos dados observados.

Verificar

Uma vez compilados todos os dados necessários, passou-se à verificação da qualidade dos resultados. Este processo era caracterizado por dois critérios de verificação sequenciais pelo que qualquer incumprimento de um deles, para qualquer uma das três categorias, resultava na invalidação do caso em análise.

Neste sentido, seguiram-se os critérios explicitamente definidos no planeamento. Em primeiro lugar, foi realizada uma análise visual entre a equação obtida e a distribuição de pontos de modo a identificar qualquer invalidade na equação obtida. O resultado do processo completo de verificação para este critério encontra-se presente na Tabela 5.

TABELA 5 – RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO CRITÉRIO DE VERIFICAÇÃO VISUAL (1ª ITERAÇÃO)

Categoria da Equação	Número de ocorrências	
	Aceites	Não aceites
1	185	104
2	152	137
3	289	0

Concluiu-se que a categoria 1 não tinha cumprido o critério de verificação em 104 casos, enquanto para a categoria 2 tinham sido rejeitados 137 casos. No que toca à categoria 3, o critério foi verificado na

totalidade dos casos.

Adicionalmente, observou-se que os casos que não verificavam a categoria 1 também não verificavam a categoria 2. Assim, tendo em conta o facto de que para que um caso fosse validado todas as equações deste deviam cumprir o critério, percebeu-se que dos 289 casos apenas 152 seriam verificados.

Como a verificação era de carácter sequencial, apenas foram tidos em conta os casos validados no critério anterior para o cálculo do erro percentual absoluto médio. Para estes casos foram calculados os respetivos MAPE de forma a averiguar se satisfaziam, ou não, a condição do segundo critério, estando os resultados apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 – RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO CRITÉRIO DE VERIFICAÇÃO MAPE (1ª ITERAÇÃO)

Categoria da Equação	Número de ocorrências	
	MAPE inferior a 10%	MAPE superior a 10%
1	140	12
2	135	17
3	152	0

Analisando a Tabela 6, verifica-se que a categoria 2 tinha o menor número de casos validados, com 135 validações. Além disso, notou-se que, mais uma vez, a categoria 3 tinha uma taxa de aceitação de 100 por cento, contrariamente às duas outras.

A título de exemplo da aplicação do critério MAPE, será demonstrada a sua aplicação numa situação em que:

- Os pontos reais são: (30, 141), (60, 423), (90, 563), (300, 2532), (450, 3287).
- A equação polinomial é: $Y = 0,00433x^2 + 5,95x + 150$ (16)

Assim, a primeira ação passou pela determinação dos valores das ordenadas através da equação polinomial, utilizando como valores de abcissas os pontos reais:

- $Y_1(30) = 0,00433 \times 30^2 + 5,95 \times 30 + 150 = 182,40$
- $Y_2(60) = 0,00433 \times 60^2 + 5,95 \times 60 + 150 = 372,60$
- $Y_3(90) = 0,00433 \times 90^2 + 5,95 \times 90 + 150 = 570,60$
- $Y_4(300) = 0,00433 \times 300^2 + 5,95 \times 300 + 150 = 2174,99$
- $Y_5(450) = 0,00433 \times 450^2 + 5,95 \times 450 + 150 = 3554,98$

De seguida, procedeu-se ao cálculo do valor de MAPE para o modelo:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \frac{|y_i - p_i|}{|y_i|} \quad (17)$$

$$MAPE = \frac{1}{5} \left(\frac{|141-182,4|}{|141|} + \frac{|423-372,6|}{|423|} + \frac{|563-570,6|}{|563|} + \frac{|2532-2174,99|}{|2532|} + \frac{|3287-3554,98|}{|3287|} \right)$$

$$MAPE = 12,97\%$$

Como o valor do MAPE revelou ser superior a 10%, constatou-se que a equação em estudo não verificou este critério.

Os resultados relativos à taxa de verificação segundo os dois critérios encontram-se compilados na Figura 18, evidenciando que, apesar de haver um teor de aceitação de 100 por cento dos casos da categoria 3 para ambos os critérios, o mesmo não se verificou nas outras.

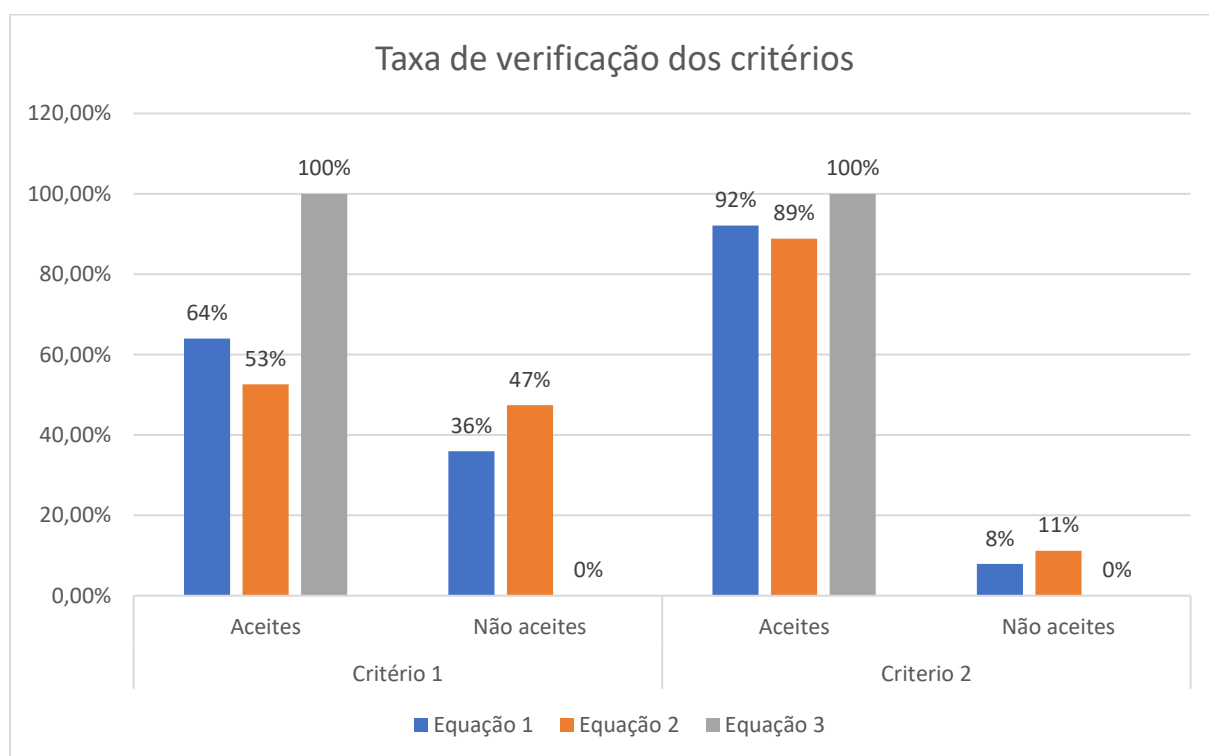


FIGURA 18 – PERCENTAGEM DE VERIFICAÇÃO DE AMBOS OS CRITÉRIOS (1º ITERAÇÃO)

Esta variação na taxa de aceitação para os diferentes tipos de equações pode ser explicada pelo facto de que o fator tempo entre as variáveis da categoria 1 é de quatro (devido à temporalidade trimestral de entre 3 e 12 meses), enquanto para a categoria 2 o fator é de oito. Isto conduz a que a previsão seja mais propícia a ser errada, pois a previsão corresponde a um intervalo temporal maior, em termos

relativos. Da mesma forma, o fator tempo entre as variáveis da categoria 3 é de dois, explicando, assim, a verificação sem exceções.

Posto isto, concluiu-se, através da combinação dos resultados dos dois critérios, que o número de casos aceites tinha aumentado de 72 para 135, em relação à situação inicial. No entanto, quando comparado com a totalidade dos casos estudados, verificou-se que este número correspondia a aproximadamente 47 por cento, estando aquém do objetivo dos 75 por cento estipulados pela empresa.

Agir

Face aos resultados obtidos, decidiu-se implementar as medidas propostas nesta primeira iteração do ciclo PDCA. Esta decisão foi suportada pelo facto de que estas medidas tinham contribuído positivamente para a obtenção de melhores resultados nas iterações, uma vez que a taxa de verificação dos casos face à aplicação de ambos os critérios de verificação aumentou.

Assim, tendo em conta os resultados insuficientes aquando desta primeira iteração do ciclo PDCA, prosseguiu-se à execução de uma segunda repetição.

4.4.2. 2ª Iteração do ciclo PDCA

Planear

Similarmente ao que foi realizado na iteração anterior, o primeiro passo passou por identificar os problemas. Contudo, como os problemas fundamentais de dados e método já tinham sido corrigidos, concluiu-se que seria necessário identificar problemas associados aos critérios de verificação.

Assim, definiu-se que o foco seria no critério de verificação visual, dado que apresentava uma percentagem de reprovação cerca de quatro vezes superior à do critério do erro médio absoluto percentual.

Tendo em conta os resultados de verificação da iteração anterior, foi possível agrupar as causas de não verificação em cinco categorias distintas:

- **Dois grupos de pontos:** esta causa prende-se ao facto de que havia casos nos quais se verificava a existência de dois grupos de pontos distintos de distribuição.

Após uma análise extensiva, verificou-se que estes dois grupos estavam agrupados por períodos, ou seja, um grupo correspondia aos dados do número de problemas dos meses mais antigos e o outro aos dos meses mais recentes. A Figura 19 ilustra este fenómeno, para melhorar percepção desta situação.

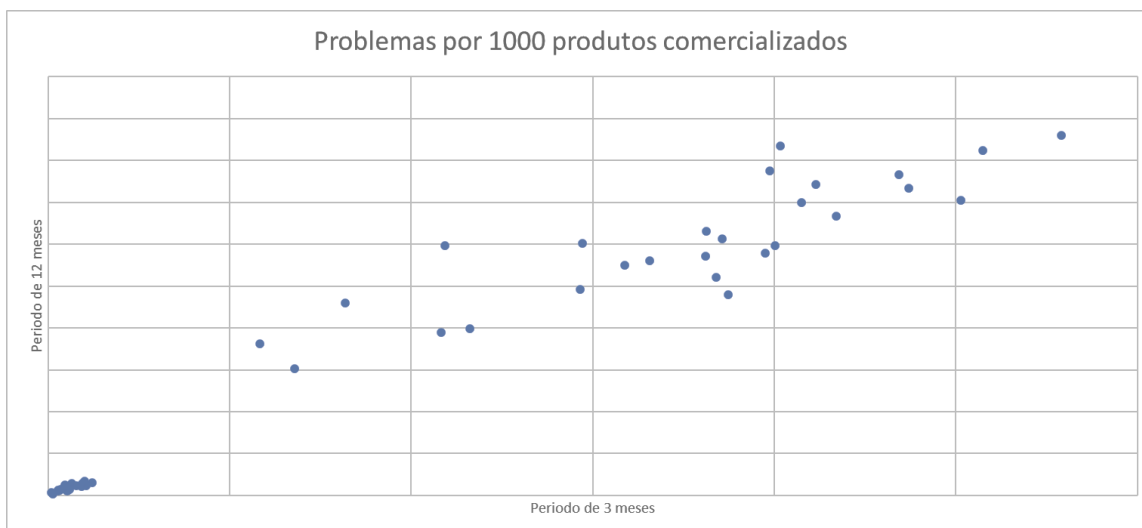


FIGURA 19 - CASO COM DOIS GRUPOS DE PONTOS

- **Dispersão de pontos:** certos casos apresentavam uma distribuição dos pontos muito dispersa pelo que nenhuma curva ou reta se adaptava aos pontos.
- **Poucos pontos:** certos casos possuíam um número reduzido de pontos, pelo que não seria possível obter uma equação válida.
- **Número de problemas igual a zero:** em certas situações, apesar de todos os meses possuírem o registo do número de problemas, identificaram-se casos nos quais os valores das abcissas tomavam o valor de zero, levando a que a equação apresentasse um perfil inválido.
- **Sazonalidade:** certos casos apresentavam um comportamento sazonal, no entanto, mesmo verificando esta situação, os valores entre períodos de sazonalidade tinham muita variação pelo que as curvas ou retas das equações obtidas não se adaptavam à distribuição de pontos.

Para isto, foram calculadas as percentagens de ocorrência de cada categoria, assim como a percentagem acumulada de modo a identificar quais as causas que maior contributo tinham para a não verificação deste critério. Uma vez obtidas todas as métricas necessárias, prosseguiu-se à análise de Pareto, presente na Figura 20.

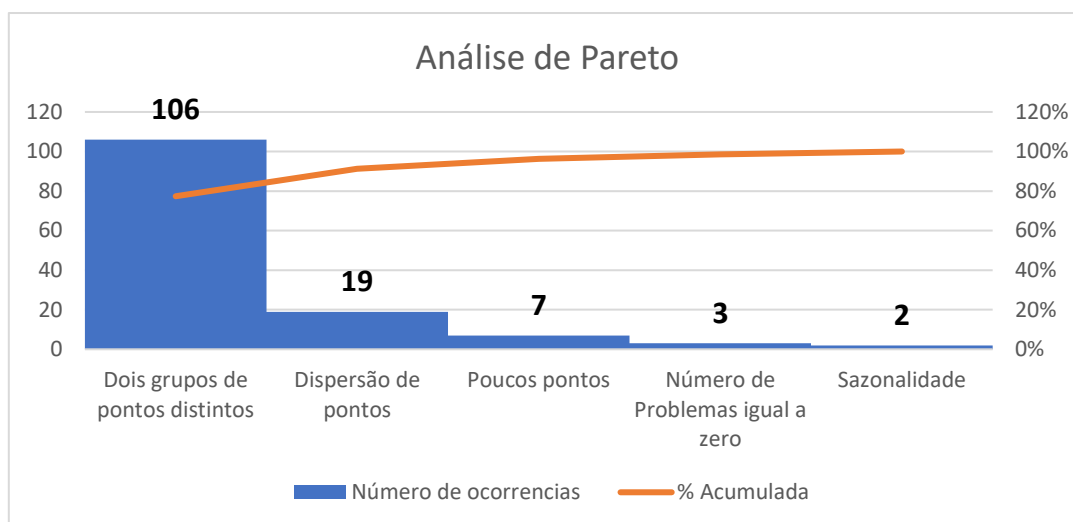


FIGURA 20 – ANÁLISE DE PARETO PARA CAUSAS DE NÃO VERIFICAÇÃO DO PRIMEIRO CRITÉRIO

Aplicando o princípio de Pareto, definiu-se que agir perante o problema alusivo aos dois grupos de pontos distintos seria prioritário, uma vez que constituía 20 por cento das causas e era responsável por aproximadamente 77 por cento das rejeições.

Na tentativa de mitigar esta causa, estipulou-se que o planeamento desta segunda iteração passaria pela aplicação das seguintes medidas:

- Continuariam a ser aplicadas todas as medidas implementadas no primeiro ciclo PDCA.
- Deixariam de ser obtidas as equações da categoria 2 devido ao fator de tempo elevado e consequente taxa de aprovação menor.
- Para os casos em que os dados apresentavam dois grupos de distribuição de pontos distintos por período, foi estipulado que o grupo correspondente aos dados mais antigos seria desconsiderado.

Esta última medida resultou do facto de que a utilização exclusiva dos dados mais recentes potenciava a obtenção de uma equação mais fidedigna relativamente à situação atual.

No que toca aos critérios de verificação e aos objetivos do estudo, estes permaneceram inalterados.

Desenvolver

Após a clara definição do plano, prosseguiu-se à execução do mesmo. Assim, similarmente ao realizado na primeira iteração do ciclo PDCA, a primeira etapa passou pelo tratamento dos dados. Foram eliminados exatamente o mesmo número de dados discrepantes, visto que nada tinha sido alterado no processo.

Adicionalmente, para as situações para as quais a distribuição de pontos apresentava dois grupos de

pontos, eliminou-se o grupo correspondente ao período mais antigo, tendo sido eliminados um total de 3129 dados adicionais, neste processo.

De seguida, prosseguiu-se à obtenção das equações das categorias 1 e 3, sendo que o grau polinomial que tomaram, assumiram as proporções presentes na Tabela 7.

TABELA 7 – NÚMERO DE EQUAÇÕES POLINOMIAIS POR CATEGORIA DE EQUAÇÃO (2º ITERAÇÃO)

Categoria da Equação	Número de ocorrências	
	Equação linear	Equação quadrática
1	26	263
3	289	0

O processo de registo dos coeficientes ocorreu da mesma forma que na primeira repetição do ciclo PDCA, tendo os coeficientes de cada caso sido armazenados numa base de dados.

Verificar

Uma vez terminada a obtenção de todos os coeficientes das equações, prosseguiu-se para o processo de verificação dos critérios. Similarmente ao método de verificação que tinha sido utilizado na primeira repetição do ciclo PDCA, para que um caso fosse validado, teria de cumprir os dois critérios simultaneamente, sendo que estes não tinham sofrido modificações aquando da nova planificação.

Assim sendo, em primeiro lugar foi realizada a análise visual entre a equação obtida e a distribuição de pontos identificando neste processo qualquer invalidade na equação obtida, podendo os resultados ser observados na Tabela 8.

TABELA 8 – RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO CRITÉRIO DE VERIFICAÇÃO VISUAL (2º ITERAÇÃO)

Categoria da Equação	Número de ocorrências	
	Aceites	Não aceites
1	247	42
3	289	0

Nesta iteração do ciclo PDCA, verificou-se que a taxa de verificação do critério de comparação visual sofreu uma melhoria na taxa de aceitação das equações da categoria 1, tendo rejeitado as mesmas, em

apenas 42 situações. Por outro lado, as equações da categoria 3 não sofreram quaisquer alterações e, portanto, mantiveram-se com uma taxa de verificação total.

Assim, a taxa de validação face ao critério de comparação visual aumentou consideravelmente, passando de 152 equações aceites para 247, ou seja, verificou-se um aumento de 95.

De seguida, procedeu-se ao cálculo do erro absoluto percentual médio para os 247 casos validados no primeiro critério, tendo-se obtido os seguintes resultados presentes na Tabela 9.

TABELA 9 – RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO CRITÉRIO DE VERIFICAÇÃO MAPE (2ª ITERAÇÃO)

Categoria da Equação	Número de ocorrências	
	MAPE inferior a 10%	MAPE superior a 10%
1	172	75
3	247	0

Analisando a Tabela 9, concluiu-se que apenas 172 dos casos submetidos cumpriam a condição de verificação do critério relativo ao MAPE. Tal como a tendência verificada até então, denotou-se que todas as equações da categoria 3 tinham sido verificadas. Já na categoria 1, apenas 172 equações cumpriam a condição.

A compilação dos resultados da aplicação consecutiva dos dois critérios de verificação pode ser observada na Figura 21.

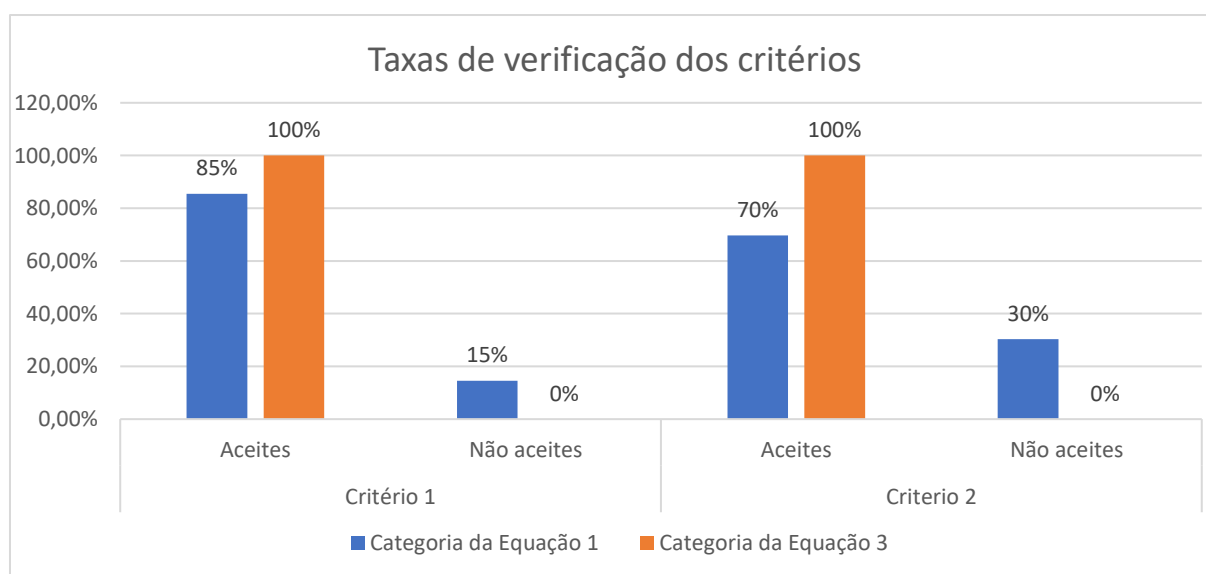


FIGURA 21 - PERCENTAGEM DE VERIFICAÇÃO DE AMBOS OS CRITÉRIOS (2ª ITERAÇÃO)

Através da sua análise, tornou-se evidente que o critério de comparação visual tinha uma taxa de rejeição mais baixa do que na primeira iteração. Em contrapartida, o critério com base no valor do MAPE tinha aumentado a taxa de invalidação consideravelmente e era agora responsável pela maioria dos casos rejeitados.

Este fenómeno explica-se devido ao facto de que o processo de verificação tinha um carácter sequencial, pelo que os casos que eram previamente invalidados no primeiro critério eram agora aceites e, portanto, sujeitos à verificação do segundo.

Terminado o processo de verificação dos casos, concluiu-se que o número de casos que tinham cumprido ambos os critérios, e, portanto, foram aceites, tinha aumentado de 135 para 172. Este valor corresponde a uma taxa de verificação de cerca de 60 por cento, no entanto, apesar de se ter registado uma melhoria aquando desta segunda iteração, o objetivo de 75 por cento continuava por atingir.

Agir

Os resultados desta segunda iteração revelaram que as medidas implementadas foram especialmente importantes para solucionar os casos que tinham como causa de invalidação a existência de dois grupos de distintos de pontos. Contudo, a resolução deste problema evidenciou a existência de outro, associado à verificação do segundo critério.

Assim, tendo isto em conta, decidiu-se implementar as medidas propostas, porém, como o objetivo estipulado inicialmente pela empresa ainda não tinha sido atingido, procedeu-se a uma terceira repetição do ciclo PDCA.

4.4.3. 3ª Iteração do ciclo PDCA

Assim como foi sugerido no final da segunda iteração do ciclo PDCA, optou-se por realizar uma nova repetição deste para atingir o objetivo.

Planear

Através dos dois ciclos anteriores foi possível implementar soluções que permitiram melhorar substancialmente a qualidade das previsões relativamente ao número de problemas, embora o objetivo estipulado pela empresa ainda continuasse por atingir.

Neste sentido, e tendo em conta os resultados da iteração anterior, tornou-se claro que a grande maioria dos casos não validados devia-se ao erro médio absoluto percentual, conduzindo à necessidade de solucionar este problema.

Para isto, foram identificados os casos não verificados, por categoria, estando a contabilização apresentada na Tabela 10.

TABELA 10– NÚMERO DE CASOS NÃO VERIFICADOS NA SEGUNDA ITERAÇÃO DO CICLO PDCA

Caso	Número de casos não verificados
Região	0
Função do produto	1
Peça	10
Região e função do produto	8
Região e peça	98

Uma vez identificados os casos para cada categoria, estes foram analisados durante uma discussão com membros do Departamento de Qualidade, tendo-se concluído que a maioria dos casos apresentados tinham peças que pertenciam à mesma categoria no que tocava à função do produto.

Adicionalmente, verificou-se que essas peças estavam associadas a uma função inovadora e, portanto, utilizavam uma tecnologia de ponta. Isto justificava o comportamento diferente das equações destas peças em relação às outras, uma vez que a sua implementação nos diferentes tipos de veículos foi gradual. Para visualizar a distribuição resultante desta situação, deve-se consultar o Anexo 1.

A Tabela 11 revela o número de incidentes com funções inovadoras, salientando que, dos 117 casos não verificados, 87 utilizavam tecnologia de ponta.

TABELA 11 – CONTABILIZAÇÃO DO NÚMERO DE CASOS NÃO VERIFICADOS COM FUNÇÕES INOVADORAS

Caso	Número de casos não verificados	Número de casos não verificados com funções inovadoras
Região	0	0
Função do produto	1	1
Peça	10	7
Região e função do produto	8	8
Região e peça	98	71

Com base nesta informação, foi definido que nesta iteração seriam aplicadas todas as medidas implementadas durante as iterações precedentes. Além disso, os critérios e objetivo final do estudo não sofreriam alterações.

Assim, na tentativa de solucionar o problema identificado relativamente aos casos associados à função inovadora, decidiu-se realizar uma nova extração de dados, sendo que, desta vez, também seria extraída a categoria relativa ao tipo de veículo para os casos não verificados cuja função era inovadora.

Esta medida foi proposta com o intuito de solucionar o problema da implementação gradual por tipo de veículo, dado que o desdobramento dos casos não verificados permitiria analisá-los individualmente.

Desenvolver

Após a definição do plano, este foi posto em prática. Primeiramente, foi efetuada uma nova extração de dados, tendo em atenção que, para os casos que não tinham sido verificados anteriormente, cuja função era inovadora, a informação associada ao tipo de veículo foi igualmente extraída. Este desdobramento na extração dos dados fez com que os casos totais aumentassem de 289 para 376, uma vez que existiam 2 tipos de veículos na base de dados.

De seguida, prosseguiu-se ao processo de limpeza dos dados, tendo-se eliminado qualquer valor duplicado, e foi aplicado, num segundo tempo, o método IQR, de modo a eliminar potenciais valores discrepantes.

Assim sendo, o número de dados que foram eliminados para os novos casos resultantes do desdobramento por tipo de veículo, totalizou 1486 dados.

Mais uma vez, após a limpeza de dados, prosseguiu-se à obtenção dos coeficientes das equações das categorias 1 e 3. O processo de obtenção foi similar aos das iterações precedentes, podendo ser observado na Tabela 12 o número de vezes que foram obtidas regressões lineares e equações quadráticas.

TABELA 12 – NÚMERO DE EQUAÇÕES POLINOMIAIS POR CATEGORIA DE EQUAÇÃO (3ª ITERAÇÃO)

Equação	Número de ocorrências	
	Equação linear	Equação quadrática
1	42	334
3	376	0

Por análise da Tabela 12, verifica-se que, apesar do desdobramento, a proporção entre equações lineares e quadráticas não registou variações significativas quando comparada à iteração anterior.

Posto isto, conforme ocorreu o processo de obtenção dos coeficientes fez-se o registo dos mesmos numa base de dados até que toda a informação necessária estivesse completa.

Verificar

Depois de terminada a fase de desenvolvimento prosseguiu-se à verificação dos resultados obtidos. Para isto, aplicaram-se os mesmos critérios de comparação visual e MAPE, sequencialmente.

No que toca ao primeiro critério os resultados encontram-se afixados na Tabela 13.

TABELA 13 – RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO CRITÉRIO DE VERIFICAÇÃO VISUAL (3ª ITERAÇÃO)

Categoria da Equação	Número de ocorrências	
	Aceites	Não aceites
1	338	38
3	376	0

A análise da Tabela 13 revela que, embora se tenha verificado um aumento do número de casos, a grande maioria deles foi validada perante o critério de comparação visual. De facto, dos 376 casos totais submetidos ao processo de verificação, apenas 38 não foram validados, sendo que todas as invalidações foram causadas pela não verificação das equações da categoria 1. Novamente, a categoria 3 manteve a tendência registada até então.

Em termos de percentagem, viu-se um aumento de sensivelmente 5,9 por cento na taxa de verificação, passando dos 85 por cento para os 90 por cento, entre as duas iterações.

Depois, seguindo a lógica sequencial do processo de verificação efetuou-se o estudo do segundo critério para os 338 casos que cumpriram a condição do primeiro, estando os resultados deste processo evidenciados na Tabela 14.

TABELA 14– RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO CRITÉRIO DE VERIFICAÇÃO MAPE (3ª ITERAÇÃO)

Equação	Número de ocorrências	
	Aceites	Não aceites
1	302	36
3	338	0
Casos	302	36

Analisando a Tabela 14, conclui-se que, dos 338 casos sujeitos à verificação do critério relativo ao erro percentual absoluto médio, 302 foram verificados.

Por um lado, as equações da categoria 3 mantiveram a sua taxa de verificação de 100 por cento, sendo que, para a categoria 1, somente 36 foram rejeitadas. Registou-se, assim, uma diminuição acentuada na taxa de rejeição de 30% para sensivelmente 11%.

Este resultado corroborou a teoria de que um desdobramento dos dados por tipo de veículos para os casos que contemplavam peças com função inovadora contribuiria para solucionar o problema de verificação destes.

A Figura 22 apresenta os resultados da aplicação sequencial dos dois critérios, sendo possível, através da sua análise, concluir que a terceira iteração do ciclo PDCA permitiu solucionar o problema de verificação relativamente ao segundo critério.

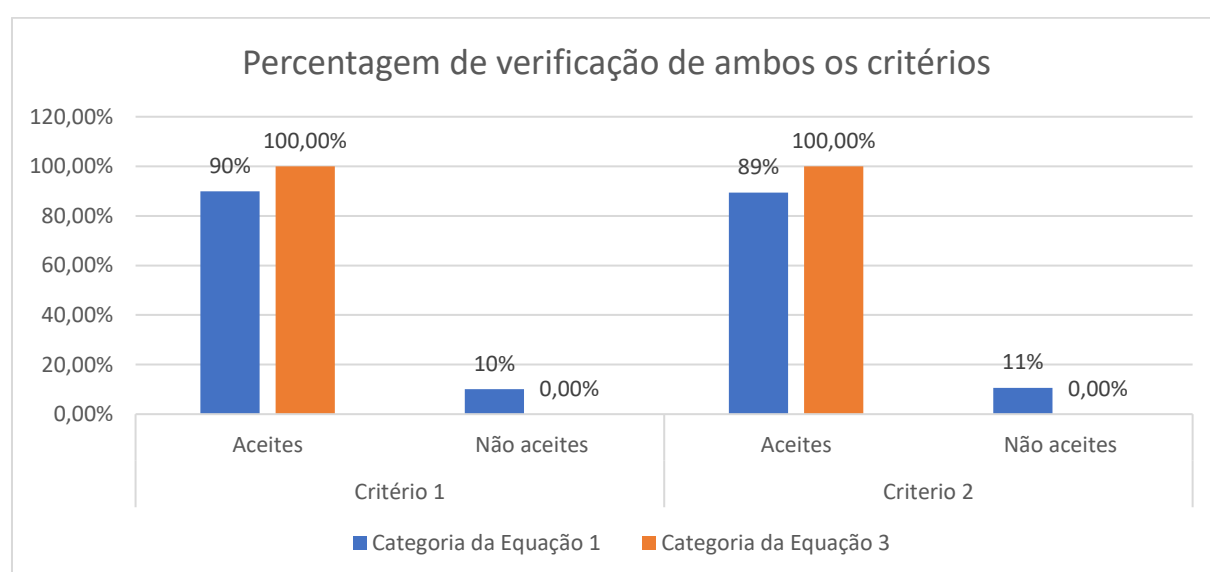


FIGURA 22 - PERCENTAGEM DE VERIFICAÇÃO DE AMBOS OS CRITÉRIOS (3ª ITERAÇÃO)

Adicionalmente, concluiu-se que, dos 376 casos totais, 302 tinham cumprido as condições para cumprir ambos os critérios. Traduzido em percentagem este valor equivale a sensivelmente 80 por cento sendo, portanto, superior ao objetivo estipulado pela empresa de 75 por cento.

Agir

A terceira iteração revelou-se imperativa, visto que as medidas propostas nesta permitiram aumentar a taxa de verificação do segundo critério. Desta forma, foi confirmada a necessidade de desdobramento dos casos por tipo de veículo para aqueles cuja função desempenhada era de caráter inovador.

Efetivamente, esta melhoria significativa registada no critério de verificação do erro percentual absoluto médio veio potenciar um aumento dos casos aceites, resultantes do cumprimento de ambos os critérios. Dadas as melhorias observadas aquando da aplicação das medidas propostas neste ciclo, tornou-se pertinente implementá-las. Além disso, como a percentagem de casos verificados excedeu o objetivo definido inicialmente, deu-se como terminada a aplicação do ciclo PDCA.

4.4.4. Resultados da aplicação do ciclo PDCA

A aplicação do método PDCA consistiu em três repetições. Durante o processo, cada iteração foi responsável pela resolução de problemas identificados durante o seu planeamento e foram propostas medidas para os solucionar.

Assim, na primeira repetição do ciclo PDCA identificaram-se problemas associados aos dados, à forma como eram obtidas as equações, e ainda métodos de verificação dos resultados.

Na Tabela 15 encontram-se presentes as medidas propostas face a estes problemas.

TABELA 15 – MEDIDAS PROPOSTAS NA PRIMEIRA REPETIÇÃO DO CICLO PDCA

Problema	Solução proposta
Dados	1- Nova extração e limpeza dos dados 2- Abandonar o estudo por rácios
Equações	1- Abandonar as equações lineares de caráter obrigatório 2- Ajuste das casas decimais dos coeficientes
Resultados	1- Nova métrica de verificação através do erro percentual absoluto médio 2- Manteve-se o critério de verificação visual

Estas medidas, contribuíram para uma melhoria significativa, na medida em que permitiram que o processo fosse melhorado de uma forma generalizada. Por sua vez, esta melhoria traduziu-se num aumento da taxa de casos válidos de 25 para 47 por cento. Permitiu ainda evidenciar problemas sobre os quais seria imperativo agir nas repetições seguintes do ciclo, uma vez que o objetivo final ainda não tinha sido atingido.

Já na segunda repetição do ciclo PDCA, o planeamento consistiu na resolução do problema associado à baixa taxa de verificação do critério de comparação visual.

De facto, depois de uma breve análise, verificou-se que havia uma causa de rejeição proeminente em relação às outras. Esta devia-se à existência de dois grupos de pontos de distribuição distintos por período e, portanto, decidiu-se eliminar totalmente o grupo de pontos correspondentes ao período mais antigo.

Esta medida veio solucionar este problema numa grande maioria dos casos, pelo que, da aplicação da mesma, se constatou um aumento da taxa de casos válidos de 47 para 60 por cento.

Similarmente à iteração anterior, através da análise dos resultados da verificação precedente, foi possível identificar que o critério do MAPE era responsável pela maioria dos casos não validados.

Assim, o planeamento da terceira iteração prendeu-se à resolução do problema associado a este. Através da análise dos casos, identificou-se que a grande maioria dos casos não verificados faziam parte de um pequeno grupo de casos, cuja função era inovadora e dotada de tecnologia de ponta que estava a ser gradualmente implementada nos diferentes tipos de veículos.

Face a isto, fez-se uma nova extração de dados, mas desta vez com um desdobramento segundo o tipo de veículo para os casos não verificados dotados de tecnologia de ponta.

A aplicação desta medida permitiu reduzir significativamente o número de casos não verificados, pelo que a percentagem de casos que cumpriram as condições de ambos os critérios, aumentou para 80 por cento.

A Figura 23 ilustra a evolução desde a situação inicial até ao momento em que foi atingido o objetivo definido pela empresa. É também importante referir que a utilização do método PDCA foi essencial, pois este conferiu uma capacidade de adaptação e monitorização indispensável para garantir o sucesso do projeto, na medida em que permitiu lidar com problemas que numa primeira instância não estavam evidenciados.

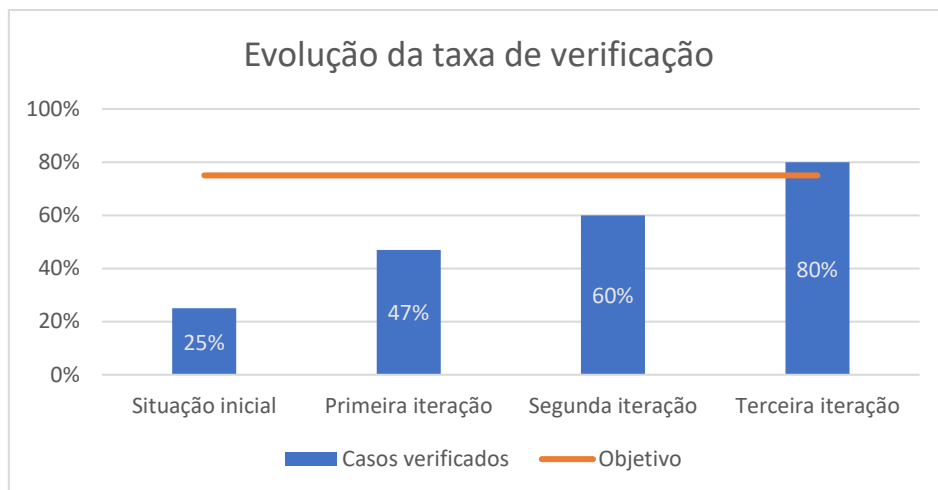


FIGURA 23 – EVOLUÇÃO DA TAXA DE VERIFICAÇÃO DOS CASOS CONSOANTE AS ITERAÇÕES

Em termos de alocação de recursos, através dos modelos de previsão melhorados foi possível reduzir em cerca de 68 por cento os recursos alocados erroneamente.

4.5. Desenvolvimento de indicadores chave de desempenho

Depois de terminada a aplicação do ciclo PDCA prosseguiu-se com o desenvolvimento de indicadores de desempenho, com o intuito de conferir a possibilidade de analisar visualmente o progresso dos diversos projetos. Assim, ocorreu uma nova reunião, com membros do departamento de qualidade, na qual foram definidos os indicadores a serem desenvolvidos, sendo eles:

- Previsão do número de problemas

Este indicador pretendia que houvesse um gráfico de linhas e pontos, no qual se visualizassem os pontos correspondentes ao número de incidentes reais por cada 1000 produtos comercializados, em conjunto com as linhas de previsão de limite.

Como o critério MAPE utilizado na verificação era de no máximo 10 por cento, definiu-se que o limite superior seria 110 por cento do valor previsto e o limite inferior corresponderia a 90 por cento.

Além disso, a data final de entrega seria incluída, sendo esta calculada através da relação enunciada pela empresa, entre o número de problemas aos 24 meses e os dias adicionais. O indicador de performance encontra-se esquematizado na Figura 24.

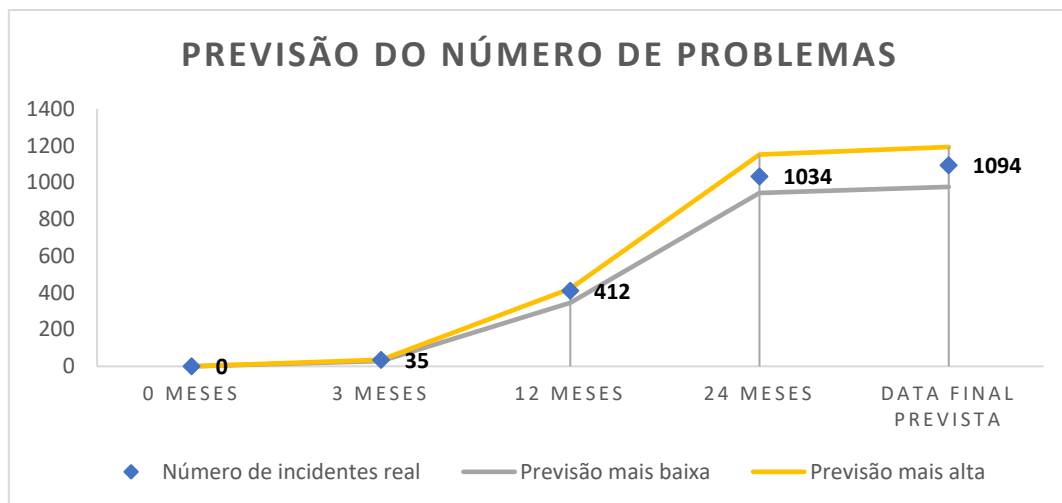


FIGURA 24 - KPI DE COMPARAÇÃO DE VALOR REAL COM VALORES LIMITE

Concluindo, qualquer ponto cujo número de incidentes real estivesse fora dos limites, significaria que a previsão estava incorreta e teria de ser revista.

- Taxa de ocorrência de incidentes

O objetivo deste indicador de desempenho passava pela criação de um histograma, no qual constaria para cada período o número de problemas por 1000 veículos por dia. Em termos práticos, este KPI, presente na Figura 25, permitia ao gestor identificar grandes discrepâncias na taxa de aparição de problemas.

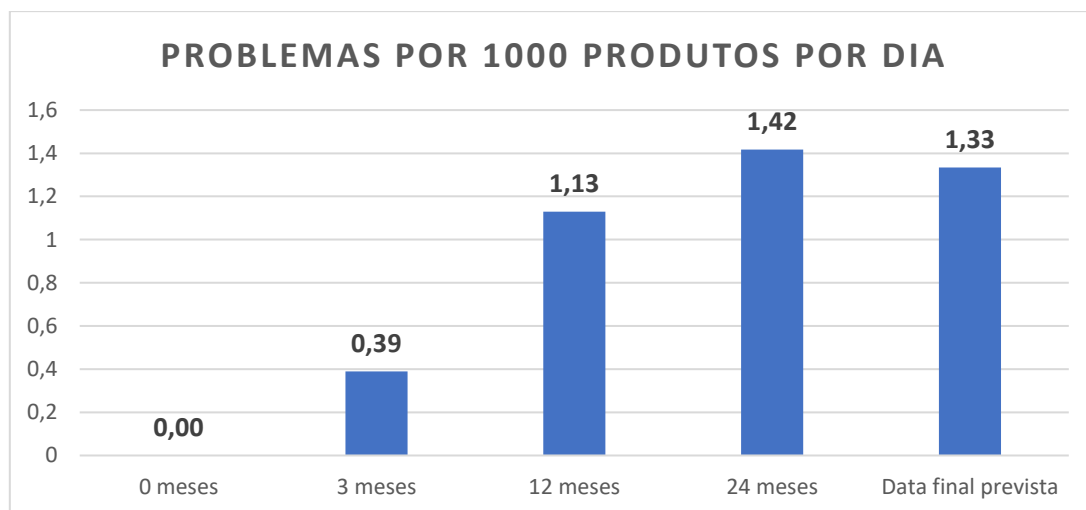


FIGURA 25 – KPI DE TAXA DE OCORRÊNCIA DE PROBLEMAS POR DIA

- Quadro de monitorização em tempo real

A necessidade de desenvolvimento do quadro de monitorização em tempo real prendia-se ao facto de que era extremamente útil existir um indicador de desempenho que permitisse comparar a progressão

do número de problemas, com o progresso temporal.

Através da análise da Figura 26, verifica-se que, para o exemplo apresentado, o número de problemas para o período de 24 meses está a progredir significativamente mais devagar do que a progressão em termos de dias.

Esta informação é de extrema importância para o gestor porque permite que este relacione estas duas vertentes e, portanto, agir caso se considere necessário.

	Período	Início do período	Atual	Previsão do período seguinte
Número de problemas por 1000 produtos	3 meses	35	384	384
	12 meses	384	1037	1037
	24 meses	1034	1050	1187
Número de dias	3 meses	90	365	365
	12 meses	365	730	730
	24 meses	730	780	820

FIGURA 26 – KPI DE COMPARAÇÃO ENTRE O PROGRESSO DOS PROBLEMAS E DOS DIAS

- Dias em atraso dos projetos

Este indicador, esquematizado na Figura 27, compilava todos os projetos do ficheiro realizados até então, evidenciando o número de dias em atraso. Tinha como principal função conferir um elemento visual que permitisse visualizar o comportamento dos projetos, relativamente aos dias adicionais necessários para terminar os projetos.



FIGURA 27 – KPI: RESUMO DOS DIAS ADICIONAIS PARA OS PROJETOS EM HISTÓRICO

Uma vez concluído o desenvolvimento dos indicadores chave de desempenho, foi conferido aos gestores ferramentas poderosas capazes de ajudar na tomada de decisões, pois estas permitem ter uma melhor

percepção daquilo que os dados transmitem.

Posto isto, todos os objetivos estipulados pela empresa foram alcançados e, conseqüentemente, deu-se o trabalho como terminado.

5. Conclusões e trabalhos futuros

Este capítulo apresenta as conclusões retiradas através deste estudo, assim como também aborda as dificuldades sentidas e de que forma podem ser solucionadas em trabalhos futuros.

5.1. Conclusão

Com a competitividade verificada atualmente, as empresas vêem-se obrigadas a procurar melhorar em todos os aspetos. Neste sentido, as organizações têm vindo a aplicar cada vez mais seriamente os princípios do TQM, pois este contribui o aumento da qualidade do serviço prestado aos clientes da empresa e, portanto, cria uma relação de confiança e longa duração entre estes.

Através da realização deste estudo, foi possível reabilitar dois ficheiros distintos, cuja função era a mesma. Adicionalmente, foi possível melhorar os processos para a previsão da data de entrega dos projetos, tendo-se verificado uma melhoria significativa no desempenho dos modelos de previsão dos problemas a longo prazo.

A utilização de ferramentas da qualidade revelou-se fundamental, pois estas permitiram em várias instâncias identificar causas de problemas e priorizá-las de acordo com o seu impacto. Através da aplicação destas ferramentas concluiu-se que, as mesmas poderiam ser utilizadas numa grande variedade de contextos e não apenas no setor automóvel, uma vez que para qualquer problema existem causas.

Além disso, o ciclo PDCA foi extremamente importante para o sucesso do trabalho, porque devido ao seu caráter iterativo, foi possível solucionar problemas que não teriam sido identificados numa fase inicial. Esta ferramenta da qualidade conferiu flexibilidade e adaptabilidade e, portanto, uma capacidade de resposta essencial para que fossem atingidos os objetivos.

A criação de indicadores de desempenho permitiu igualmente a simplificação de análise dos dados, facilitando a identificação de anomalias e comportamentos tendenciosos nos dados.

Concluindo, tudo isto possibilitou atingir os objetivos definidos pela empresa, permitindo que esta alocasse os seus recursos mais eficientemente. Assim, os recursos poderiam ser alocados a outras áreas para atender às necessidades dos clientes, culminando num aumento da satisfação destes.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

Uma das maiores limitações sentidas prendeu-se com a escassez de recursos e tempo. De facto, o tempo e recursos limitados, fez com que ocorresse uma melhoria do processo de previsão, em detrimento do

desenvolvimento de um modelo de previsão do início ao fim.

Para trabalhos futuros sugere-se que sejam mantidas as medidas tomadas relativamente ao tratamento de dados, no entanto, aconselha-se a que sejam ativadas licenças para programas com aplicações de modelação mais complexos. Adicionalmente, aconselha-se a que novos projetos nesta área sejam realizados com o auxílio direto de membros do departamento da qualidade de modo que toda a informação e dados tenha mais contexto.

Sugere-se também que se continuem a utilizar ferramentas da qualidade e que sejam desenvolvidos novos indicadores de performance para a monitorização e controlo dos processos.

Referencias bibliográficas

A. DeFeo, J. (2019, August 23). *What Is Total Quality Management?* Juran.

[https://www.juran.com/blog/what-is-total-quality-management/#:~:text=Total%20quality%20management%20\(TQM\)%20is](https://www.juran.com/blog/what-is-total-quality-management/#:~:text=Total%20quality%20management%20(TQM)%20is)

Abdi, H. (2007). *The Method of Least Squares*. <https://personal.utdallas.edu/~herve/Abdi-LeastSquares06-pretty.pdf>

Antunes, M. de L. (2022, March 4). *Os 7 Princípios de Gestão da Qualidade*. SGSCorp.

<https://www.sgs.com/pt-pt/noticias/2022/03/os-7-principios-de-gestao-da-qualidade>

Arantes, R. P. (2022, April 6). *A Evolução Histórica do Controle de Qualidade: As eras e os gurus da Gestão da Qualidade*. Pt.linkedin.com.

<https://www.linkedin.com/pulse/evolu%C3%A7%C3%A3o-hist%C3%B3rica-do-controle-de-qualidade-eras-e-os-rodrigo/?originalSubdomain=pt>

BERNARDINO, L. L. (2014). *UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA A INFLUÊNCIA DO MODELO DE GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL (GQT) NA ADMINISTRAÇÃO ATUAL DE EMPRESAS BAIANAS QUE TRILHAM O CAMINHO RUMO À EXCELENCIA*.

<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/24044/1/Lis%20Lisboa%20Bernardino.pdf>

CAMARGO, R. F. (2017, July 4). *Ciclo PDCA e como ele trabalha com a melhoria contínua*. Treasy | Planejamento E Controladoria. <https://www.treasy.com.br/blog/ciclo-pdca/>

Costa, R. (2019, August 12). *TQM - Total Quality Management - Portal Gestão*. Wwww.portal-Gestao.com. <https://www.portal-gestao.com/posts/810500-tqm-total-quality-management.html>

De Sande Marinha Lemos Costa, P. (n.d.). *A QUALIDADE = EVOLUÇÃO DO CONCEITO* =.

https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/2134/1/PP_PaulaLemosCosta_2013.pdf

Drucker, P. F. (2007). *Innovation and entrepreneurship : practice and principles*. Elsevier Butterworth-Heinemann.

- Frost, J. (2019, February 11). *Using Histograms to Understand Your Data - Statistics By Jim*. Statistics by Jim. <https://statisticsbyjim.com/basics/histograms/>
- Frost, J. (2021). *Root Mean Square Error (RMSE)*. Statistics by Jim. <https://statisticsbyjim.com/regression/root-mean-square-error-rmse/>
- Frost, J. (2021, November 12). *Mean Squared Error (MSE)*. Statistics by Jim. <https://statisticsbyjim.com/regression/mean-squared-error-mse/>
- Gurus, Q. (2021, December 24). *Seven Quality Tools – Scatter Diagram*. Quality Gurus. <https://www.qualitygurus.com/seven-quality-tools-scatter-diagram/#:~:text=Quality%20practitioners%20use%20a%20Scatter>
- Hashmi, K. (2010, March 16). *Introduction and Implementation of Total Quality Management (TQM)*. Isixsigma.com. <https://www.isixsigma.com/total-quality-management-tqm/introduction-and-implementation-total-quality-management-tqm/>
- Hessing, T. (2014, December 6). *Interrelationship digraph (network diagram)*. Six Sigma Study Guide. <https://sixsigmastudyguide.com/interrelationship-digraph-network-diagram/>
- HILLIER, W. (2021, November 12). *What Is Data Cleaning and Why Does It Matter?* Careerfoundry.com. <https://careerfoundry.com/en/blog/data-analytics/what-is-data-cleaning/>
- InfraSpeak Team. (2023, January 16). *7 dicas infalíveis para melhorar a gestão das relações com fornecedores • Infraspeak Blog*. Infraspeak Blog. <https://blog.infraspeak.com/pt-pt/melhorar-gestao-das-relacoes-com-fornecedores/>
- Islam, M., & Haque, A. (2012). Pillars of TQM Implementation in Manufacturing Organization-An Empirical Study. *Journal of Research in International Business and Management*, 2(5), 128–141. <https://www.interesjournals.org/articles/pillars-of-tqm-implementation-in-manufacturing-organization-an-empirical-study.pdf>
- Juran, J. M. (1988). *Juran on Planning for Quality*. New York: Free Press.

- Juran, J. M., & A Blanton Godfrey. (1999). *Juran's quality handbook*. McGraw Hill.
- Kaoru Ishikawa. (2015). Quality Gurus. <https://www.qualitygurus.com/kaoru-ishikawa/>
- Knowles, G. (2011). *Quality Management*. <https://www.znrfak.ni.ac.rs/SERBIAN/010-STUDIJE/OAS-3-2/PREDMETI/III%20GODINA/316-KOMUNALNI%20SISTEMI%20I%20ZIVOTNA%20SREDINA/SEMINARSKI%20RADOVI/2014/S175%20-%20S200.pdf>
- Kučerová, M., & Škúrková Lestyánszka, K. (2013). FACTUAL APPROACH IN DECISION MAKING – THE PREREQUISITE OF SUCCESS IN QUALITY MANAGEMENT. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*, 21(33), 1–7.
<https://doi.org/10.2478/rput-2013-0033>
- Mecalux. (2020, December 11). *La méthode Poka-Yoke expliquée en 5 exemples*. [Www.mecalux.fr](http://www.mecalux.fr).
<https://www.mecalux.fr/blog/poka-yoke>
- Meteo France, Purdue University, Brooks, H., Brown, B., Environment Canada, Deutscher Wetterdienst, ECMWF, University of Munich, Finnish Meteorological Institute, The Met Office, Erbert, B., Ferro, C., Jenkner, J., Jolliffe, I., Koh, T.-Y., Roebber, P., & Stephenson, D. (Eds.). (2017). *Forecast Verification methods Across Time and Space Scales*. Cawcr.gov.au.
<https://www.cawcr.gov.au/projects/verification/>
- Minitab. (2019, March 27). *Análise de regressão: Como interpretar o R-quadrado e avaliar a qualidade de ajuste?* [Blog.minitab.com](https://blog.minitab.com/pt/analise-de-regressao-como-interpretar-o-r-quadrado-e-avaliar-a-qualidade-de-ajuste). <https://blog.minitab.com/pt/analise-de-regressao-como-interpretar-o-r-quadrado-e-avaliar-a-qualidade-de-ajuste>
- Misztal, A. (2010, January). *Eight quality management principles - practical context*.
https://www.researchgate.net/publication/259479704_Eight_quality_management_principles_-_practical_context

- Neyestani, B. (2017). *Seven Basic Tools of Quality Control: The Appropriate Techniques for Solving Quality Problems in the Organizations*.
[https://www.researchgate.net/publication/315656326_Seven_Basic_Tools_of_Quality_Contr
 ol_The_Appropriate_Techniques_for_Solving_Quality_Problems_in_the_Organizations](https://www.researchgate.net/publication/315656326_Seven_Basic_Tools_of_Quality_Control_The_Appropriate_Techniques_for_Solving_Quality_Problems_in_the_Organizations)
- Omachonu, V. K., Ross, J. E., & Swift, J. A. (2004). *Principles of total quality*. Crc Press.
- Paulilo, J. (2017, December 7). *7 dicas práticas para usar o conceito de foco no cliente em sua empresa*. Blog Do Agendor. <https://www.agendor.com.br/blog/conceito-de-foco-no-cliente/>
- Pedra, D. (2021, May 17). *O que é Ciclo PDCA e como aplicar para atingir melhores resultados*. Siteware. <https://www.siteware.com.br/metodologias/ciclo-pdca/>
- Pedra, D. (2022, October 5). *Como fazer diagrama de Pareto passo a passo e [TUTORIAL]*. Siteware. <https://www.siteware.com.br/metodologias/como-fazer-diagrama-de-pareto/>
- Pockell, L., & Avila, A. (2007). *The 101 Greatest Business Principles of All Time*. Hachette UK.
- S. Faesarella , Iveté, B. Sacomano , Cj., & C.R. Carpinetti, L. (2013). *Gestão da Qualidade: Conceitos e Ferramentas*. <http://repositorio.eesc.usp.br/server/api/core/bitstreams/a4b321b2-bad5-415d-bae2-f4b59f083a7d/content>
- Santos, A., Vitor, J., Pozzetti, T., Vieira De Moraes, P., & Avelino, C. (2020). *Utilização da ferramenta Diagrama de Pareto para auxiliar na identificação dos principais problemas nas empresas Using the Pareto Diagram tool to help identify key business issues*.
<https://unisalesiano.com.br/aracatuba/wp-content/uploads/2020/12/Artigo-Utilizacao-da-ferramenta-Diagrama-de-Pareto-para-auxiliar-na-identificacao-dos-principais-problemas-nas-empresas-Pronto.pdf>
- Taylor, C. (2018). *Detect the Presence of Outliers With the Interquartile Range Rule*. ThoughtCo. <https://www.thoughtco.com/what-is-the-interquartile-range-rule-3126244>
- Thiel, P. (2014). *Zero to One: Notes on startups, or How to Build the Future*. Virgin Books, Cop.

Vandeput, N. (2021, April 1). *Forecast KPI: RMSE, MAE, MAPE & Bias*. Medium.

<https://towardsdatascience.com/forecast-kpi-rmse-mae-mape-bias-cdc5703d242d>

Chaudhary, S. (2020, August 26). Why “1.5” in IQR Method of Outlier Detection? Medium.

<https://towardsdatascience.com/why-1-5-in-iqr-method-of-outlier-detection-5d07fdc82097>

Mcleod, S. (2019, May 17). Z-Score: Definition, Calculation and Interpretation. Simplypsychology.org;

Simply Psychology. <https://www.simplypsychology.org/z-score.html>

Anexo 1 – Exemplo da distribuição do caso com função inovadora

