



PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA ABRANGENTE PARA A MELHORIA DO PROCESSO

ROBERTO JOSÉ BARROS MONTEIRO

novembro de 2023

PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA ABRANGENTE PARA A MELHORIA DO PROCESSO

Roberto José Barros Monteiro

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de Especialização em Sistemas de planeamento Industrial

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Roberto José Barros Monteiro, Nº 1091034, 1091034@isep.ipp.pt

Orientação científica: Professor Paulo António da Silva Ávila, psa@isep.ipp.pt

Coorientação: Professor Luís Pinto Ferreira, lpf@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Sistemas de planeamento Industrial

2023

Agradecimentos

Um agradecimento ao orientador **Professor Paulo Ávila** e ao coorientador **Professor Luís Pinto Ferreira** pela competência científica, acompanhamento do trabalho, atenção e generosidade da disponibilização da informação, pelas críticas, correções e sugestões relevantes feitas durante a orientação.

Um especial obrigado à minha esposa, Mariana Monteiro, pelo apoio dado durante a elaboração do trabalho, pela paciência e pelo companheirismo nos momentos mais complicados do projeto.

Resumo

A crescente exigência do mercado obriga as empresas a oferecer produtos e serviços de alta qualidade a preços competitivos para assegurar a sua sobrevivência. Assim, as organizações são forçadas a racionalizar recursos, recorrendo a metodologias de melhoria contínua para otimizar o processo e baixar custos.

Este trabalho avalia e compara exaustivamente as principais metodologias de melhoria contínua PDCA, DMAIC, DMADV, MASP, 8D, TOC e MAFP, identificando elementos comuns que contribuem para a melhoria dos processos. Porém, cada metodologia aborda um tipo de problema, dificultando a escolha da metodologia mais adequada. Será que a utilização de uma metodologia é suficiente para melhorar a eficiência de um processo ou será que devemos uni-las para formular uma resolução mais completa para os problemas encontrados? A crescente complexidade das empresas obriga a usar um conjunto de ferramentas para resolver o problema. Para integrar as valências dos métodos explorados, Ávila et al (1999) propõe uma Metodologia de Análise de Fluxo de processo (MAFP) validada com um caso prático publicado. Contudo, este método termina antes da implementação do plano de melhorias, deixando as equipas sem estrutura para implementar, controlar e validar as mudanças. Como tal, este trabalho propõe uma Metodologia De Análise E Melhoria Do Processo (MAMP). O MAMP aproveita a base do MAFP e reúne sinergicamente os elementos-chave identificados na análise num modelo integrado com as seguintes etapas: Seleção dos produtos/processos a analisar, identificação dos problemas, formulação do plano de melhorias, validação do plano, programação da implementação, implementação e controlo e Validação final.

Esta metodologia é estruturada, prescritiva e flexível a vários setores e cenários. Incorpora ferramentas de diagnóstico, análise de dados, estratégias de implementação e métricas de avaliação para guiar as organizações. Com a validação teórica do MAMP, falta validar num caso prático para assegurar a sua viabilidade, tornando-se uma referência na melhoria contínua de processos neste contexto organizacional dinâmico.

Palavras-Chave

Processo, Melhoria, PDCA, DMAIC, DMADV, MASP, 8D, TOC, MAFF, MAMP, IDEF, Fluxograma.

Abstract

The growing market demand forces companies to offer high-quality products and services at competitive prices to ensure their survival. Thus, organizations are forced to rationalize resources, resorting to continuous improvement methodologies to optimize the process and lower costs.

This work exhaustively evaluates and compares the main methodologies of continuous improvement PDCA, DMAIC, DMADV, MASP, 8D, TOC and MAFP, identifying common elements that contribute to process improvement. However, each methodology addresses a type of problem, making it difficult to choose the most appropriate methodology. Is the use of one methodology enough to improve the efficiency of a process or should we unite them to formulate a more complete solution to the problems encountered? The increasing complexity of companies forces them to use a set of tools to solve the problem. To integrate the benefits of the methods explored, Ávila et al (1999) propose a Process Flow Analysis Methodology (MAFP) validated with a published case study. However, this method ends before the implementation of the improvement plan, leaving teams without the structure to implement, control, and validate the changes. Given so, this work proposes a Process Analysis and Improvement Methodology (MAMP). MAMP takes advantage of the MAFP base and synergistically brings together the key elements identified in the analysis in an integrated model with the following steps: Selection of products/processes to be analysed, identification of problems, formulation of the improvement plan, validation of the plan, implementation programming, implementation and control and final validation.

This methodology is structured, prescriptive, and flexible to various sectors and scenarios. It incorporates diagnostic tools, data analysis, implementation strategies, and evaluation metrics to guide organizations. With the theoretical validation of MAMP, it remains to be validated in a practical case to ensure its feasibility, becoming a reference in the continuous improvement of processes in this dynamic organizational context.

Keywords

Process, Improvement, PDCA, DMAIC, DMADV, MASP, 8D, TOC, MAFP, MAMP, IDEF, Flowchart.

Résumé

La demande croissante du marché oblige les entreprises à offrir des produits et services de haute qualité à des prix compétitifs pour assurer leur survie. Ainsi, les organisations sont obligées de rationaliser les ressources, en recourant à des méthodologies d'amélioration continue pour optimiser le processus et réduire les coûts.

Ce travail évalue et compare de manière exhaustive les principales méthodologies d'amélioration continue PDCA, DMAIC, DMADV, MASP, 8D, TOC et MAFP, en identifiant les éléments communs qui contribuent à l'amélioration des processus. Cependant, chaque méthodologie aborde un type de problème, ce qui rend difficile le choix de la méthodologie la plus appropriée. L'utilisation d'une méthodologie suffit-elle à améliorer l'efficacité d'un processus ou faut-il les unir pour formuler une solution plus complète aux problèmes rencontrés? La complexité croissante des entreprises les oblige à utiliser un ensemble d'outils pour résoudre le problème. Pour intégrer les valences des méthodes explorées, Ávila et al (1999) proposent une méthodologie d'analyse des flux de processus (MAFP) validée par une étude de cas publiée. Cependant, cette méthode s'arrête avant la mise en œuvre du plan d'amélioration, laissant les équipes sans la structure pour mettre en œuvre, contrôler et valider les changements. A ce titre, ce travail propose une Méthodologie d'Analyse et d'Amélioration des Processus (MAMP). MAMP tire parti de la base MAFP et rassemble en synergie les éléments clés identifiés dans l'analyse dans un modèle intégré avec les étapes suivantes: Sélection des produits/procédés à analyser, identification des problèmes, formulation du plan d'amélioration, validation du plan, programmation de la mise en œuvre, mise en œuvre et contrôle et validation finale.

Cette méthodologie est structurée, prescriptive et flexible en fonction de divers secteurs et scénarios. Il intègre des outils de diagnostic, d'analyse de données, de stratégies de mise en œuvre et de mesures d'évaluation pour guider les organisations. Avec la validation théorique de MAMP, il reste à le valider dans un cas pratique pour s'assurer de sa faisabilité, devenant une référence dans l'amélioration continue des processus dans ce contexte organisationnel dynamique.

Mots-clés

Processus, Amélioration, PDCA, DMAIC, DMADV, MASP, 8D, TOC, MAFP, MAMP, IDEF, Organigramme.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
RESUME	VII
ÍNDICE.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XV
ACRÓNIMOS.....	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Organização do relatório.....	4
2. ESTADO DA ARTE.....	5
2.1 Contexto Histórico	5
2.2 A importância das metodologias de melhoria contínua e os seus objetivos.....	7
2.3 Metodologias	10
2.3.1 Ciclo PDCA.....	10

2.3.2	METODOLOGIA DMAIC.....	14
2.3.3	METODOLOGIA DMADV	17
2.3.4	Metodologia MASP.....	20
2.3.5	Metodologia 8D.....	23
2.3.6	Teoria das restrições (TOC).....	27
2.3.7	Metodologia de Análise do fluxo de processo e a sua aplicação ÁVILA ET AL. (1999)	29
2.4	ANÁLISE COMPARATIVA DAS METODOLOGIAS	33
2.5	Linguagens Gráficas para a sua representação	41
2.5.1	IDEF	41
2.5.2	Fluxograma.....	43
3.	PROPOSTA DE METODOLOGIA DE ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO (MAMP)	45
3.1	Contextualização da nova metodologia	45
3.2	A metodologia de análise e melhoria de processo (MAMP)	47
3.2.1	Seleção do processo a analisar	50
3.2.2	Identificação dos principais problemas.....	51
3.2.3	Formulação do plano de melhorias.....	54
3.2.4	Validação do plano de melhorias.....	57
3.2.5	Programação da implementação	58
3.2.6	Implementação e controlo	60
3.2.7	Validação final da implementação.....	63
4.	AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA	67
4.1	Comparação com as metodologias estudadas.....	67

4.2	Validação	71
5.	CONCLUSÃO	73
5.1	Conclusões do trabalho	73
5.2	Melhorias futuras	74
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	75

Índice de Figuras

Figura 1 – Ciclo PDCA	10
Figura 2 -Modelo de Ávila et al (1999)	31
Figura 3 - Um diagrama principal em linguagem gráfica IDEF0	42
Figura 4 - Esquema teórico de um fluxograma	43
Figura 5 - Linguagem utilizada nos fluxogramas	44
Figura 6 --Adaptado da estrutura inicial da metodologia de Ávila et al. (1999)	48
Figura 7 - Proposta complementar ao modelo proposto por ÁVILA ET AL. (1999)	49

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Resumo do Ciclo PDCA	10
Tabela 2 – Resumo da metodologia DMAIC	14
Tabela 3 – Resumo da metodologia DMADV	18
Tabela 4 - Resumo da Metodologia MASP	20
Tabela 5 - Resumo da Metodologia 8D (Zarghami & Benbow, 2017)	24
Tabela 6 – Resumo da metodologia TOC	27
Tabela 7 - Análise comparativa das metodologias de melhoria contínua (adaptada de Pacheco (2014) & Nave (2002)).	37
Tabela 8 - Questões de ajuda à formulação do plano de melhorias (Adaptado de Ishiwata, 1991)	54
Tabela 9 – Tabela comparativa das metodologias estudadas com a metodologia proposta	69

Acrónimos

BSC	-	Balance Scorecard
CPM	-	Critical Path Method
DMADV	-	Define, Measure, Analyze, Design, Verify
DMAIC	-	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
FMEA	-	Failure Mode and Effects Analysis
GUT	-	Gravidade, Urgência, Tendência
IDEF	-	Integrated Definition for Function Modelling
KPI	-	Key Performance Indicator
MAFP	-	Metodologia De Análise Do Fluxo De Processo E A Sua Aplicação
MAMP	-	Metodologia Abrangente De Melhoria De Processo
MASP	-	Metodologia de Análise e Solução de Problemas
MSP	-	Método de solução de problemas
PDCA	-	Plan, Do, Check, Act
PERT	-	Project Evaluation and Review Technique
QFD	-	Quality Function Deployment
SDCA	-	Standardize, Do, Check, Act
SGQ	-	Sistema de gestão da qualidade
SMED	-	Single Minute Exchange of Dies

SWOT - Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

TOC - Theory of Constraints

VSM - Value Stream Mapping

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A globalização veio apagar as fronteiras do conhecimento, aumentando a rapidez do fluxo de informação disponível e intensificando a competição entre empresas a nível internacional. Esta luta pela cota de mercado tem levado as organizações a procurar meios para se adaptarem cada vez mais rápido a mudanças abruptas na oferta e na procura, avanços tecnológicos e pressões económicas e regulamentares para não perder a corrida pela sua subsistência (New York Times, 2018). A constância destas alterações obriga as empresas a adotarem metodologias de Melhoria Contínua para melhorar o desempenho dos seus processos, produtos e serviços de forma sistemática.

Como tal, a Melhoria Contínua é cada vez mais um complemento à inovação incremental a todos os níveis da empresa, com o pressuposto de que a qualidade é responsabilidade de todos (Bessant et al., 1994). Esta filosofia de gestão permite identificar e eliminar os desperdícios e otimizar a eficiência e eficácia dos processos para criar valor e assim garantir a satisfação dos clientes (Pinto, 2009). Para atingir os objetivos propostos pela filosofia da melhoria contínua, é necessário implementar metodologias concretas no interior das organizações que possam ser seguidas pelas equipas.

Embora o conceito de melhoria contínua seja simples, a sua manutenção ao longo do tempo nas organizações, através das suas metodologias, é complexa (Bessant et al., 1994). A crescente preocupação das empresas em melhorar a eficiência dos seus processos também incentiva a racionalização dos recursos utilizados para baixar os custos e os tempos associados ao planeamento e execução dos mesmos (Pinto, 2014). No entanto, a aplicação de metodologias de forma fundamentalista ou incorreta não contribui para a racionalização dos recursos pretendida pela filosofia (Bessant et al., 1994).

De forma a rentabilizar os recursos, diminuir os defeitos e garantir a reprodutibilidade dos produtos e processos das empresas, este trabalho pretende desenvolver uma metodologia integrada. Para isso, exploramos as valências da metodologia PDCA, DMAIC, DMADV, MASP, 8D e TOC na literatura e analisamos a proposta de ‘metodologia de análise e melhoria do processo’ MAFP de (Ávila et al, 1999) de forma a integrar tudo e assim construir uma solução mais completa, sem sacrificar a sua praticidade e consequente exequibilidade. O objetivo é apresentar uma solução que contribua para a evolução das metodologias de melhoria contínua para que estas sejam não só mais eficazes como também mais sustentáveis a longo prazo.

A melhoria contínua é um tema cada vez mais relevante nas organizações nas últimas décadas. Com a intensificação da competição nos mercados globais, as empresas enfrentam a necessidade de se adaptar mais rapidamente às exigências do mercado, aumentando a eficiência dos seus processos e reduzindo custos para conseguir oferecer produtos e serviços de qualidade a preços competitivos sob pena de não sobreviver.

Porém, muitas organizações continuam a enfrentar desafios na implementação efetiva da melhoria contínua. Primeiramente, a variedade de metodologias e suas ferramentas na literatura, que prometem a excelência operacional e a satisfação do cliente, pode levar as empresas a dispersarem com a complexidade da sua aplicação e manutenção ao longo do tempo, assim como o custo da implementação. Além disso, questões como resistência à mudança, falta de liderança e cultura organizacional inadequada também contribuem para dificultar a correta adoção e a sustentabilidade dessas práticas (Maurer, 2012). Por isso, muitas organizações procuram serviços de consultoria para navegar o mar de ferramentas disponíveis, a sua complexidade, o esforço financeiro da sua aplicação e o nível de flexibilidade necessária para tirar partido da filosofia.

Portanto, há uma necessidade crescente de investigar e compreender os fatores críticos para o sucesso das metodologias de melhoria contínua e identificar estratégias eficazes para superar esses desafios sob pena de desperdiçar recursos no que não se traduz numa solução integrada e eficaz para as necessidades das organizações modernas.

1.2. OBJETIVOS

De forma a rentabilizar os recursos das empresas, este trabalho pretende desenvolver uma metodologia integrada de melhoria contínua dos processos. Para isso, partimos da análise da proposta de 'metodologia de análise e melhoria do processo' de (Ávila et al, 1999) e integramos as valências da metodologia PDCA, DMAIC, DMADV, MASP, 8Ds e Teoria das Restrições (TOC) de forma a construir uma solução mais completa, sem sacrificar a sua praticidade e exequibilidade.

Será que a utilização de uma metodologia é suficiente para melhorar a eficiência de um processo ou será que devemos uni-las para formular uma resolução mais completa para os problemas encontrados? O objetivo é apresentar uma metodologia que contribua para a evolução das metodologias de melhoria de processo de forma a torná-las não só eficazes como também sustentáveis a longo prazo.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo é introduzido e contextualizado o tema da melhoria contínua e as suas metodologias. Seguem-se as motivações que levaram à realização do trabalho e os objetivos do mesmo. O segundo capítulo incide na apresentação do conhecimento consolidado na área. No terceiro capítulo é proposta uma nova metodologia com base no conhecimento reunido no capítulo anterior. No quarto capítulo são apresentadas as validações do método e comparações com as restantes metodologias estudadas. No quinto e último capítulo é apresentado as conclusões do trabalho realizado e são sugeridas melhorias futuras.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

No rescaldo da segunda guerra mundial, a economia japonesa estava frágil, dominada pelo poderio dos sindicatos locais e limitada pelos seus concorrentes internacionais que se agarraram a impostos e embargos para defender os seus próprios mercados. Com escassos recursos financeiros e impossibilitados pelos sindicatos de utilizar maquinaria pesada, a *Toyota Motor Company* tomou a difícil decisão de se concentrar unicamente na produção de carros (Dave, 2020). Enquanto o mercado automóvel europeu e americano investia em novas linhas de produção, a Toyota estava limitada a poucas linhas para uma variedade de modelos de carros. Foi então que Taiichi Ohno, engenheiro mecânico responsável pela produção da fábrica, percebeu que a Toyota só ia conseguir

sobreviver se desenvolvesse um sistema que permitisse produzir vários modelos de carros ao mesmo preço da concorrência. Para isso, passou dez anos a trabalhar na diminuição dos tempos de conversão, na minimização do inventário, na melhoria da qualidade dos carros e na produção em batch (Ohno & Norman, 1988). Este sistema de melhoria contínua é hoje conhecido como o sistema de produção da Toyota. Esta abordagem de aumento de velocidade e flexibilidade converteu o modelo da gigante japonesa numa cultura organizacional onde cada funcionário é responsável pela melhoria contínua do seu processo. Desde então, a globalização exponenciou o nível de concorrência, levando as empresas a adotarem a ideologia *Lean* para aperfeiçoar os seus processos para conseguir criar valor, minimizando o desperdício, e assim os custos desnecessários para melhor satisfazer as necessidades dos seus clientes (Pinto, 2014). Assim, a Melhoria Contínua tornou-se uma necessidade e não uma escolha para assegurar a continuidade do negócio.

A filosofia da melhoria contínua é conhecida pelo nome *Kaizen* no Japão onde *Kai* significa mudança e *Zen* significa melhor. Portanto, aplicar o *Kaizen* nas organizações significa mudar para melhor. No contexto de uma empresa, a melhoria contínua traduz-se em alterações pequenas e contínuas nos processos ao longo do tempo para aumentar a sua produtividade e eficiência. No entanto, não é exequível investir em todo o lado ao mesmo tempo porque os recursos das empresas são limitados (Hoang, 2014). Com recursos limitados e um leque de problemas, como é que as empresas podem escolher as suas batalhas e organizar os seus recursos para garantir que esta ideologia é tão útil como aplicável? As metodologias de melhoria contínua oferecem uma fórmula estruturada para a identificação, priorização, solução e controlo dos problemas. As metodologias mais comuns na literatura incluem o ciclo PDCA, DMAIC, DMADV, MASP, 8D, a Teoria das Restrições e a MAFP que vamos explorar mais adiante. Com a ajuda de ferramentas, estas metodologias analisam o impacto de cada etapa de um processo na organização (Pinto, 2014). A falta de enquadramento de uma melhoria ou a incorreta aplicação da metodologia de melhoria contínua poderá resultar em custos avultados (Bessant et al, 1994). Por isso, é fundamental não só escolher como saber combinar as metodologias para estancar os problemas nas organizações.

2.2 A IMPORTÂNCIA DAS METODOLOGIAS DE MELHORIA CONTÍNUA E OS SEUS OBJETIVOS

Antes de explorar o leque de metodologias de melhoria contínua mais comuns na literatura, é importante explicar a sua pertinência, os objetivos a que se propõem de um modo geral e os fatores de sucesso e insucesso.

A nível interno, a aplicação de metodologias de melhoria contínua promove uma estrutura de trabalho, com etapas e orientação clara, sob forma de objetivos, com tarefas para conduzir os esforços de melhoria da forma mais eficiente. Estas metodologias fornecem ferramentas como o diagrama de *Ishikawa*, os 5 Porquês ou a análise de regressão para executar as tarefas definidas em cada etapa das metodologias aplicadas. Estabelecem, também, uma linguagem comum e conceitos partilhados entre os vários níveis hierárquicos, facilitando e promovendo a comunicação entre as equipas e a partilha de conhecimento. Adicionalmente, seguir uma metodologia permite que as organizações possam rastrear o seu progresso, medir o impacto das mudanças implementadas e estabelecer metas claras para o futuro. Escolher e seguir um método de melhoria contínua permite uma avaliação objetiva do sucesso das alterações implementadas e fornece informações valiosas para futuras iniciativas de melhoria (Tempelman & Schildmeijer, 2022).

A nível externo, estas metodologias de melhoria contínua são amplamente reconhecidas no mercado, atribuindo credibilidade às empresas que as adotarem corretamente (Hoang, 2014). Muitas metodologias têm certificações associadas, como a inclusão do ciclo PDCA na norma ISO 9001:2015 da Qualidade, ou são amplamente adotadas em determinados setores, como a metodologia 8D na indústria automóvel (Zarghami & Benbow, 2017). Consequentemente, demonstrar que a organização segue uma metodologia estabelecida gera negócio e facilita parcerias porque permite que as entidades falem a mesma língua organizacional.

O objetivo principal das metodologias de Melhoria Contínua é melhorar continuamente os processos em mãos (Bessant et al., 1994). Contudo, cada metodologia

agrega o seu valor e por isso cada uma tem os seus próprios objetivos, sejam eles otimizar, ou estabilizar o processo, satisfazer o cliente, estancar problemas, entre outros.

Embora adotar metodologias de melhoria contínua seja importante, é fundamental que estas se adaptem às necessidades específicas da organização para garantir que ela é relevante e eficaz (Paipa-Galeano et al., 2020). Algumas destas metodologias, como o ciclo PDCA, são simples e fáceis de entender, podendo ser usadas por várias pessoas dentro da empresa. Outras, como a metodologia 8D, são mais complexas e requerem um conjunto de competências que só alguns possuem. Por isso, é fundamental que o conjunto de metodologias aplicadas esteja em linha com as competências da equipa para garantir uma implementação bem-sucedida e resultados positivos (Pacheco, 2014).

Em linha com o estudo de Paipa-Galeano et al. (2020), os seguintes fatores influenciam comprovadamente o sucesso da aplicação das metodologias de melhoria contínua de forma positiva nas organizações:

1. As empresas devem assegurar que os integrantes da equipa recebem **formação** nomeadamente na deteção e desenvolvimento da solução do problema. A formação comprovadamente aumenta a motivação da equipa e atenua a sua resistência à mudança.
2. O **envolvimento e suporte** prestado por parte da gestão de topo promove maior fluidez no processo de melhoria contínua dos processos.
3. A disponibilização dos **recursos** necessários (fundos, maquinaria, colaboradores etc.) é fundamental para desempenhar as ações de melhoria identificadas pelas metodologias.
4. A figura de **liderança** determina a direção dos esforços da equipa alocada ao projeto de melhoria contínua. É este quem define a metodologia a seguir e quais as ferramentas empregues, gere as atividades e coordena os recursos.
5. Desenvolver e utilizar as **métricas** de desempenho do processo corretamente vai determinar a quantidade e qualidade da informação disponível para que a equipa afeta ao projeto possa tomar decisões.
6. A **organização da equipa multidisciplinar** alocada ao projeto garante que o fluxo de informação é contínuo e que as tarefas são definidas e alocadas de forma clara.

7. A **escolha adequada da metodologia** de melhoria contínua confere uma estrutura formal e foco à equipa de trabalho.
8. **Definir objetivos** de forma consensual e clara estabelece um foco e limita o âmbito do projeto em mãos.
9. **Instituir os procedimentos** e as regras das metodologias de forma clara para garantir a sua normalização no processo.
10. **Envolver a equipa** no desenvolvimento da solução para o problema identificado no processo assegura o compromisso de cada colaborador.
11. **Reconhecer o trabalho da equipa** gera compromisso e motivação dos membros, sejam estes materiais ou imateriais.
12. Padronizar o **sistema de avaliação** das equipas assegura o mesmo sistema para todos os colaboradores assim como o registo dos resultados dos mesmos para que possam aprender com eles.

Contudo, este estudo também identificou fatores responsáveis pelo insucesso das metodologias de melhoria contínua. O primeiro é a resistência à mudança pelo facto de a melhoria estar associada ao aumento da carga de trabalho. Se esta mudança for vista como um fardo em vez de tarefas diárias normais, a desmotivação instala-se entre a equipa de trabalho. Por fim, sendo a comunicação inerente às metodologias de melhoria contínua, qualquer dificuldade em manter o fluxo de comunicação entre a equipa prejudica seriamente o sucesso do método (Paipa-Galeano et al., 2020).

2.3 METODOLOGIAS

2.3.1 CICLO PDCA

O ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) é uma metodologia de melhoria contínua desenvolvida por Walter A. Shewhart em 1950. Embora não a tenha desenvolvido, foi William E. Deming que promoveu o método na indústria japonesa que, com a experiência bem-sucedida do caso Toyota, rapidamente acolheu o método, passando a chamá-lo o ciclo de Deming (Johnson, 2002). A metodologia PDCA procura diminuir o desperdício e aumentar o lucro, focando no estudo do fluxo do processo. Adicionalmente, traduz a natureza repetitiva e contínua da melhoria contínua em quatro fases, instruindo as empresas a primeiro planejar uma ação, depois executá-la, confirmar que está de acordo com o que foi planejado e por fim atuar com base nos resultados (Sokovic et al., 2010).

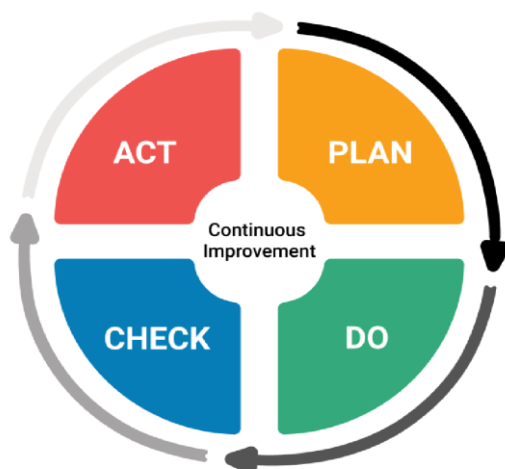


Figura 1 – Ciclo PDCA

Como ilustrado na figura 1, a metodologia PDCA é apresentada em forma de ciclo devido à continuidade inerente à filosofia da melhoria contínua.

Tabela 1 – Resumo do Ciclo PDCA

Etapa	<i>PLAN</i>	<i>DO</i>	<i>CHECK</i>	<i>ACT</i>
Objetivo	Identificar os problemas e analisar a causa raiz	Escolher e implementar soluções	Comparar resultados com objetivos iniciais	Tomar ações baseadas nas conclusões
Ferramentas	<i>Brainstorming</i> , SWOT, Diagrama de <i>Ishikawa</i>	5W2H, Gráfico <i>Gantt</i>	Gráficos de tendências, auditorias	NA

A metodologia PDCA começa com a etapa **Plan (Planear)**. Nesta etapa, a equipa tem de identificar os problemas e analisar a causa raiz para poder desenvolver soluções, organizadas num plano de ação. Para isso, definimos objetivos claros e mensuráveis, identificamos os processos envolvidos na potencial mudança e os recursos necessários para os atingir (Johnson, 2002). Nesta fase, é importante prever potenciais obstáculos para preparar um plano de ação para a sua mitigação. Para identificar estes obstáculos e formular objetivos a seguir, a organização pode empregar algumas ferramentas como o *brainstorming*, a análise SWOT ou o diagrama de *Ishikawa* (Moreira et al., 2021). O objetivo é identificar a principal causa do problema para que possa ser alvo de melhoria. A simplicidade das ferramentas apresentadas permite que sejam usadas de forma transversal pelas equipas de trabalho, mas falha na escassez de detalhe que pode provocar decisões erradas. Ainda assim, promovem proatividade na antevisão de problemas ainda que não passem de um modelo estático que não acompanha a evolução do mercado dinâmico em que vivemos. Portanto, o ideal é usar a ferramenta em conjunto com outras para mitigar estas limitações (Hoang, 2014). Segundo Pinto (2008), para que a metodologia funcione, os objetivos devem ser estabelecidos em linha com as especificações do cliente.

Segue-se a etapa **Do (fazer)**, onde são escolhidas e implementadas soluções aos problemas identificados na fase anterior (Johnson, 2002). Segundo a norma 9001:2015 da Qualidade, para garantir que as ações são implementadas tal como foram planeadas, é crucial acompanhar a execução. Devido à inconstância do mercado, é natural que surjam novas informações ou desafios inesperados levando a ajustes ao plano original. Para definir as tarefas necessárias para executar o projeto, as organizações podem usar a ferramenta 5W2H. Para acompanhar a execução das tarefas definidas ao longo do tempo, as organizações podem empregar ferramentas de planeamento e gestão como o gráfico de *Gantt* (Moreira et al., 2021).

A terceira etapa do ciclo PDCA é **Check (Verificar)**. Após a implementação do plano, é essencial verificar se os resultados alcançados estão de acordo com as metas estabelecidas (Johnson, 2002). Na ótica da qualidade, a norma ISO 9001:2015 aconselha a monitorizar e, sempre que possível, medir as melhorias aos processos e produtos em análise, comparando-os com “políticas, objetivos, requisitos e atividades planeadas” de forma a poder reportar os resultados com base em evidências. Este processo permite aferir

os desvios daquilo que foi planeado e assim determinar o desempenho da melhoria implementada na segunda etapa do ciclo PDCA. Mais do que inspecionar a melhoria, o modelo valoriza a validação da eficácia das ações empreendidas ao longo do tempo (Moreira et al., 2021). A análise dos dados pode ser feita através de gráficos de tendências que permitem monitorizar o desempenho dos processos, identificando variações e desvios. Para isso podemos aplicar programas como o *minitab*, amplamente utilizado pelas equipas de consultoria com filosofia LEAN, onde se insere o PDCA. Com estas informações, podemos ajustar o plano de ação anteriormente definido. A empresa pode também recorrer a auditorias externas para validar as conclusões extraídas da análise interna da equipa (Moreira et al., 2021).

A última etapa do ciclo PDCA **Act (Atuar)** está dividida em duas sub-etapas: a padronização da solução e a efetivação para evitar erros futuros. A padronização da solução permite prevenir problemas similares no futuro. A efetivação depende do registo do método implementado e dos seus outputs para poupar tempo e recursos em futuras análises de processo (Moreira et al, 2021).

Esta padronização gerou uma variante deste método chamada SDCA. De acordo com Krzysztof & Krzysztof (2015), o SDCA é um ciclo de melhoria contínua que se baseia em quatro etapas principais: padronizar, fazer, verificar e agir. A padronização é fundamental para a melhoria contínua, pois garante que os processos sejam realizados de forma consistente e eficiente. Na etapa de padronização, são definidos os procedimentos e os padrões que serão seguidos pelos processos. Isso inclui a definição de objetivos, metas, indicadores e métodos. Na etapa de fazer, os processos são executados de acordo com os padrões definidos. Na etapa de verificar, são coletados dados para avaliar os resultados dos processos. Isso pode ser feito por meio de indicadores de desempenho, auditorias ou outras ferramentas. Na etapa de agir, são realizadas ações para melhorar os processos. Isso pode incluir a correção de desvios, a identificação de oportunidades de melhoria e a implementação de mudanças. O SDCA é importante para a melhoria contínua porque:

- Garante a consistência dos processos, o que é essencial para a melhoria.

- Ajuda a identificar oportunidades de melhoria, pois os dados coletados na etapa de verificação podem apontar problemas ou áreas que podem ser melhoradas.
- Facilita a implementação de mudanças, pois os processos são padronizados e, portanto, mais fáceis de modificar.
- Aumenta a eficiência e a produtividade, pois os processos padronizados são mais eficientes e produtivos.

Em suma, o SDCA é uma ferramenta poderosa que pode ajudar as empresas a melhorar seus processos e produtos, reduzir custos e aumentar a satisfação do cliente.

Assim, esta fase do ciclo PDCA pretende tomar ações baseadas nas conclusões da análise da etapa anterior (verificação). Se as alterações planeadas e efetuadas forem eficazes, devem ser padronizadas para evitar problemas similares futuros. Se não for comprovada a eficácia das ações, a equipa deve voltar à primeira etapa do ciclo PDCA para planejar novas alterações (Johnson, 2002). Seguindo as orientações da norma 9001:2015 da qualidade, estas alterações traduzem-se na criação e execução de um plano de ação que possa melhorar o desempenho pretendido dos processos em análise, ou seja, um novo planeamento com ações corretivas que podem incluir ajustes aos objetivos iniciais, dar formação à equipa ou mudar o processo em análise.

Tendo apresentado e explorado o ciclo PDCA, cabe agora avaliar os resultados da sua implementação para aferir o seu valor na gestão da empresa. Segundo Shypovskiy (2023), a metodologia PDCA é flexível, permitindo utilizar ferramentas adequadas ao problema, à indústria e à equipa envolvida no processo. Por isso, é um método acessível e facilmente compreensível. No entanto, esta simplicidade inibe a capacidade de abraçar projetos mais complexos em que as ameaças se desenvolvem rapidamente. Este método tem como base o planeamento da sua atuação e a análise dos seus resultados num ciclo iterativo que promove a adaptação dos seus processos e assim garante a melhoria contínua. Assim, esta metodologia permite aplicar um método sistemático para resolver problemas. Embora estabeleça uma etapa para fazer o que foi planeado, o PDCA não explica como executar, deixando as equipas por sua conta nesta fase. Adicionalmente, o PDCA conta com equipas multidisciplinares, permitindo agregar conhecimento cruzado

para solucionar um problema. Porém, depende também da consistência das equipas e chefias, o que nem sempre pode ser garantido a tempo integral porque ainda que a mudança seja necessária não significa que todos a valorizem da mesma forma. Para além disso, juntar vários elementos em simultâneo requer tempo e recursos que nem sempre todos estão dispostos a despende (Shypovskiy, 2023).

2.3.2 METODOLOGIA DMAIC

A metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) foi desenvolvida nos anos oitenta por Bill Smith e propõe a identificação e reparação dos defeitos e ajuste dos processos para diminuir a variabilidade (Moreira et al, 2021). O DMAIC é um método de melhoria contínua baseado em dados comumente utilizada no *Six Sigma* e que pode ser aplicada em outros contextos de melhoria de processos. Para além das cinco etapas sequenciais, a metodologia DMAIC tem doze sub-etapas com um foco nas necessidades do cliente e especificações do processo (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

Tabela 2 – Resumo da metodologia DMAIC

Etapa	<i>DEFINE</i>	<i>MEASURE</i>	<i>ANALYZE</i>	<i>IMPROVE</i>	<i>CONTROL</i>
Objetivo	Definir a oportunidade	Medir o desempenho	Analisar as causas raiz	Melhorar o processo para eliminar as causas raiz	Controlar o processo para assegurar as melhorias
Ferramentas	<i>Value Stream Mapping</i>	Análise de Pareto	Diagrama de Ishikawa FMEA	Matriz de seleção de solução	Gráficos de controlo

A primeira fase da metodologia DMAIC é *Define* (definir) e tem como sub-etapas: (1) Definir o âmbito do projeto e (2) o problema a estudar. Ou seja, definir o problema ou a oportunidade de melhoria, aferir o valor de resolver esse problema para a organização e definir o objetivo que se pretende atingir. De forma a garantir a eficácia das ações corretivas implementadas, é fundamental considerar os requisitos do cliente para garantir a sua satisfação e daí, partir para a delimitação do âmbito do projeto, com metas específicas. Para isso, recorreremos a ferramentas como o *Value Stream Mapping* (VSM) onde a equipa pode visualizar o mapa do processo com fluxos de dados, informação,

produtos e trajetórias. Esta ferramenta começa com os requisitos do cliente e acaba com o cumprimento dos mesmos. O VSM tem como objetivo identificar os pontos do processo atual onde é gerado valor e onde isso não acontece para que possa ser eliminado, criando um mapa de fluxo de valor. No entanto, o VSM só funciona se for construído pela equipa. Por isso, é primordial formar uma equipa de projeto e distribuir as responsabilidades pela mesma (Tempelman & Schildmeijer, 2022).

Quando o objetivo do projeto está definido, partimos para a segunda fase da metodologia DMAIC que pretende *Measure* (medir) o desempenho atual do processo. Tem como sub-etapas (1) Determinar e analisar o sistema de medição, (2) Identificar o desempenho atual e (3) Definir os objetivos de desempenho pretendidos. Para isso, é necessário recolher e interpretar dados de desempenho do processo atual para criar e analisar indicadores de desempenho (KPIs). Geralmente, estes indicadores estão associados a *lead-time* e defeitos. Esta etapa propõe a criação de um mapa do processo para entender o fluxo de trabalho e assim conseguir identificar falhas. Em seguida, a metodologia determina os parâmetros que têm o maior impacto no resultado do processo. Para isso, podemos utilizar ferramentas como a análise de Pareto (Tague, 2005).

A próxima fase da metodologia DMAIC é *Analyze* (analisar) e tem como sub-etapas (1) Analisar as potenciais causas da variação do esperado e (2) Determinar as causas raiz. Nesta fase, a equipa deve analisar os dados coletados para identificar as causas-raiz do problema. À semelhança da primeira etapa do ciclo PDCA, podemos usar o diagrama de *Ishikawa* que identifica a correlação entre causa e efeito. Outra ferramenta valiosa para identificar e priorizar causas de problemas nos processos é a ferramenta *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

A quarta fase da metodologia DMAIC é *Improve* (melhorar) e tem como sub-etapas (1) Determinar a solução ideal e (2) testar a solução. Esta etapa prevê a identificação das oportunidades de melhoria, para que possamos determinar e testar a melhor solução para atingir os objetivos na primeira etapa da metodologia. Na prática, pretende-se que as equipas conduzam às mudanças no processo, implementem soluções e em seguida recolham dados que permitam mensurar a melhoria, seguindo os seguintes passos. Primeiramente, as equipas geram ideias e soluções para resolver as causas-raiz

identificadas. Depois, desenvolvem um plano de implementação para as melhorias propostas. Em seguida, realizam testes piloto ou simulações para avaliar a eficácia das soluções. O método escolhido vai depender da facilidade com que a empresa consiga reproduzir a solução sem custos significativos. Na impossibilidade, uma simulação ou modelagem pode ser uma solução mais viável para testar o conceito. Por fim, as empresas implementam as mudanças necessárias no processo. Para isso, as equipas podem usar a matriz de seleção de soluções (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

A última fase do DMAIC é *Control* (controlar) e tem como sub-etapas (1) Assegurar e analisar o sistema de medição, (2) Implementar e demonstrar as melhorias e (3) Garantir que a documentação do projeto é devidamente passada aos elementos da equipa. Nesta etapa da metodologia de melhoria contínua, a equipa deve assegurar que as melhorias resultantes da fase anterior são enraizadas no processo para que o problema original não regresse. Com esse propósito, as equipas definem planos de controlo para assegurar que o desempenho estabelecido é atingido com as melhorias implementadas. Para isso, começam por estabelecer métricas para monitorizar o desempenho do processo pós implementação das melhorias, avaliando a eficiência do processo e a sua eficácia ao longo do tempo. Este sistema deve ser monitorizado de forma contínua para garantir que o processo permanece em conformidade com os objetivos estabelecidos. Para isso, podemos utilizar ferramentas como gráficos de controlo (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

De acordo com Pazek (2021), o Fluxo DMAIC só funciona quando os projetos são geridos e executados em equipa. Para que a informação chegue corretamente e atempadamente às pessoas certas, é essencial assegurar uma comunicação eficaz. Para isso, a metodologia DMAIC identifica membros chave da organização. No topo da pirâmide temos o *sponsor* que tem um grande poder de decisão na organização, como por exemplo um membro da administração ou da direção industrial, que dá apoio e disponibiliza os recursos para o projeto. Este membro tem o poder de atribuir prioridade ao projeto e assim garantir que a equipa dispõe dos recursos necessários para o sucesso da melhoria. Em seguida está o *líder* do projeto. Este membro é a pessoa escolhida para liderar e coordenar o projeto. Por isso, deve ter conhecimento da metodologia DMAIC, aptidão para gestão de projetos e, acima de tudo, facilidade em envolver e motivar a equipa. A equipa designada para o projeto é composta por membros com conhecimento e experiência relevante para

o mesmo. Desde que as competências para resolver o problema em mãos estejam asseguradas, estes membros podem vir de departamentos ou áreas funcionais diferentes. Esta equipa também inclui especialistas de processo, que atuam como consultores internos devido ao conhecimento profundo do mesmo, com o objetivo de ajudar na recolha e análise dos dados, identificação da causa-raiz do problema e proposta de soluções. Por fim, a equipa dos projetos DMAIC conta também com as partes interessadas ou *stakeholders* do processo que são afetadas pelo projeto e/ou os seus resultados. Este grupo de pessoas inclui clientes, fornecedores, colaboradores de outros departamentos, entre muitos outros que devem ser envolvidos desde o início do projeto sobre o seu progresso e resultados para garantir o seu sucesso.

Assim, a metodologia de melhoria contínua DMAIC oferece uma abordagem sistemática e baseada em factos para a melhoria dos seus processos das organizações, permitindo que identifiquem e eliminem problemas, reduzam a variabilidade e aumentem o seu desempenho. À semelhança do ciclo PDCA, é um processo iterativo, onde é possível voltar a etapas anteriores à medida que se recolhem novos dados (Sokovic et al., 2010).

2.3.3 METODOLOGIA DMADV

Quando as medidas de melhoria do processo implementadas pelo DMAIC se tornam insuficientes para sanar os desvios, a metodologia DMADV propõe uma nova abordagem. A metodologia DMADV (Define, Measure, analyse, design, verify) foi concebida e difundida em 1990 pela Seagate Technology com o objetivo de dotar as metodologias *six sigma* de um foco nos requisitos do cliente. Este método deriva da metodologia DMAIC e é uma extensão do DFSS (Design for Six Sigma). Enquanto o método DMAIC afere o desempenho de um processo existente a partir da eliminação dos desvios, o DMADV está centrado no processo de conceção de um novo produto, serviço ou processo (Selvi & Majumdar, 2014). Com o aumento da concorrência, é fundamental assegurar que as necessidades dos clientes são acauteladas. Por isso, ao longo dos anos, o método DMADV foi gradualmente sendo adotado por outras organizações.

O método DMADV tem cinco etapas. Dado que as primeiras três são similares às fases do método DMAIC anteriormente discutido, a sua análise terá menos profundidade. Deste modo, vamos salientar as últimas duas etapas que preveem o desenho ou redesenho e a validação e verificação da mudança (Werkema, 2005).

Tabela 3 – Resumo da metodologia DMADV

Etapa	<i>DEFINE</i>	<i>MEASURE</i>	<i>ANALYZE</i>	<i>DESIGN</i>	<i>VERIFY</i>
Objetivo	Definir os objetivos do projeto	Medir os requisitos dos clientes	Analisar as opções para cumprir os	Desenhar o processo de forma a cumprir os requisitos dos clientes	Verificar o desempenho do novo processo.
Ferramentas	<i>Quality Function Deployment</i> , Diagrama de Gantt.	Método de Kano, Benchmarking.	Diagrama de matriz, FMEA, Histograma, 5W2H, Diagrama de árvore	cartas de controlo, simulação, diagrama de processo decisivo	Mapa de perceção, Histogramas, Diagrama matriz

De acordo com Gupta (2013), a primeira etapa da metodologia DMADV é *Define* (definir), onde definimos os requisitos dos clientes a partir de dados históricos, opiniões de clientes entre outros para podermos criar métricas adequadas. Uma das ferramentas que nos pode ser útil é o *Benchmarking* interno e externo com as expectativas do cliente. Nesta fase é também constituída a equipa de trabalho que irá gerir o passo a passo do processo que pode aplicar o gráfico *Gantt* para se organizar.

Segue-se a etapa *Measure* (medir) onde se pretende aplicar e testar as métricas anteriormente definidas para recolher os dados necessários, incluindo a capacidade do processo e/ou do produto e os riscos envolvidos, para análise. O objetivo principal é medir os requisitos dos clientes. Para isso, podemos aplicar o *Quality Function Deployment (QFD)* e o método Kano. O QFD, desdobramento da Função Qualidade, é uma ferramenta importante que permite converter os requisitos dos consumidores em características da qualidade do produto. Para isso, afere as necessidades dos clientes e satisfaz as suas expectativas. O método Kano é um método de gestão de qualidade criado pelo professor Noriaki Kano, nos anos 80, para assegurar a procura a melhoria de processos, produtos ou serviços. Tem como principal foco a satisfação das necessidades do cliente. Inicialmente, o modelo de Kano, tinha em consideração 5 requisitos. Porém, para facilitar o seu uso, foram encurtadas para três categorias: (1) Deve ter (*Must Be*) - o que o cliente precisa, (2)

Desempenho (*Performance*) - o que o cliente deseja) e (3) Atrativos - o que encanta o cliente (Rejeb et al, 2008).

A terceira etapa é *Analyze* (análise), onde pegamos nos dados recolhidos no processo estudado na fase anterior e os testamos para identificar possíveis melhorias no processo ou produto. O objetivo aqui é analisar os dados e estudar alternativas para conseguir desenvolver novos processos, mais adequados às necessidades identificadas. Para isso, podemos aplicar o diagrama de matriz, o FMEA, histogramas, 5W2H ou até o diagrama de árvore.

É desta etapa em diante que esta metodologia difere do DMAIC. Em vez de analisar e controlar, o DMADV propõe design e verificação. A quarta etapa da do DMADV propõe o *Design* de alternativas ao processo ou produto. A equipa usa esta fase para confrontar os requisitos dos clientes com os resultados dos testes executados internamente e assim conseguir afinar o novo processo/produto. Mais uma vez, o novo processo/produto é experimentado, exigindo também o feedback de um grupo controlado de clientes antes do lançamento oficial. Tendo reunido todos os detalhes necessários para o novo processo, podem ser necessárias simulações das opções de design nesta fase de forma a otimizar a proposta em vista. Nesta etapa podemos implementar ferramentas de melhoria como as cartas de controlo, uma simulação das melhorias ou um diagrama de processo decisivo.

Por fim, chegamos à última etapa do DMADV *Verify* onde o foco é a verificação do novo design de forma contínua. À medida que o novo design é implementado, é também recolhido o parecer dos clientes através das métricas estabelecidas no início, deixando a possibilidade de fazer os ajustes que se acharem necessários. Ou seja, há potencial para novos ramos do DMADV em cada projeto se a primeira alteração não tiver surtido o efeito pretendido (Gupta, 2013). Na fase da verificação do DMADV podemos aplicar ferramentas como o mapa de perceção, histogramas, ou o diagrama matriz.

Porém, quando o novo processo não satisfaz integralmente as necessidades dos clientes, é com o DMAIC que conseguimos ajustar ligeiramente o processo. Não sendo um problema de raiz e sim uma melhoria ao processo existente, o DMAIC torna-se uma medida complementar. Portanto, ainda que apresentadas em separado, as metodologias DMAIC e

DMADV são complementares (Selvi & Majumdar, 2014). O objetivo final é garantir que o processo redesenhado cumpra integralmente as expectativas do cliente.

2.3.4 METODOLOGIA MASP

Nos anos 80, Kitoshi Kume explora o QC-Story, desdobrando o processo em passos mais pequenos permitindo uma abordagem mais detalhada de forma a facilitar a utilização do método e suas ferramentas. Com base no livro de Kume, Vicente Falconi Campos desenvolveu o Método de Solução de Problemas (MSP) mas foi como Metodologia de Análise e Solução de Problemas (MASP) que esta metodologia ganhou relevo (Oribe, 2012). O MASP é um desdobramento do ciclo PDCA. Como tal, identifica as causas-raiz do problema em estudo para seguidamente construir soluções eficientes e eficazes. De acordo com Moraes. et al (2022), este método tem como objetivo antever e retificar defeitos no processo para que a empresa possa: (1) resolver não conformidades, (2) atenuar desvios que podem influenciar o processo e (3) eliminar a causa raiz do desvio recorrendo a ações corretivas e essencialmente preventivas.

Tabela 4 - Resumo da Metodologia MASP

Etapa	Identificação do problema	Observação	Análise	Plano de ação	Ação	Verificação	Padronização	Conclusão
Objetivo	Identificar do problema	Recolher informação relevante	Identificar causas-raiz	Construir plano de ação	Executar plano de ação	Avalia a eficácia da implementação	Padronizar a solução	Fazer um balanço do processo
Ferramentas	Listas de verificação, auditorias	SGQ	Diagrama de Pareto, 5 porquês	Matriz Gut	5W2H, Diagrama de Gantt	Gráfico de controlo	Instruções de trabalho	Relatório do processo

A metodologia MASP contempla oito etapas para a melhoria contínua do processo em estudo. A primeira etapa da metodologia é a **identificação do problema** no processo, a sua frequência e o prejuízo causado. Desta forma, é mais fácil avaliar a relevância da sua correção para o processo em análise (Moraes et al., 2022). Para identificar o problema, a equipa pode recorrer a ferramentas de controlo como listas de verificação e auditorias.

A segunda etapa da metodologia é a **observação**. Nesta fase, a equipa recolhe informação relevante acerca do problema, incluindo o histórico do processo e o estado atual, para o conseguir caracterizar de forma pormenorizada (Moraes et al., 2022). De forma a reunir esta informação poderemos recorrer ao sistema de gestão da qualidade SGQ.

A terceira etapa da metodologia é a **Análise** do problema para identificar as suas causas raiz (Moraes et al., 2022). Para facilitar o processo, podemos classificar as causas como causas influentes, mais prováveis ou causas raízes, sendo o seu tratamento das mesmas feito por esta ordem de prioridade. As causas influentes são aquelas detetadas numa primeira análise da ocorrência registada. Para distinguir as causas mais prováveis, peneiramos as causas influentes com uma análise mais profunda. Depois destas duas fases de análise, por fim chegamos às causas raiz da ocorrência registada. Para navegar desde as causas influentes às causas raiz, podemos aplicar a ferramenta dos *5 Porquês* que implica questionar cinco vezes até perceber onde nasce o problema em análise (Tempelman & Schildmeijer, 2022). Também podemos aplicar o diagrama de Pareto para classificar as causas por ordem de prioridade. Devido ao detalhe requerido nesta fase e o seu impacto no resultado da metodologia, esta etapa é a mais importante do MASP.

A quarta etapa da metodologia é a elaboração de um **Plano de Ação** com soluções para corrigir as causas raiz do problema. De forma a executar o plano corretamente, a equipa deve estabelecer objetivos faseados e indicadores de desempenho para conseguir medir a eficácia das ações implementadas. Para ordenar as soluções planeadas por grau de prioridade, podemos empregar a Matriz GUT (Gravidade, Urgência, Tendência) ou Matriz de Prioridades. Esta prioridade é atribuída com base na gravidade do problema, na urgência em solucionar o desvio e na probabilidade de piorar se não for retificado (Moraes et al., 2022).

A quinta etapa da metodologia implica partir para a **Ação**. Esta etapa executa o plano de ação definido na etapa anterior para sanar as causas raiz identificadas na etapa da análise. Para isso, é fundamental formar uma equipa multidisciplinar que possa não só executar o plano como compilar e analisar os dados do seu desempenho (Moraes et al., 2022). À semelhança do método DMAIC, a equipa encarregue da etapa da execução do

método MASP também pode aplicar a ferramenta 5W2H para definir as tarefas necessárias para executar o projeto. Para organizarem as fases do plano e manterem os membros da equipa igualmente informados dos prazos de execução ao longo de toda a implementação, podem utilizar o diagrama de Gantt que permite uma representação visual do cronograma das atividades de implementação, mostrando as interdependências entre elas e a duração prevista de cada uma (Tempelman & Schildmeijer, 2022).

A sexta etapa da metodologia MASP é a **Verificação** onde se avalia de forma quantitativa e qualitativa a eficácia da implementação do plano de ação para sanar o problema em estudo. Para isso, basta consultar os dados recolhidos antes da implementação das soluções e comparar com os dados recolhidos após a implementação das soluções. Para fazer uma correta verificação dos dados, o Gráfico de Controlo é uma ferramenta adequada, porque possibilita controlar a estabilidade do processo ao longo do tempo. Assim, conseguimos detetar desvios face às metas estabelecidas. Se houver evidências da sua eficácia, a equipa deve avançar para a sétima etapa da metodologia e padronizar a solução testada. Contudo, se não houver sinais de melhoria, a equipa deve voltar à segunda etapa para voltar a observar o problema. Se nessa etapa não for identificado nenhum erro, basta passar à terceira etapa e rever a prioridade das causas identificadas (Moraes et al., 2022).

A sétima etapa da metodologia é a **Padronização** das soluções implementadas, através de procedimentos, de forma a assegurar que o problema não volta a surgir no futuro (Moraes et al., 2022). A padronização recorre à criação de instruções de trabalho e a consequente formação necessária dos colaboradores envolvidos no processo.

A oitava e última etapa da metodologia é a **Conclusão**. Nesta fase a equipa faz um balanço de todo o processo que tem como objetivos subjacentes por um lado a aprendizagem e por outro a finalização do processo. A aprendizagem contempla a revisão do histórico do uso da metodologia MASP para utilizações futuras e a finalização do processo avalia a eficiência e eficácia da metodologia na resolução dos problemas tratados. Para isso, a equipa deve elaborar um relatório com a descrição pormenorizada do processo estudado, as ações implementadas, os desvios e as contrariedades na implementação do plano de ação para referência futura (Moraes et al., 2022).

O MASP pretende solucionar problemas com estrutura e eficiência. São vários os efeitos da sua implementação consoante a equipa e o caso em mãos. Estes incluem a deteção de problemas, a colaboração da equipa de trabalho, a caracterização das ações corretivas, monitorização, diminuir os custos, limitação dos desperdícios e por fim garantir a satisfação dos clientes. Claro está que os objetivos só poderão ser alcançados se a metodologia for bem aplicada e a equipa destacada tiver preparação para abordar o problema. É também importante adaptar a metodologia às necessidades da empresa para que esta possa tirar vantagem da sua aplicação.

2.3.5 METODOLOGIA 8D

A metodologia 8D nasceu na Ford em 1987 como um meio rápido e eficaz para resolver problemas. Documentado no manual *“Team Oriented Problem Solving”*, a metodologia foi uma consequência dos desafios vividos pela empresa do ramo automóvel com a sua rede de tração. O sistema teve resultados tão positivos em termos de eficácia, simplicidade e fiabilidade que a Ford nomeou o 8D o seu método oficial de resolução de problemas. Com o avançar dos anos, a metodologia foi adotada por outras indústrias (Sharma et al., 2020).

Segundo Zarghami & Benbow (2017), a metodologia 8D é atualmente o modelo padrão para resolver problemas de qualidade na indústria, especialmente a automóvel. Embora o método tenha 8 etapas formais, Sharma et al. (2020) sugerem que informalmente devemos considerar o ponto zero ou ‘D0’ como a iniciação do projeto. Este é o momento em que o cliente ou o sponsor interno identifica e comunica um problema, acionando a equipa da qualidade de forma a conter os efeitos antes de atingir o cliente. Aqui é também determinado se o problema pode ser eliminado facilmente por um membro ou se requer a instalação de uma equipa 8D com os recursos implícitos à mesma. Se o problema justificar acionar esta equipa, iniciamos o projeto 8D, deixando decorrer as suas etapas formais da D1 à D8.

Tabela 5 - Resumo da Metodologia 8D (Zarghami & Benbow, 2017)

Etapa	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Objetivo	Criação de equipa multidisciplinar	Definição do problema	Ações de contenção	Identificação das causas raiz	Desenvolve ações corretivas permanentes	Implementação das ações corretivas permanentes	Prevenção de recorrências futuras	Reconhecimento do trabalho da equipa
Ferramentas	NA	Diagrama de <i>Ishikawa</i> , 5W2H, Listas de verificação, planos de amostragem, gráfico de tendências, diagramas de dispersão, inspeção visual, entrevistas, relatórios 8D anteriores	Plano de contenção, listas de verificação, planos de amostragem, gráficos de tendências, procedimentos, diagramas de dispersão, inspeção visual, entrevistas com clientes, relatórios 8D anteriores	Diagrama de Pareto, Brainstorming, 5 Porquê, listas de verificação, teste de hipóteses, análise de variância	Poke Yoke, 5W2H	Diagrama de dispersão	FMEA, Plano de controlo	NA

A etapa **D1** da metodologia 8D prevê que a direção **crie uma equipa multidisciplinar** com conhecimentos para dar resposta ao desafio identificado. Para garantir que a equipa abraça o projeto corretamente, precisa de tempo para se formar, construir normas, fazer brainstorming e atuar. Para que a sua atuação seja priorizada, deve ser alocado um líder com autoridade suficiente para assegurar os recursos necessários para o cumprimento dos objetivos do projeto, orientar a equipa, estabelecer uma linha de comunicação com as partes interessadas e responsabilizar-se pela documentação de todo o processo (Zarghami & Benbow, 2017).

A etapa **D2** da metodologia 8D prevê a **definição do problema**. Nesta fase, a equipa caracteriza o problema detalhadamente de forma a detetar a sua origem e os seus efeitos de forma mensurável. Para perceber o problema em mãos podemos empregar a ferramenta 5W2H ou o diagrama de *Ishikawa*. As respostas a cada uma das perguntas na ferramenta 5W2H devem ser incluídas no formulário da metodologia 8D (Zarghami & Benbow, 2017).

A etapa **D3** da metodologia 8D contempla a implementação imediata de **ações de contenção** do problema para evitar que alastre. Geralmente, este passo já está a ser tomado desde a identificação do problema na etapa D0 por isso é que é tão importante manter a comunicação com as partes interessadas. Contudo, estas ações são temporárias já que envolvem maioritariamente mais inspeção do processo, aumentando os recursos necessários e o seu custo para a organização e correndo o risco de não resolver as causas raiz do problema. Assim, o plano de contenção não substitui uma solução permanente. É necessário identificar as causas raiz do problema e arranjar soluções para a sanar de forma a garantir que não volta a emergir (Zarghami & Benbow, 2017).

É precisamente na **identificação das causas raiz** que a etapa **D4** vai trabalhar. A metodologia 8D considera a causa especial e a causa aleatória como as variantes da causa raiz, onde a causa especial é a mais desafiante de encontrar e por isso requer a equipa multidisciplinar inerente à metodologia. Para esse propósito, podemos usar ferramentas qualitativas já exploradas neste trabalho como o diagrama de Pareto, o brainstorming, os 5 porquês e listas de verificação. Estas ferramentas enumeram as causas potenciais e focam as mais prováveis. Se o problema for mais complexo, podemos introduzir ferramentas quantitativas como o teste de hipóteses e a análise de variância, obrigando à inclusão de um profissional dotado nessa área. Mais uma vez, os resultados desta fase devem ser documentados no formulário da metodologia 8D (Zarghami & Benbow, 2017).

Quando as causas já estão bem identificadas e organizadas por ordem de prioridade de tratamento, entramos na etapa **D5** onde a equipa **desenvolve ações corretivas permanentes**. Estas ações corretivas devem acompanhar a variabilidade do processo, ser práticas, realistas e economicamente viáveis. Para encontrar as soluções mais adequadas podemos recorrer a ferramentas científicas como *POKA-YOKE (error-proofing)* ou aplicar um método mais qualitativo como os 5W2H. De forma a evitar problemas significativos inesperados, a solução deve ser implementada em pequena escala para que os erros possam ser contidos (Zarghami & Benbow, 2017).

Depois de desenvolvidas, a etapa **D6** prevê a **implementação das ações corretivas permanentes**, validando as ações desenvolvidas anteriormente em grande escala e aferindo a sua eficácia. Estas alterações devem ser documentadas para que os

procedimentos internos sejam atualizados e as partes interessadas informadas e formadas acerca das mudanças para que não haja erros na sua execução por falta de entendimento ou motivação. Para isso, podemos recorrer ao diagrama de dispersão que permite reunir os dados e a análise estatística de forma a avaliar decorrências das alterações efetuadas no processo (Zarghami & Benbow, 2017).

A etapa **D7** da metodologia 8D trabalha na **prevenção de recorrências futuras** do problema tratado com este modelo. Esta prevenção começa com a monitorização dos resultados da melhoria implementada, assim como os indicadores de desempenho do processo durante um período estipulado pela equipa para garantir que o problema não reaparece. Portanto, as ferramentas de análise de falhas e efeitos (FMEA) e plano de controlo já discutidos neste trabalho são úteis nesta fase da metodologia. Tendo assegurado a monitorização e o desempenho do processo, a equipa deve padronizar a solução para problemas semelhantes na organização (Zarghami & Benbow, 2017).

Por fim, chegamos à etapa **D8** onde o **reconhecimento do trabalho da equipa** é chave. Tendo terminado o projeto com mérito, a direção deve agradecer e reconhecer formalmente o trabalho da equipa. É igualmente importante que os membros da equipa também o façam entre si e registem o que aprenderam para referência futura. Esta é também uma forma de estimular a motivação dos colaboradores já que com a finalização do trabalho, dissolve-se a equipa e cada um segue para outras atividades (Zarghami & Benbow, 2017).

O 8D é uma metodologia altamente confiável e bem estruturada, concebida para identificar problemas, rastreando a sua origem e implementando correções temporárias para conter o problema no imediato até que a solução permanente seja formulada. O método 8D procura construir soluções duradouras para evitar o reaparecimento do mesmo problema. Assim, esta metodologia é claramente uma escolha válida na melhoria da qualidade de um processo (Sharma et al., 2020).

2.3.6 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)

A Teoria das Restrições ou *Theory of Constraints* (TOC) é uma metodologia de gestão e melhoria de processos desenvolvida nos anos 80 pelo Israelita Eliyahu M. *Goldratt*. Esta metodologia defende que todos os processos têm no mínimo uma restrição que limita a sua capacidade produtiva e conseqüentemente o desempenho geral do processo (Pacheco, 2014). Assim, o método do TOC assenta em três premissas importantes: O rendimento (a taxa de geração de receita), as despesas operacionais (o investimento necessário para gerar lucro a partir do inventário) e o inventário (os recursos empregues nas vendas) (Rodrigues et al., 2003).

De acordo com *Goldratt*, uma restrição é um fator que limita o desempenho do processo face aos objetivos estabelecidos pela organização. A restrição identificada pode ser um elemento físico, como a baixa capacidade produtiva de um setor ou de maquinaria, mas também pode ser um fator de gestão, como por exemplo, procedimentos desenquadrados (Rodrigues et al., 2003). O autor deu a conhecer a teoria em 1984 no seu livro '*The Goal*', alargando a aplicação da TOC a problemas estratégicos e à gestão de projetos. No seu primeiro livro, *Goldratt* defende que o objetivo principal da gestão é ter lucro e que para isso deve gerir a sua produtividade e por conseqüência o seu desempenho. Como tal, a Teoria das Restrições tem como objetivo identificar e eliminar as restrições que limitam o desempenho de um processo, seja ele uma organização, um projeto ou uma cadeia de suprimentos. (Rodrigues et al., 2003).

Tabela 6 – Resumo da metodologia TOC

Etapa	1	2	3	4	5
Objetivo	Identificação da restrição	explorar a otimização da restrição	igualar o processo à restrição	melhoria da restrição	repetir os passos anteriores
Ferramentas	Árvore de realidade atual	Árvore de resolução de conflitos	Árvore de realidade futura	Árvore de estratégias e táticas	NA

De forma a pôr em prática esta metodologia de melhoria contínua, a TOC obedece aos cinco passos seguintes de forma sistemática. A primeira fase é a identificação da

restrição. É imperativo começar por detetar a localização da restrição que está a prejudicar o desempenho no processo em estudo. Esta é a fase da cadeia de valor que determina o rendimento e que está a impedir que o cliente receba o produto ou serviço em linha com os requisitos pretendidos. De acordo com Tempelman & Schildmeijer (2022), o inventário temporário e a elevada pressão do trabalho podem ser indícios das restrições que procuramos. Nesta fase podemos aplicar a árvore de realidade atual que ilustra o estado atual do processo para expor as restrições do mesmo (Pacheco, 2014).

Tendo já detetado a restrição, a segunda fase permite explorar a otimização da restrição. É precisamente onde reside o problema que não podemos permitir a diminuição de capacidade para conseguirmos potenciar o rendimento do processo e dos recursos a ele associados. Nesta fase a equipa pode utilizar a árvore de resolução de conflitos que avalia potenciais melhorias ao processo, identificando alterações concretas que podem ser aplicadas como resolução das restrições acima identificadas (Tempelman & Schildmeijer, 2022).

O terceiro passo proposto por *Goldratt* é igualar o processo à restrição detetada. Se a restrição estiver a trabalhar à sua capacidade máxima, a velocidade do fator limitante vai definir a velocidade de todo o processo. Se esta premissa não for respeitada e a equipa optar por produzir mais rápido, o mais certo é aumentar o inventário intermédio. No fundo, o que se pretende é alinhar e sincronizar as várias operações do processo de forma a compensar a capacidade da restrição para que esta não seja sobrecarregada. Nesta fase a equipa pode utilizar a árvore de realidade futura para ilustrar o futuro estado do processo depois de terem sido feitas alterações com base na fase anterior (Tempelman & Schildmeijer, 2022).

O quarto passo da Teoria das Restrições é a melhoria da restrição. O objetivo aqui é que cada ação tomada pela organização deste momento em diante seja em prol da melhoria ou eliminação da restrição. Esta é a melhor maneira de garantir que a sua capacidade e rendimento são potenciadas. Nesta fase a equipa pode utilizar a Árvore de estratégias e táticas para construir um plano de ação com base nas melhorias sugeridas. Esta ferramenta cria estrutura para o conhecimento recolhido durante a implementação

da metodologia TOC de forma a desenvolver uma estratégia e táticas para resolver o problema em estudo (Lean production, 2011).

O quinto e último passo desta metodologia permite repetir os passos anteriores para dar resposta a restrições que possam ser vividas pelo processo no futuro. Deste modo, a Teoria das Restrições prova ser um processo de melhoria contínua (Tempelman & Schildmeijer, 2022).

As restrições são pontos nos processos que limitam o seu rendimento, frequentemente criando inventário temporário. Num processo produtivo conseguimos facilmente visualizar este fenómeno com a acumulação de produtos enquanto nos serviços estes podem não ser palpáveis, tomando a forma de pedidos ou tarefas não lidas no correio eletrónico das equipas. Contudo, o que a Teoria das Restrições defende é que é a eficiência do processo todo que deve ser escrutinada e não cada atividade de forma singular. Portanto, a metodologia tem uma abordagem macro (Tempelman & Schildmeijer, 2022).

2.3.7 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO FLUXO DE PROCESSO E A SUA APLICAÇÃO ÁVILA ET AL. (1999)

A Metodologia de análise do fluxo de processo e a sua aplicação (MAFP), representada na figura 2, oferece uma estrutura lógica e eficiente para o estudo do fluxo de um processo produtivo multiproduto, assumindo uma constante procura. Foi desenvolvida em 1999 no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) por Paulo Ávila, Ismael Cavaco, Afonso Fernandes e António Ferreira e validada quando aplicada para solucionar problemas na empresa Quintas & Quintas, Condutores elétricos, SA (Ávila et al, 1999).

Esta metodologia defende que o processo de fabrico tem duas fases. Na primeira temos a gama operatória onde se enumeram as atividades do processo e na segunda temos as fichas operatórias onde a empresa coloca todos os elementos necessários para operar. A análise do fluxo proposta por esta metodologia acontece na primeira fase porque tem

como objetivo solucionar problemas em todas as atividades do processo. Assim, Ávila et al (1999), propõe os seguintes objetivos para este método:

- A redução do tempo de execução e número de atividades
- Unir atividades
- Encurtar o trajeto
- Implementar novos recursos
- Implementar novas sequências operatórias

O modelo de Ávila et al (1999) apresenta quatro etapas, desenhadas em linguagem gráfica IDEF0. A primeira fase é Seleção dos produtos a analisar através do diagrama ABC. Os inputs desta fase são as quantidades produzidas e os custos de produção. No final da análise, os produtos de classe A prosseguem para a etapa seguinte. Segue-se a Identificação dos principais problemas, estudando os tempos, as distâncias e os planos produtivos. Para isso, o autor sugere a utilização de diagramas de análise, redes PERT/CPM, diagramas de causa efeito ou *Ishikawa* e o algoritmo do caminho mais curto. Com estas ferramentas detetamos problemas. A terceira fase é Formulação do plano de melhorias, considerando as limitações físicas do processo, a capacidade produtiva e as limitações financeiras. Para isso, o autor sugere diagramas de análise, redes PERT/CPM, algoritmos de balanceamento, algoritmos de *clustering*, modelos CAD, algoritmo do caminho mais curto ou *Critical Path Method*, técnicas de controlo da produção como o *Kanban* e o *Conwip* e algoritmos e heurísticas de implantação. Por fim, temos a etapa de validação e teste do plano onde quantificamos as melhorias, considerando a produtividade do produto em estudo, o tempo e o custo da produção. Como ainda é algo teórico, o autor sugere a utilização da simulação ou de modelos de filas de espera ou cadeias *Markov*, para testar o plano idealizado. Desta fase sai um plano de melhorias pronto a implementar.

Tendo sido testado num ambiente real com benefícios comprovados, o estudo de Ávila et al (1999) serve como base fidedigna para uma análise mais eficiente de todos os processos produtivos. Ainda assim, por nascer incompleto, não tem um plano de implementação, controlo e verificação visto nas metodologias de melhoria contínua discutidos anteriormente.

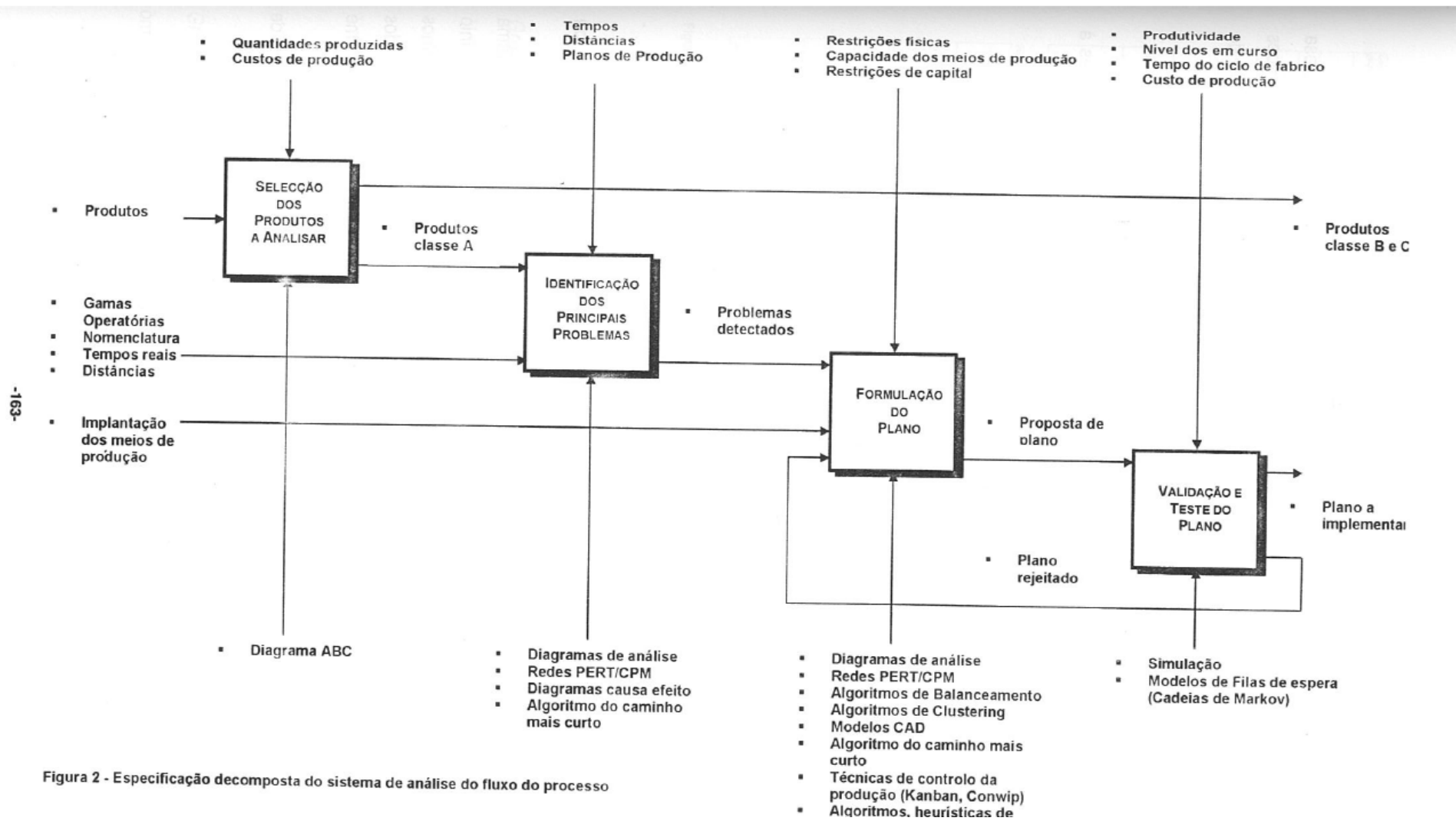


Figura 2 - Especificação decomposta do sistema de análise do fluxo do processo

Figura 2 -Modelo de Ávila et al (1999)

2.4 ANÁLISE COMPARATIVA DAS METODOLOGIAS

As empresas têm frequentemente dificuldade em eleger a metodologia mais adequada para resolver os problemas nos seus processos. Em alguns casos este dilema advém das semelhanças entre métodos e noutros são as suas diferenças e complexidade que dificultam o processo. De acordo com Ávila et al (2019), aquilo que falta numa metodologia, a outra tem. Embora a utilização destas metodologias possa ser um desafio para as organizações, é necessário porque cria, oferece e agrega valor internamente e externamente.

A verdade é que o ‘não enquadramento’ da melhoria ou a incorreta aplicação da metodologia de melhoria contínua pode resultar em custos avultados. Por isso, é fundamental que a metodologia se enquadre no contexto e necessidades da empresa (Tague, 2005).

Para identificar corretamente as características mais relevantes das metodologias exploradas na secção anterior, passamos para a análise comparativas das mesmas. Para isso, salientamos as vantagens e desvantagens da sua aplicação, características similares e diferenças entre as metodologias de forma a identificar os seus fatores críticos.

O ciclo **PDCA** é o método mais utilizado de forma geral na indústria devido à sua simplicidade (Sokovic et al., 2010). Possibilita criar equipas multidisciplinares para cada projeto, unindo assim várias competências num só contexto. No entanto, a sua simplicidade pode limitar a utilização deste método em projetos complexos em que as ameaças se desenvolvem rapidamente. O PDCA também falha no acompanhamento da fase da execução, não explicando como a desempenhar nem que ferramentas estatísticas utilizar. Além disso, o facto de depender de equipas multidisciplinares pode tornar-se uma fraqueza já que a mínima falta de comunicação tem impacto no projeto (Shypovskyi, 2023). O PDCA foca nas perdas do fluxo produtivo, dando menos atenção ao problema identificado e aos requisitos dos clientes (Pacheco, 2014). Por fim, a metodologia PDCA é reativa, agindo com base no histórico do processo e podendo os dados recolhidos estar

desatualizados no momento da implementação o que resultará em ações corretivas desadequadas.

A metodologia **DMAIC** é rigorosa na análise do ciclo de vida do projeto, impõe mais planeamento, detalhe e rigor na medição e controlo dos dados recolhidos relativamente ao PDCA. Para além de uma preocupação com a satisfação do cliente, o método DMAIC avalia também o retorno do investimento nas melhorias implementadas. Ademais, o DMAIC é um sistema orientado para dados por isso privilegia a análise estatística para identificar e resolver problemas. Este método aplica alterações no processo para limitar a variação, aumentando a produtividade e assim conseguindo melhorar a satisfação do cliente. No entanto, devido à sua orientação para dados, a metodologia DMAIC é demorada porque obriga ao levantamento e à análise minuciosa de dados. O método DMAIC obriga também a que a empresa reúna uma equipa com formação relevante em estatística para poder aplicar a metodologia corretamente (Moreira et al. 2013). Adicionalmente, o método DMAIC também é um método reativo porque trabalha em cima do que já está implementado e por isso baseia-se em algo datado.

À semelhança do DMAIC, a metodologia **DMADV** também é rigorosa na análise do ciclo de vida do projeto. Como foi desenvolvida para a criação de novos produtos e processos, é o único método proativo neste trabalho já que atua no início do projeto, considerando desde cedo os requisitos dos clientes. A criação inerente a este método incentiva a inovação e conseqüentemente à diferenciação do processo no mercado. Não tendo de rever o que já está feito, o tempo necessário para implementar o DMADV é tendencialmente mais curto e mais confiável do que o DMAIC. Contudo, quando o processo não cumpre os requisitos estipulados, requer a metodologia DMAIC para ajustar ligeiramente o processo. O método DMADV é também mais vocacionado para produtos (e serviços) já que alterar um produto é bem mais simples do que alterar um processo, o que limita a sua aplicação na indústria, que é onde estamos a basear toda a nossa análise (McCarty et al., 2004). Ainda assim, o maior problema desta metodologia é o facto de colocar os requisitos dos clientes em primeiro lugar, descurando a avaliação do desempenho da empresa, pondo assim em risco a sua continuidade (Pacheco, 2014). Portanto, concluímos que o método é idealista e precisa de ser complementado com outros para que a sua aplicação seja válida.

A metodologia **MASP** é um desdobramento do ciclo PDCA que permite rever as suas etapas de forma a melhorar o desempenho do processo. É um sistema minucioso para solucionar problemas complexos porque aprofunda as suas causas raiz o que obriga a despende mais recursos, tornando o processo mais moroso e burocrático. Adicionalmente, a necessidade do trabalho em equipa e o comprometimento de todas as partes interessadas imposta pelo MASP possibilita a evolução das competências das equipas envolvidas. Porém, o MASP é limitado ao tratamento de problemas com comportamento histórico e para isso impõe a padronização das soluções encontradas para o mesmo. Assim, a sua abordagem é mais reativa do que preventiva (Oribe, 2012). Embora esta padronização previna desvios anteriormente estudados, não previne desvios não estudados que podem ser tão ou mais recorrentes num contexto organizacional sujeito às pressões das mudanças constantes do mercado (Shypovskyi, 2023).

A **metodologia 8D** é um lugar-comum na indústria automóvel, oferecendo um sistema sequencial e científico para analisar e corrigir problemas complexos nos processos das organizações. A vantagem mais diferenciadora deste método é a sua reação imediata às emergências, contemplando ações de contenção até que a solução definitiva seja formulada. Conta também com a padronização das soluções encontradas para evitar que voltem a aparecer e assegura que os esforços da equipa sejam devidamente reconhecidos, aumentando a motivação dos colaboradores. Contudo, a minúcia do sistema 8D obriga a um nível de burocracia que atrasa a resolução de problemas mais simples. À semelhança do DMAIC, o 8D requer uma equipa qualificada para a sua implementação o que pode significar custos mais avultados (Zarghami & Benbow, 2017).

A **Teoria das Restrições (TOC)** foca na restrição que compromete o sucesso do processo e tem como prioridade atingir as metas estabelecidas. O método TOC diminui o lead-time na produção, reduzindo o inventário intermédio e aumentando o rendimento e a qualidade dos processos. O TOC reduz também as restrições no processo, diminuindo as variações e aumentando a competitividade da empresa no mercado (Tabish & Syed, 2015). No entanto, a desvantagem mais significativa da TOC é que, por focar exclusivamente na restrição, desconsidera a maior parte do processo, tornando este método limitado (Pacheco, 2014). A TOC pode implicar alterações consideráveis aos processos para atingir os resultados pretendidos. Aliás, o problema em causa pode até nem se enquadrar na

definição de 'restrições' defendida pela metodologia (Alves et al., 2011). Consequentemente, esta metodologia não tem amplitude suficiente para integrar uma metodologia de melhoria de processo que possa ser aplicada em vários contextos. Segundo Nave (2002), o ideal seria utilizar a teoria das restrições como ferramenta para identificar a restrição e o DMAIC ou DMADV para resolver o problema ou reduzir a variação no processo.

Tendo sido testado num ambiente real com benefícios comprovados, o método MAFP de Ávila et al (1999) serve como base fidedigna para uma análise mais eficiente de todos os processos produtivos. Tem a vantagem de poder ser aplicado a qualquer tipo de processo produtivo. Ainda assim, depois de comparada com as restantes metodologias de melhoria continua estudadas no estado da arte, a metodologia MAFP nasce incompleta porque termina antes de uma implementação do plano elaborado. Portanto, este método não acompanha a implementação das melhorias, retirando a estrutura prescritiva a que o método habituou os utilizadores nas suas etapas estabelecidas. Consequentemente, concluímos que a base é boa, mas precisa de ser complementada.

A tabela 7, apresenta uma comparação entre todas as metodologias estudadas neste trabalho.

Tabela 7 - Análise comparativa das metodologias de melhoria contínua (adaptada de Pacheco (2014) & Nave (2002)).

		Metodologias de melhoria contínua						
		PDCA	DMAIC	DMADV	MASP	8D	TOC	MAFP
Parâmetros	Fases	<i>Plan, Do, Check, Act (4)</i>	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control (5)</i>	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify (5)</i>	Identificar problema, observar, analisar, planejar, agir, Verificar, Padronizar, Conclusão (8)	Criar equipa, definir problema, contenção, identificar causas, ações corretivas, implementação, prevenção de recorrências, reconhecer equipa (8)	Identificar restrição, otimizar restrição, igual processo à restrição, melhoria, repetir (5)	Seleção dos produtos, Identificação dos principais problemas, Formulação do plano, validação e teste do plano
	Teoria	Eliminar desperdício para maximizar lucro	Reduzir variação e melhorar desempenho	Reduzir variação	Eliminar desperdício para maximizar lucro	Tratar problemas	Gerir restrições para maximizar ganho	Eliminar desperdício para maximizar lucro
	Foco	Fluxo do processo	Problema	Requisitos do cliente	Fluxo do processo	Problema	A restrição do processo	Fluxo do processo
	Objetivos	- Otimizar processos - Maximizar produtividade	- Estabilizar o processo - Satisfação do cliente - Maximizar lucro	- Satisfação do cliente	- Simplificar o processo - Otimização dos processos - Maximizar produtividade	- Estabilizar o processo - Estancar problemas definitivamente	- Processos sincronizados - Maximizar lucro	- Otimizar processo - Implementar novos recursos -
	Pressupostos	Aplicar um conjunto de pequenas melhorias para reduzir desperdício	Existe um problema. Sendo resolvido, a variabilidade do processo diminui.	Existe um problema que a requiere criação de novo processo.	Aplicar um conjunto de pequenas melhorias para reduzir desperdício	Existe um problema. Sendo resolvido, as não conformidades ficam estancadas.	- Foco na rapidez e volume - Interdependência entre processos	- Aplicar um modelo lógico e abrangente para otimizar processos produtivos
	Consequências primárias	Aumenta rapidez do fluxo	Reduz a variabilidade	Aumenta satisfação do cliente	Aumenta rapidez do fluxo	Estancar não conformidades	Aumento de lucro	Aumenta rapidez do fluxo
	Consequências secundárias	- Reduz variabilidade - Reduz inventário - Melhora qualidade - Melhora produtividade	- Reduz desperdício - Reduz inventário - Melhora qualidade - Aumenta satisfação do cliente - Aumenta rendimento	- Reduz desperdício - Melhora qualidade - Redução de risco no lançamento de novo produto/processo - Aumenta rendimento	- Reduz variabilidade - Reduz inventário - Melhora qualidade - Melhora produtividade - Satisfação do cliente	- Reduz variabilidade - Melhora qualidade - Melhora produtividade	- Reduz desperdício - Reduz inventário - Melhora qualidade	- Otimiza atividades - Aumenta recursos utilizados
	Limitações	- Limitado a problemas simples - Falha na fase 'DO'. - Foca perdas do fluxo - Reativo	- Demorado - Requer colaboradores especializados - Processos autónomos	- Requer DMAIC para fazer ajustes - Focado em produtos/serviços - Focado no cliente	- Demorado - Burocrático - Requer mais recursos - Reativo	- Burocrático - Requer colaboradores especializados - Reativo	- Pouca intervenção dos operadores - Não inclui análise de dados - Foca na restrição	- Requer mais recursos - Reativo - Não programa, não implementa, nem valida.

	Metodologias de melhoria contínua						
	PDCA	DMAIC	DMADV	MASP	8D	TOC	MAFP
Aplicação	Simples	Dificuldade média	Dificuldade média	Dificuldade média	Complexa	Complexa	Dificuldade média
Gestão do projeto	Operadores	Chefias de topo, intermédias e técnicos especializados	Chefias intermédias e técnicos especializados	Operadores	Chefias intermédias e técnicos especializados	Chefias de topo	Chefias intermédias e técnicos especializados
Difusão de <i>Know-how</i>	Conhecimento compartilhado	Conhecimento centralizado	Conhecimento centralizado	Conhecimento compartilhado por todos	Conhecimento centralizado	Conhecimento centralizado	Conhecimento compartilhado por todos
Indicadores de desempenho	Produtividade	- Taxa de variabilidade - Defeitos por milhão de oportunidades	Satisfação do cliente	Produtividade	Recorrência de problemas	Taxa de lucro	Produtividade
Utilização da metodologia	Mais utilizada	Muito utilizada (Empresas focadas na qualidade).	Menos usada do que DMAIC (Foco em novos produtos/processos)	Maioritariamente utilizada no mercado brasileiro	Maioritariamente utilizada na indústria automóvel	Pouco utilizada.	Menos utilizada

Depois de expostas e discutidas as vantagens e desvantagens das metodologias acima percebemos que cada uma tem o seu valor e por isso é pertinente perguntar: Será que a utilização de uma metodologia é suficiente para melhorar a eficiência de um processo ou será que devemos uni-las para formular uma resolução mais completa para os problemas encontrados? De acordo com Pacheco (2014), a implementação de metodologias isoladas não tem eficácia porque pode resultar na criação de várias culturas dentro da organização que irão conseqüentemente competir pelos mesmos recursos. Portanto, as abordagens comparadas acima são complementares, pelo que a alternativa mais lógica é construir uma solução que agregue as vantagens das metodologias de melhoria contínua de forma integrada e estruturada para assim poder resolver os problemas propostos definitivamente.

Assim, as metodologias de melhoria contínua de um processo devem ter por base as seguintes etapas: (1) A identificação do problema, seja ele num processo ou num produto, (2) Rastrear as suas causas raiz, (3) Desenvolver um plano de ação com melhorias fundamentadas, (4) Planear a sua implementação e (5) Implementar e controlar esta implementação para garantir a sua eficácia.

Para assegurar a convergência dos métodos, uma nova metodologia deve contemplar a análise dos **fluxos** do processo, do(s) **problema(s)** identificados e assegurar a **satisfação dos requisitos dos clientes**, unindo assim a visão global da empresa com as necessidades dos clientes (Jin et al, 2009). Não consideramos as 'restrições' da TOC porque a análise comparativa determinou que é demasiado míope e pouco utilizada em casos práticos na indústria para integrar uma metodologia abrangente (Pacheco, 2014).

Além disso, percebemos que uma metodologia requer uma **análise baseada em dados** quantitativos e qualitativos porque a torna mais factual e por isso mais eficiente e eficaz. O conjunto destes fatores deve ser de implementação simples o suficiente para que a metodologia possa ser corretamente executada e complexa o suficiente para que consiga abranger tanto problemas simples como os mais complexos já que uma empresa tem um conjunto dos dois, num equilíbrio entre complexidade e sustentabilidade (Pepper & Spedding, 2010).

Os resultados desta pesquisa demonstram que uma metodologia de melhoria de processo deve ter uma **dificuldade média**. É fundamental que as **equipas** encarregues da gestão do projeto estejam **dotadas das capacidades necessárias** para executar estas funções sob pena da empresa incorrer em custos elevados (Zarghami & Benbow, 2017). Independentemente de serem operadores ou técnicos especializados, o estado da arte nesta matéria mostra que o importante é **adequar a equipa ao projeto em mãos e não à metodologia** (Tague, 2005). Ainda que em alguns projetos a melhoria e o conhecimento do projeto, ao nível do operador, seja imprescindível, noutros pode até ser prejudicial pelo que devemos poder adequar ao problema em mãos.

Detetamos também que um fator crítico nos métodos acima é a necessidade de uma **orientação mais prescritiva na implementação** das melhorias propostas. Ou seja, é fundamental dotar as equipas de ferramentas concretas para que possam percorrer corretamente as fases da metodologia elegida, assegurando dados fidedignos de uma etapa para a outra (Shypovskyi, 2023).

Por fim, ainda que classifiquemos a maioria das metodologias estudadas como **reativas** e só uma como proativa, observamos que a maioria das intervenções são melhorias de processo e não alterações de raiz pelo que uma nova metodologia pode incluir uma variação para estes casos, mas focar-se no primeiro (Pepper & Spedding, 2010). Aliás, ainda que se construa algo novo, corremos sempre o risco de os dados considerados estarem datados a meio do processo já que no contexto empresarial atual, as alterações são ao minuto pelo que a proatividade sugerida em métodos como o DMADV podem ser meramente ilusórias (Shypovskyi, 2023).

Com base nos dados recolhidos nesta secção, concluímos que nenhuma metodologia contém todos estes elementos e por isso é necessário criar uma metodologia mais abrangente com base nas etapas e fatores críticos destacados acima.

2.5 LINGUAGENS GRÁFICAS PARA A SUA REPRESENTAÇÃO

Este estudo requer uma linguagem gráfica adequada para modelar a metodologia proposta. Já que a base do trabalho é o modelo MAFP de Ávila et al (1999) desenhado em IDEF0, vamos assumir esta linguagem para a metodologia proposta. A *Integrated Definition for Function Modeling* (IDEF), mais concretamente o IDEF0 como representação gráfica da metodologia e o fluxograma como representação gráfica dos fluxos.

2.5.1 IDEF

Criada pela força aérea norte-americana na década de setenta, a linguagem gráfica *Integrated Definition for Function Modeling* (IDEF) é um conjunto de técnicas para modelar visualmente as características de sistemas como processos, informação e funções nas empresas. Ao longo do tempo, esta linguagem evoluiu para desaseis variantes onde só seis (IDEF0, IDEF1, IDEF1X, IDEF3, IDEF4, IDEF5) foram adotadas pelas organizações. A técnica IDEF1 modela a informação, a técnica IDEF1X modela especificações de esquemas de banco de dados, a técnica IDEF3 modela processos de software, a técnica IDEF4 modela objetos e a técnica IDEF5 faz modelagem ontológica (Silva, 2015).

A variante **IDEF0** é a que mais se adequa aos modelos estudados e desenvolvidos neste trabalho e por isso vamos explorá-la mais a fundo. Modela funções, ilustrando as entradas e saídas dos processos assim como as atividades do mesmo através de ICOM (*Input Control Output Mechanisms*) (Devillers, 2011).

Os modelos em IDEF0 podem incluir texto para descrever um fluxo ou destacar alguma característica do diagrama. Podem também incluir glossários para explicar as palavras utilizadas para descrever o diagrama (Silva, 2015). O mais importante nesta linguagem gráfica é exibir as dependências entre atividades e não só descrevê-las

De acordo com Mykolayczky & Júnior (2001), a variante IDEF0 assenta em três pilares: a representação gráfica, a consistência e a comunicação. O primeiro pilar permite ao utilizador controlar as interações entre atividades de forma global. O segundo pilar

contempla os suportes físicos onde se registam as interações explícitas no diagrama. O terceiro pilar é crítico, especialmente em diagramas com subníveis. Para garantir que não há confusões nestes casos, é necessário definir corretamente as hierarquias, distinguindo os diagramas principais daqueles com todas as subactividades.

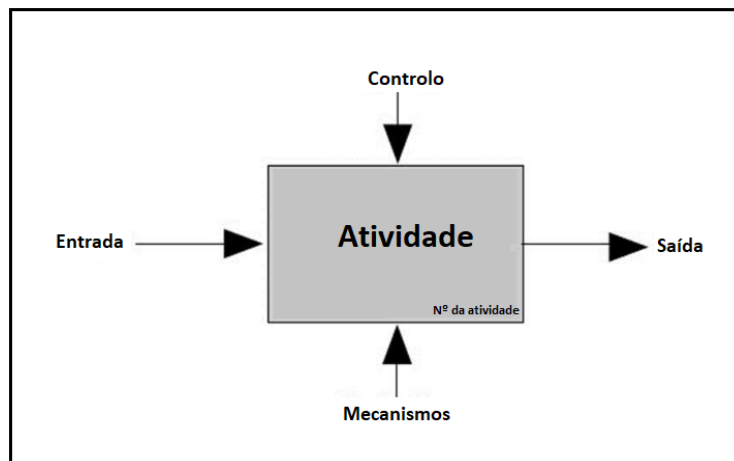


Figura 3 - Um diagrama principal em linguagem gráfica IDEF0

A linguagem IDEF permite sinalizar limitações, falhas de eficiência e oportunidades de melhoria nos processos. É um sistema visual de análise que melhora a compreensão, comunicação e documentação dos processos. O IDEF agiliza a partilha de dados e a colaboração entre intervenientes porque tem como base conceitos padrão e notações. Além disso, é sistemático, assegurando que os fatores críticos são devidamente registados. De um modo geral, a linguagem IDEF é útil para estudar e modelar sistemas. A sua estrutura permite maximizar a eficiência dos processos, detetar oportunidades de melhoria e otimizar a gestão operacional (Silva, 2015).

Existem vários softwares disponíveis na internet para implementar a linguagem IDEF0. O programa que foi usado para a representação desta metodologia foi o *Wondershare EdrawMax* desenvolvido na *Edraw*.

2.5.2 FLUXOGRAMA

O fluxograma é uma linguagem gráfica com origem no século vinte que ilustra procedimentos, fluxos e processos. A padronização desta ferramenta ocorreu nos anos trinta quando o engenheiro *Allan Mogensen* empregou o fluxograma para ilustrar fluxos de trabalho de uma forma simples, utilizando os símbolos na figura 4, usados até aos dias de hoje. A partir dos anos cinquenta, o fluxograma extrapolou a indústria e foi sendo gradualmente adotado por outras áreas, permitindo que a ferramenta evoluísse para um standard comunicação e análise. Atualmente, a ferramenta é criada de forma digital com programas como o *Microsoft Visio*, facilitando a sua utilização, alteração e partilha. Em suma, a evolução do fluxograma como ferramenta de representação de processos permite otimizar a eficiência e gerir atividades (Tague, 2005).

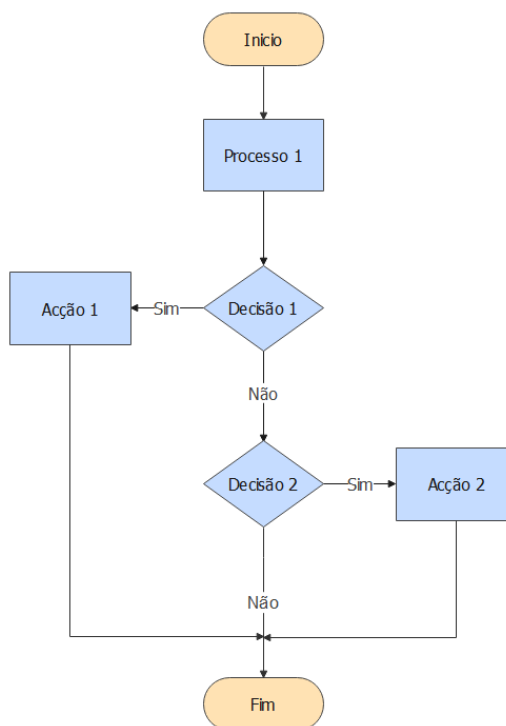


Figura 4 - Esquema teórico de um fluxograma

Segundo Tague (2005) a utilização do Fluxograma tem várias vantagens. Entre elas estão a esquematização dos processos para facilitar a sua compreensão e análise, a deteção de oportunidades de melhoria e/ou problemas. Contudo, se não for bem desenhado, o fluxograma pode levar a más decisões por falta de informação ou precisão da mesma, erros nos fluxos ou nas formas utilizadas para construir a ferramenta. Por isso, é crucial que o

utilizador domine a ferramenta para não induzi os decisores em erro. Esta ferramenta toma várias formas, mas as mais usuais são o fluxograma de processo e o funcional. O fluxograma de processo ilustra os fluxos principais do mesmo e a relação entre as várias etapas. Já o fluxograma funcional ilustra a cadeia de atividades e os seus fluxos, identificando os gargalos e os gestores das mesmas









Nome	Símbolo
Início ou Fim	
Decisão	
Processo	
Processo pré-definido	
Operação Manual	
Conector	
Documento	
Fluxo de Linha	

Figura 5 - Linguagem utilizada nos fluxogramas

O fluxograma pode também ser empregue para analisar o processo e corrigir desvios. Esta ferramenta permite também detetar operações, potenciais riscos e oportunidades de melhoria para auxiliar os gestores do processo a planear ações, tomar decisões e assim otimizar o desempenho da empresa.

3. PROPOSTA DE METODOLOGIA DE ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO (MAMP)

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA NOVA METODOLOGIA

O método base de (Ávila et al, 1999) integra as fases mais importantes das metodologias de melhoria contínua mais utilizadas na indústria, incluindo (1) a escolha do processo a estudar, (2) a identificação dos seus problemas, (3) a formulação de um plano de melhorias e (4) a sua validação. Contudo, a análise anterior mostra que a melhoria de um processo não termina nas sugestões de melhorias, o que indica que uma metodologia

abrangente de melhoria de um processo também não pode ficar por aqui. Assim, este estudo propõe um complemento ao modelo de (Ávila et al, 1999) para enriquecer a qualidade da análise do fluxo do processo de fabrico através do preenchimento das lacunas acima mencionadas. Consequentemente, a nova metodologia abrangente de melhoria de processo (MAMP) proposta tem as seguintes etapas:

1. A seleção dos produtos ou processos a analisar,
2. A identificação dos principais problemas no fluxo do processo,
3. A criação de uma proposta de plano de melhorias e
4. A validação destas melhorias com a necessária,
5. A programação da implementação do plano de melhorias,
6. A implementação e controlo da mesma;
7. A validação final da implementação.

Para ilustrar esta proposta, a figura 6 e 7 utiliza a linguagem de modelagem de funções de fabrico *IDEFO* e recomenda o seguimento de oito etapas que procuram colmatar as falhas da metodologia de base.

Depois da análise comparativa das metodologias concluímos que a análise de um processo de fabrico requer o estudo simultâneo de métodos e medidas para melhorar o seu desempenho. Por um lado, a implementação de um novo método deve encurtar o processo. Da mesma forma, a medição do tempo de um processo permite a identificação de falhas de produtividade que poderão ser resolvidas com a implementação de novos métodos (Calafate de Vasconcelos, 1999).

Tendencialmente, as empresas aplicam ferramentas avulso para solucionar questões pontuais, em vez de analisar o desempenho do processo de fabrico como um todo. Este método superficial pode resultar em soluções dispendiosas para a empresa como, por exemplo, a reestruturação de um processo de fabrico ou a otimização de uma operação sem garantias de resolver a causa raiz do problema (Ávila et al, 1999). De acordo com (Izquierdo 1996), esta desarticulação é causada pela falta de conhecimento do tecido empresarial acerca da metodologia a seguir para corretamente identificar os entraves à melhoria do seu desempenho. Consequentemente, as empresas começaram a procurar

consultadoria especializada que as orientou a implementar metodologias mais amplas como aquelas fundadas na filosofia de melhoria contínua, *Kaizen*.

A proposta de **Metodologia De Análise E Melhoria Do Processo MAMP** está estruturada por fases. Para cada uma, propomos um conjunto de ferramentas devidamente fundamentadas. Tal como o método de Ávila et al, (1999), esta metodologia defende que primeiramente se faça uma análise de todo o fluxo do processo e só depois mergulhemos nas atividades necessárias para a produção.

3.2 A METODOLOGIA DE ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSO (MAMP)

Para o sistema proposto, utilizamos ferramentas de análise e otimização seguindo os parâmetros de controlo, gestão e restrição do processo que constroem um plano de melhorias devidamente validado pelos sponsors e pronto a implementar.

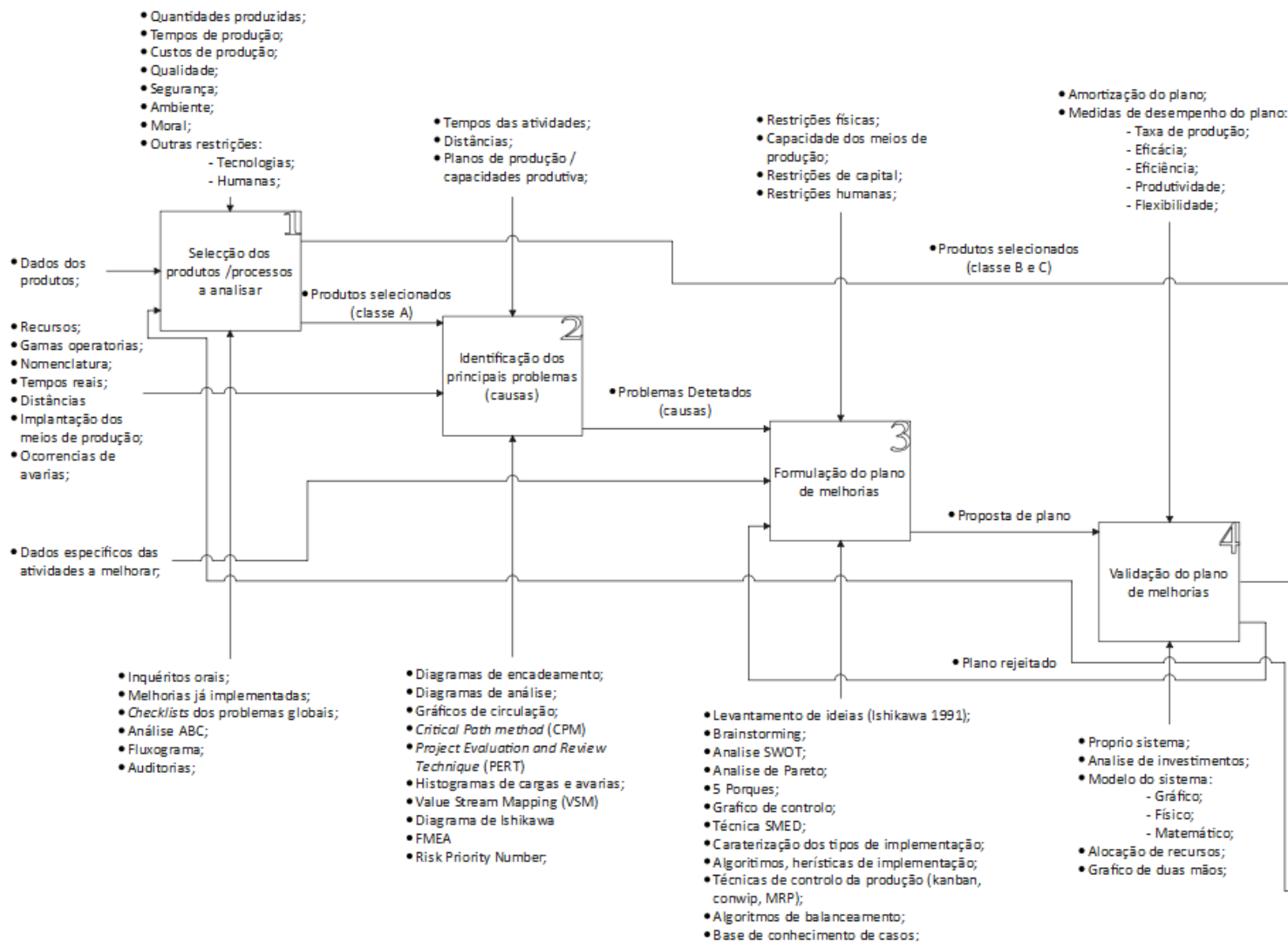


Figura 6 --Adaptado da estrutura inicial da metodologia de Ávila et al. (1999)

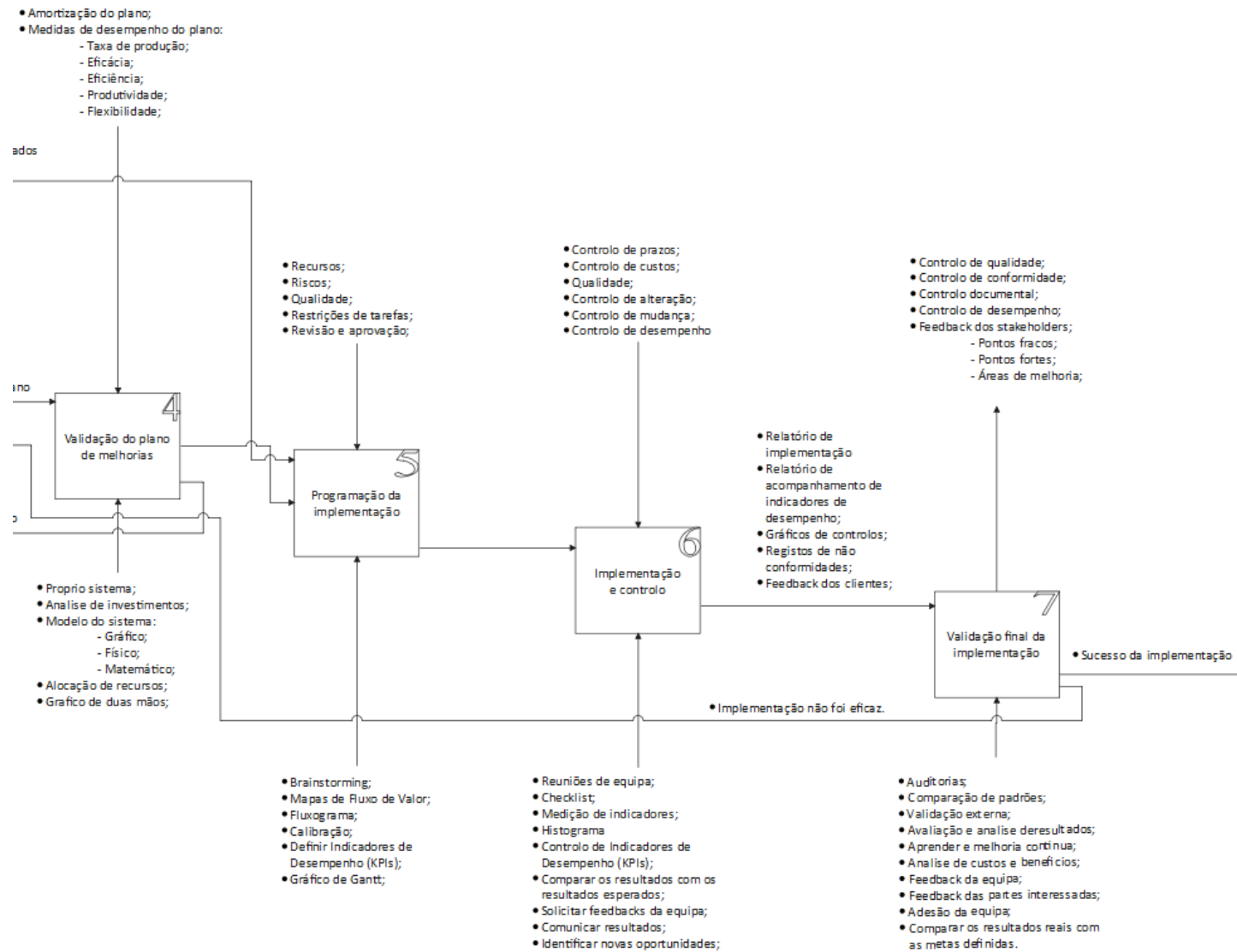


Figura 7 - Proposta complementar ao modelo proposto por ÁVILA ET AL. (1999)

3.2.1 SELEÇÃO DO PROCESSO A ANALISAR

Para implementar o método apresentado na Figura 6, devemos iniciar a análise de um fluxo de produção escolhendo o produto ou grupo de produtos a melhorar. A metodologia defende que devemos começar pelo produto em vez de um problema específico para conseguir explorar não só os problemas previamente identificados como os que não o foram. Esta visão mais completa do sistema em vigor permite uma proatividade que facilita a aplicação da filosofia da melhoria contínua do processo. O autor defende que não devemos analisar todos os produtos em simultâneo de forma a minimizar a dispersão.

Nesta fase, propomos a aplicação de algumas ferramentas. Devemos começar por desenhar o processo, utilizando uma linguagem gráfica como o fluxograma, para identificar as atividades do processo em estudo e assim conseguir mapear os seus fluxos. Depois é importante fazer um **inquérito** exaustivo à equipa para auscultar possíveis problemas ou sugestões de melhoria. Simultaneamente, podemos partir do resultado de auditorias internas ou externas para avaliar as **melhorias previamente implementadas** para a contextualizar o estudo. Com estas primeiras ferramentas conseguimos reunir as experiências dos operadores e os meios já implementados para contornar problemas o que permite ganhar tempo na criação de novas soluções. Com o devido conhecimento dos fluxos do processo através do fluxograma, é possível fazer uma **listagem dos seus problemas** globais. Para isso, (Ávila et al, 1999) utiliza a listagem de desempenho de Ishiwata (1991) como estrutura da identificação dos principais fatores a analisar no fluxo. São estes a produtividade, a qualidade, o custo, a entrega do material, a segurança e a moral da equipa.

A última ferramenta proposta é a **análise ABC** que define um critério para dividir os produtos selecionados para analisar o fluxo em estudo e classificar numa das três classes A, B ou C sendo os produtos A mais importantes do que os C. O critério escolhido virá da listagem feita na listagem dos problemas globais do fluxo em estudo identificada acima com o volume de faturação ou a margem dos produtos. Assim, os produtos com classificação A são os que mais contribuem para este critério por isso qualquer melhoria ao

processo deste grupo de produtos resultará em, por exemplo, maior faturação (Coutinho, 2021).

3.2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS

Depois de apurados os processos a estudar, (Ávila et al, 1999) propõe que analisemos o processo geral de fabrico para descobrir as eventuais causas dos problemas neles detetados. Para isso, devemos começar por recolher todos os dados acerca dos processos em estudo incluindo o tempo das atividades, distâncias, planos de produção, entre outros. A falta de dados, por si só, sugere falhas que devem ser as causas que procuramos para melhorar o produto/processo em estudo.

Em seguida, a metodologia proposta sugere ferramentas que auxiliam as equipas na análise do fluxo do processo de fabrico. São estas o diagrama de encadeamento, o diagrama de análise, o gráfico de circulação, o *Critical Path Method* (CPM) e o *Project Evaluation and Review Technique* (PERT).

O **Diagrama de Encadeamento** reproduz a estrutura do processo de fabrico de produtos de forma macro, utilizando símbolos e ramos. A junção dos diagramas dos vários produtos facilita a identificação de processos de fabrico similares que podem ser consolidados num só diagrama (Fernandes, 1995).

Outra opção é o **Diagrama de Análise** reproduz o processo de fabrico por atividades, ou seja, por ramo identificado na ferramenta anterior, permitindo uma análise mais direcionada e explicativa (Calafate de Vasconcelos, 1999).

Calafate de Vasconcelos (1999) sugere ainda o **Gráfico de Circulação** que ilustra o trajeto produtivo, passando pelas várias etapas do processo de fabrico. Esta ferramenta apresenta uma análise em funil desde uma visão geral para uma visão mais aprofundada das atividades. Portanto, devemos assegurar que uma melhoria proposta para uma atividade beneficia não só esta etapa, como todo o processo de fabrico. Para isso é fundamental conhecermos os ramos mais críticos do mesmo.

A ferramenta **Critical Path Method (CPM)** é uma constante na literatura da melhoria contínua. Segundo Bishnoi (2018), constrói um modelo do projeto a executar, incluindo um conjunto de atividades, a sua duração e interdependências. O objetivo da ferramenta é escolher o percurso mais curto e vantajoso economicamente. Deteta também a atividade crítica que é aquela que põe em causa a conclusão do projeto conferindo-lhe prioridade na atribuição de recursos. De forma a reduzir o *critical path*, a equipa pode reduzir ou eliminar atividades menos críticas, aumentar as atividades executadas paralelamente ou aumentando os recursos de forma a diminuir a duração das atividades críticas.

No caso de não haver certezas acerca da duração das atividades, podemos optar pelo **Project Evaluation and Review Technique (PERT)**. Os tempos de execução das atividades são caracterizados com base em três cenários. O cenário otimista dá-nos a previsão mais curta, o cenário provável dá-nos a previsão mais provável e o cenário pessimista dá-nos a previsão mais comprida (Evdokimov et al., 2018). Algumas atividades podem estar a trabalhar acima das suas capacidades produtivas ou que experienciam avarias constantes talvez por desvios na manutenção ou por falta de substituição dos equipamentos. Estas atividades são exemplos de atividades críticas por prolongarem o processo de fabrico, tendo um impacto negativo no fluxo geral. Os Histogramas de Cargas e Avarias, por exemplo, podem ser usados para detetar estas atividades (Bishnoi, 2018).

Outra ferramenta válida são os **histogramas de avarias**. Esta ferramenta pode ser utilizada para avaliar a frequência e origem dos desvios nas máquinas. Esta análise é crucial para garantir uma manutenção preventiva, para detetar as tendências dos desvios e consequentemente auxiliar a decisão informada da reparação ou substituição do equipamento. Na indústria, os histogramas são usados para controlar a qualidade de um produto, a tendência dos desvios e os lotes de produção (Rieper, 2015).

O Microsoft Excel é um exemplo de um programa amplamente utilizado para a criação de gráficos, tais como os histogramas. Dispõe da função "Análise de Dados" para gerar histogramas a partir dos seus dados de cargas e avarias (Microsoft, 2023).

A ferramenta **Value Stream Map (VSM)** ilustra os fluxos de materiais e informação inerentes ao processo de fabrico. O VSM identifica as atividades com e sem valor para

posteriormente poder avaliar e otimizar o processo. Normalmente, as atividades sem valor acrescentado para o produto são a inspeção, o transporte e a armazenagem (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

O **diagrama de Ishikawa** é uma solução pertinente nesta fase da metodologia. É uma ferramenta de planeamento que permite gerir os problemas identificados sistematicamente, representando as causas prováveis e os efeitos das decisões tomadas graficamente (Hoang, 2014). É utilizada para analisar a causa raiz dos problemas e cumprir com os objetivos estipulados, a organização pode empregar o Diagrama de Ishikawa. Embora o **diagrama de Ishikawa** que identifica a correlação entre causa e efeito, para avaliar a intensidade da correlação, é preciso empregar a matriz de causa e efeito. Esta matriz estabelece a correlação entre um leque de efeitos e as suas causas, atribuindo-lhe uma pontuação que permite priorizar as causas com mais impacto. Assim, as duas ferramentas podem e devem ser usadas em conjunto, começando sempre pelo diagrama de Ishikawa (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

Por fim, outra ferramenta valiosa para identificar e priorizar causas de problemas nos processos é a ferramenta **Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)**. Esta ferramenta mapeia as potenciais falhas do processo e o seu efeito de modo sistemático antes da falha ocorrer. São tomadas ações com base nestes dados para evitar potenciais defeitos. Em cada etapa, a equipa procura potenciais fatores de erro e seus efeitos. Em seguida, a gravidade do problema, a extensão da causa e a possibilidade de detetar as causas antecipadamente são pontuados de forma a calcular o valor da prioridade do risco (Risk Priority Number) e assim identificar os fatores que mais contribuem para o risco para que possam ter prioridade de tratamento (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

As ferramentas acima permitem compilar e analisar todos os dados referentes aos fluxos de produção dos artigos em análise (aqueles classificados na análise ABC como A). Com elas detetamos os principais problemas ou causas dos problemas globais. Geralmente, estes estão em atividades ou ramos críticos do processo, número e duração das atividades, distâncias percorridas, lead time, áreas ocupadas, número de recursos humanos, número de avarias ou paragens de máquina.

3.2.3 FORMULAÇÃO DO PLANO DE MELHORIAS

Nos passos anteriores, (Ávila et al, 1999) deteta os principais problemas no processo de fabrico. Com base nessa análise, defende que este é o momento para criar um plano de melhorias. Para que este plano funcione, tecnicamente e socialmente, devemos reunir o parecer dos intervenientes chave do processo. Para estruturar este levantamento de ideias, sugere utilizar as questões formuladas por Ishikawa (1991). Estas contemplam questões gerais, operacionais, transportes e manuseamentos, inspeção e controlo de qualidade e retenção de material (Retenção (Armazenagem e Atrasos).

Tabela 8 - Questões de ajuda à formulação do plano de melhorias (Adaptado de Ishiwata, 1991)

Questões gerais:
<ul style="list-style-type: none">• Dos problemas (causas) identificados anteriormente quais são os maiores? Por exemplo: No tempo total de trabalho? Na distância total de transporte? No número de recursos envolvidos?• Alguma das atividades pode ser eliminada? Feita em simultâneo com outra atividade? Melhorado o seu método de execução? Melhorado o seu abastecimento? Melhorada a sua manutenção? Carece de novos equipamentos? Precisa de ser balanceada?• Alguma das sequências operativas pode ser trocada com o objetivo de reduzir o n.º de operações, o tempo necessário, a distância do transporte ou o número de trabalhadores?• Justifica-se a reimplantação dos postos de trabalho, nomeadamente a criação de células de fabrico para famílias de produtos?• O controlo dos fluxos produtivos deverá ser alterado? Alteração da técnica “<i>push</i>” ou “<i>pull</i>” ou da dimensão dos lotes de transferência.
Para as Operações
<ul style="list-style-type: none">• Alguma operação tem um tempo de processamento extremamente longo? Será possível trocar por outro método operativo?• É possível adquirir novos equipamentos com desempenhos que o atual não tem?• É possível combinar 2 operações no mesmo local?• É possível implementar uma nova sequência operativa?
Para os Transportes/Manuseamentos
<ul style="list-style-type: none">• O número de percursos /manuseamentos pode ser reduzido?• Será possível que o transporte seja feito em simultâneo com outra atividade?

<ul style="list-style-type: none"> • Será possível alterar a implantação para reduzir distâncias de transporte? • É possível aumentar a quantidade a transportar, diminuindo assim o número de percursos? Ou é preferível diminuir essa quantidade para que os postos de trabalho sejam fornecidos atempadamente? • Será preferível implementar um outro meio de transporte? O meio de transporte pode também servir de armazém intermédio?
<p>Para as Inspeções/Controlos</p>
<ul style="list-style-type: none"> • O número de inspeções pode ser reduzido? Alguma das inspeções é desnecessária e cara? • Será preferível introduzir um outro método de controlo (controlo volante, fixo, autocontrolo, de laboratório e automático)? • É possível fazer alguma inspeção quando o produto está a ser transformado, ou transportado, ou armazenado?
<p>Para a Retenção (armazenagem e atrasos)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • O tempo de atrasos pode ser reduzido? Intervenções adequadas da manutenção podem reduzir esse tempo? O balanceamento da linha pode ser melhorado? • O número de atrasos pode ser reduzido? Existem atividades que podem ser combinadas para eliminar esperas? • As armazenagens são necessárias? • As armazenagens podem ser melhoradas? O seu local é o apropriado? O stock médio é económico? O método de carga e descarga do armazém pode ser simplificado?

Para responder a estas perguntas, focamos em quatro questões fundamentais:

1. Como otimizamos as atividades críticas?
2. Como otimizamos os recursos empregues?
3. Como otimizamos os postos de trabalho?
4. Como otimizamos o controlo dos fluxos do processo de fabrico?

Para responder a estas perguntas, podemos empregar ferramentas para atingir mudanças positivas num determinado contexto, seja numa empresa, projeto, equipa ou processo.

Primeiramente, temos o **Brainstorming**, que permite a troca de ideias em equipa explorando a criatividade de cada membro num ambiente colaborativo. Embora o fluxo

de ideais seja grande, a sistematização das mesmas é bem mais complexa pelo que pode ser um ponto de partida, mas algo mais quantitativo é fundamental para chegar a conclusões viáveis (Moraes et al., 2022).

Já a **análise SWOT** fomenta um diagnóstico dos problemas mais estruturado, salientando fatores internos, pontos fortes (*Strengths*) e pontos fracos (*Weaknesses*) da organização, e fatores externos à organização, oportunidades (*Opportunities*) e ameaças (*Threats*) que são relevantes para os problemas em estudo (Hoang, 2014).

Adicionalmente, a **análise de Pareto** defende que 20% das causas encontradas são responsáveis por 80% dos resultados. O gráfico organiza as causas por ordem de impacto no resultado, em formato numérico e espelha a percentagem cumulativa destes impactos (Tague, 2005). Tendo identificado as causas com mais impacto, a equipa deve focar a análise para mergulhar nas relações de causa efeito das mesmas (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

Para aplicar a ferramenta dos **5 porquês**, devemos questionar cinco vezes de forma a detetar a origem do problema em estudo. Segundo Tempelman & Schildmeijer (2022), os 5 porquês ou análise de causas raiz demora meio-dia e costuma ser conduzido por um grupo de especialistas, sendo que 25% do tempo é passado em *brainstorming* e 75% na análise das causas raiz.

De acordo com Montgomery (2016), a análise gráfica é eficiente porque facilita a interpretação e organização dos dados recolhidos. Por isso, os **gráficos de controlo** servem para detetar e medir desvio nos processos estudados. Esta ferramenta identifica um limite, inferior, central e superior para ilustrar a realidade do processo e assim conseguir estudar potenciais melhorias.

Temos também a técnica **Single Minute Exchange of Dies (SMED)** que tem como objetivo reduzir o tempo de *set-up* das máquinas para facilitar a produção em função da procura do mercado, ou seja, em *batch*. O processo começa por fazer uma análise crítica ao *status quo*. Depois, a equipa deve separar os elementos que podem estar prontos antes da produção e aqueles que só estarão depois de ela acontecer. Em terceiro lugar, o sistema SMED prevê transformar os elementos internos em externos

para desafogar a equipa no momento da produção. Posteriormente, a equipa deve otimizar tanto os elementos internos como externos de forma a aumentar a sua rapidez, gerando menos desperdício. Consequentemente, o passo que se segue é documentar estas alterações numa instrução de trabalho para referência da equipa. Por fim, a ferramenta SMED propõe repetir todo o processo de forma a aplicar a melhoria contínua (Bin Che Ani & Bin Shafei, 2013).

Essencialmente, o mais importante na fase da formulação de um plano de melhorias é garantir a definição de metas mensuráveis para que a equipa possa avaliar o progresso do plano nas fases seguintes.

3.2.4 VALIDAÇÃO DO PLANO DE MELHORIAS

Depois de elaborada uma proposta de melhoria, (Ávila et al, 1999) alega que esta deve ser validada. A validação passa por testar o sistema planeado e assegurar os recursos necessários para o seu sucesso.

Para isso, devemos avaliar o desempenho e a amortização do investimento do novo plano de melhorias. Segundo Law & Kelton (1991), há duas formas de estudar um sistema. Sendo um sistema simples e economicamente viável, o método mais eficaz para validar o plano de melhorias é testar o sistema. Quando este método é demasiado caro, incerto ou longo a alternativa é testar um modelo do sistema real. Os modelos podem ser físicos, matemáticos (analíticos ou numéricos) ou gráficos. Os modelos numéricos permitem tomar decisões com maior eficácia e eficiência. Para aplicar este método, podemos utilizar um leque de ferramentas como gráficos de análise, resultados de simulações ou gráficos de duas mãos, entre outros. Segundo Ávila (1998), das ferramentas estudadas, a simulação mostrou bons resultados em estudos dos sistemas produtivos. Aliás, há programas, designados por simuladores, como o *Simfactory* e o *Arena*, que permitem criar uma simulação da fábrica. Estes softwares permitem realizar grandes simulações tridimensionais e gerir essas simulações, muitas vezes várias ao mesmo tempo em que são

executadas em diferentes computadores. A simulação da fábrica contém um conjunto de abstrações das tarefas necessárias para configurar e concluir simulações numéricas com sucesso. Essas abstrações ocultam tarefas tediosas de gestão de baixo nível, capturam as melhores práticas de usuários experientes e criam uma sequência, garantindo resultados científicos reproduzíveis e bem documentados. Usando essas abstrações, muitos tipos de erros de usuário potencialmente desastrosos são evitados.

Adicionalmente, (Ávila et al, 1999) refere a importância da disponibilidade de recursos para executar o plano e assim validar a sua implementação. De acordo com Ávila & Putnik (2016), a escassez de recursos nas empresas obriga à otimização da sua utilização. Os autores sugerem que as equipas tomem medidas de apoio à decisão na gestão de recursos, identificando os recursos críticos para poder criar uma lista de prioridades que possa satisfazer as necessidades produtivas e os requisitos dos clientes. Sugerem também o uso de algoritmos para este processo de otimização. Segundo os princípios da economia, estes recursos podem ser divididos em quatro categorias, conhecidas como os fatores de produção: terra, mão de obra, capital e empreendedorismo. A terra refere-se aos recursos naturais utilizados no processo produtivo, a mão-de-obra contempla o conjunto de habilitações físicas e intelectuais da equipa, o capital envolve a maquinaria ou qualquer outro equipamento requerido pelo processo e por fim o empreendedorismo refere-se à capacidade de gestão dos restantes fatores e adequação de forma a agarrar oportunidades de negócio. Para além dos quatro fatores base, a literatura corrente já considera o tempo e a tecnologia como recursos separados que podem ter influência na validação de um plano de implementação. Sem a presença destes recursos, o plano pode ser invalidado antes mesmo da sua implementação (University of Minnesota, 2012).

3.2.5 PROGRAMAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO

De forma a alocar os recursos no tempo, todas as metodologias contemplam ferramentas para ajudar as equipas a programar as melhorias propostas. Porém, nenhuma metodologia de melhoria contínua considera esta programação uma etapa. A verdade é que sem um planeamento detalhado, os recursos não são assegurados (Hoang, 2014),

tornando impraticável a execução das atividades planejadas na quarta etapa de ÁVILA ET AL. (1999). Porém, o modelo de (Ávila et al, 1999) não prevê a **programação da implementação** do plano de melhorias proposto, motivando este trabalho a acrescentar esta etapa à metodologia proposta.

Tendo em conta a informação recolhida anteriormente neste trabalho, os elementos essenciais para a programação adequada da implementação de um projeto de melhoria contínua são a definição de objetivos, a alocação de recursos, a comunicação eficaz e a contenção do risco.

Primeiramente, a equipa deve **definir objetivos** que desejam alcançar em cada etapa do projeto. Para isso, podemos usar ferramentas como o *brainstorming*, a análise SWOT, o diagrama de *Ishikawa* e os mapas de fluxo de valor, todas elas anteriormente apresentadas e discutidas neste trabalho (Tempelman & Schildmeijer, 2022).

Em seguida, a equipa deve programar as suas atividades em função dos **recursos** necessários para cumprir as melhorias propostas. Entre estes recursos está a formação da equipa que pode ou não ser multidisciplinar, dependendo das necessidades do projeto em mãos. Adaptar a equipa ao contexto e necessidades da organização é fundamental para garantir uma implementação bem-sucedida (Tague, 2005) Quando o problema exige uma equipa multidisciplinar, a programação é mais complexa porque pode envolver colaboradores de outros departamentos, impactando o planeamento desse mesmo departamento. Nestes casos de conflito interno, é essencial avaliar os riscos inerentes às melhorias a planear e que podem também influenciar o planeamento das atividades. Outros recursos a programar incluem a disponibilidade de tesouraria e maquinaria, entre outros (Paipa-Galeano et al, 2020).

O próximo elemento a assegurar é a **comunicação** clara entre os elementos destas equipas de projeto. Como constatado na análise do estado da arte em Tempelman & Schildmeijer (2022) e Paipa-Galeano et al (2020), há várias partes interessadas ou *stakeholders*, para além das diretamente envolvidas num projeto de melhoria de processo, que sentem os efeitos das melhorias implementadas e que por isso precisam de estar a par dos detalhes do projeto que lhes dizem respeito. Onde há interdependências de processos, a falha na comunicação pode ser desastrosa no planeamento do mesmo, podendo

invalidez a disponibilidade dos recursos necessários para a sua execução. Naqueles projetos onde a equipa é mais restrita ou onde não há interesse em que a informação circule, a contenção da informação é valorizada, tornando-se ainda mais relevante assegurar que a pouca informação passada é clara (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

Adicionalmente, havendo interdependências entre processos, (Ávila et al, 1999) avisa que é importante **restringir as alterações ao processo** ou produto a ser melhorado já que alterar mais de que um em simultâneo pode criar mais conflitos do que sinergias. Mais uma vez, volta a ser pertinente a análise dos riscos associados à atividade programada para evitar conflitos que possam deitar a perder a qualidade do plano de melhorias desenhado na etapa anterior.

Com base nos elementos mencionados, a equipa monta uma programação das atividades, considerando as etapas necessárias para a sua implementação, prazos a cumprir, marcos a respeitar, a distribuição das responsabilidades pelos elementos da equipa, os recursos atribuídos, a formação contemplada e as ferramentas a utilizar.

Entre as ferramentas já mencionadas neste estudo para o planeamento da execução de projetos, a mais adequada para planear um projeto é o **Gráfico de Gantt**. Criado em 1910, pelo engenheiro mecânico americano Henry Gantt para a organizar projetos na indústria, o Gráfico de *Gantt* ou *Gantt Chart* é uma representação visual da calendarização das tarefas definidas para um projeto que permite planear e monitorizar o progresso do mesmo. A maior vantagem desta ferramenta de planeamento é a rápida visualização do plano macro do projeto e a sua maior preocupação é o cumprimento dos prazos estipulados para a execução das tarefas e a identificação do período mais curto para completar o projeto. O Gantt Chart promove a rapidez e a máxima eficiência na conclusão do projeto em mãos (Hoang, 2014).

3.2.6 IMPLEMENTAÇÃO E CONTROLO

Nesta fase do projeto, a solução já foi encontrada e testada em pequena escala num ambiente controlado, através das simulações do sistema, para validar a sua eficácia, como

sugerido por (Ávila et al, 1999) e Schildmeijer & Suijkerbuijk (2021). No entanto, o mercado é cada vez mais volátil por isso a equipa é constantemente obrigada a adaptar o plano de melhorias a novos dos e desafios (Shypovskyi, 2023). De acordo com Ávila et al (2019), esta instabilidade é também uma motivação para aprender e melhorar num contexto caótico e complexo. Para que isso não leve a desorganização e perda de eficácia das mesmas, as diretivas da norma ISO 9001:2015 aconselham as organizações implementar as melhorias em linha com o que foi programado. Para não dispersar, a equipa precisa de uma estrutura para poder trabalhar, incluindo sugestões de ferramentas a aplicar em cada fase da mesma. Porém, o modelo de (Ávila et al, 1999) para na fase da validação do plano de melhorias, assumindo assim que as equipas terão destreza para implementar o plano sem constrangimentos. Portanto, o seu modelo inicial não contempla o acompanhamento **da implementação e o controlo das melhorias implementadas**. Parando

Tendo programado as atividades detalhadamente na etapa anterior, o próximo passo proposto nesta metodologia é a implementação do que foi anteriormente programado e o controlo desta mesma execução.

Muitas organizações adotam o seu próprio método de gestão de projetos. No entanto, Tempelman & Schildmeijer (2022) recomendam manter o método de gestão de projetos instituído na organização para evitar demasiadas mudanças que possam confundir as equipas, sob a condição de que seja elaborado um plano de ação ou implementação que contenha pelo menos os elementos da ferramenta 5S:

1. Determinar a zona onde será implementado;
2. Distribuir as tarefas;
3. Definir horário da 1ª inspeção conjunta;
4. Definir horário da 2ª inspeção conjunta;
5. Elaborar plano de como irá projetar os pontos 4 e 5;
6. Criar uma instrução de trabalho sobre como padronizar e manter a forma atual de trabalhar;
7. Efetuar acordos sobre como e quando envolver outros funcionários do departamento.

Segundo Tempelman & Schildmeijer (2022), é crucial que após a implementação se estabeleça este local como o local de trabalho padrão e de referência para as próximas iniciativas para que esta alteração seja padronizada, à semelhança do que defendem a maioria das metodologias de melhoria contínua estudadas acima.

Não basta implementar o plano sem monitorizar o seu desempenho para garantir que os resultados desejados são alcançados. Assim é possível identificar novas oportunidades de melhoria. Para controlo da qualidade da execução das atividades programadas, o estudo das metodologias comparadas anteriormente evidencia os seguintes elementos.

Em primeiro lugar, percebemos a necessidade de acompanhar os **indicadores de Desempenho** (KPIs) que foram estabelecidos no plano de implementação. Os KPIs permitem à equipa avaliar se os resultados obtidos estão de acordo com as expectativas definidas (Zarghami & Benbow, 2017). A partir desta comparação, podemos detetar desvios e investigar as razões de forma a corrigi-los atempadamente ou voltar a etapas anteriores para corrigir as expectativas, resultando na atualização de processos, métodos ou ferramentas de melhoria contínua. Estes indicadores podem incluir a análise da produtividade, a taxa de variabilidade, defeitos por milhão de oportunidades, o número de reclamações para aferir a satisfação do cliente, a recorrência de problemas e a taxa de lucro, entre outros.

Com a sugestão exaustiva das metodologias estudadas no estado da arte, de assegurar comunicação eficiente entre os elementos integrantes do projeto, percebemos também que a **comunicação** inversa é igualmente importante. Ou seja, a recolha de pareceres técnicos de quem opera no processo pode trazer dados chave para avaliar o método com o objetivo de melhorar a eficiência da metodologia. A transparência possível na comunicação motiva o envolvimento e o apoio contínuo de todas as partes interessadas no projeto pelo que, ainda que o projeto em mãos seja mais técnico ou independente a outros processos, é crucial manter uma política de boa vizinhança com os demais processos para assegurar a fluidez das melhorias (Paipa-Galeano et al, 2020). Para que esta passagem de informação tenha carácter formal, é importante manter **reuniões de pontos de situação** do progresso da implementação como forma de comunicação formal da equipa. Estas

reuniões servem para marcar o ritmo de trabalho da equipa, motivar o cumprimento dos objetivos e assegurar o cumprimento do plano de implementação das melhorias (Zarghami & Benbow, 2017).

O controlo pós-implementação é um processo contínuo e iterativo. O contexto e as necessidades podem mudar ao longo do projeto pelo que é fundamental identificar novas oportunidades de melhoria e uma rápida adaptação da metodologia. Para isso, é necessário estabelecer uma **cultura de melhoria contínua**, começando por uma forte liderança (Maurer, 2012).

3.2.7 VALIDAÇÃO FINAL DA IMPLEMENTAÇÃO

Por fim, da mesma forma que a proposta de metodologia de melhoria de processo de (Ávila et al, 1999) valida o seu plano de melhorias, ao acrescentar mais etapas, não seria importante validar também a sua implementação? À semelhança de todas as metodologias de melhoria continua avaliadas neste estudo, esta **validação final** permite à equipa perceber se a sua intervenção estancou o problema ou se terão de voltar a alguma etapa para corrigir desvios que possam ter ocorrido.

Para isso, avaliamos (1) o desempenho da metodologia implementada a partir do cumprimento dos KPIs, (2) a alocação de recursos ao projeto, (3) o feedback interno e externo das melhorias implementadas, (4) a documentação associada ao projeto e (5) a avaliação do risco. Esta avaliação deve ser quantitativa e qualitativa.

No que toca à **avaliação de desempenho da metodologia implementada**, a validação já não requer uma simulação do sistema porque o plano já foi executado. Sendo assim, já conseguimos ver o resultado do mesmo (Law & Kelton, 1991). Embora os KPIs já tenham sido controlados à medida que a fase de implementação anterior se foi desenrolando, nesta fase a equipa pode concluir se os indicadores definidos foram cumpridos. Basta comparar o que foi definido como objetivo inicial e com os resultados globais (Tempelman & Schildmeijer, 2022). Não atingindo os objetivos, uma análise de causas terá de ser feita

para definir a qual etapa a equipa terá de voltar de forma a estancar os desvios (Sokovic et al., 2010) encontrados. Caso contrário, o projeto é fechado com sucesso e a solução padronizada. O desempenho da metodologia passa também por conferir se os custos da sua implementação são compensados pelos benefícios obtidos através das melhorias implementadas (Bessant et al, 1994). As melhorias podem ser registadas na qualidade dos produtos e/ou processos, na otimização da eficiência do processo estudado e na economia dos recursos. Por último, estes resultados podem ser comparados com os resultados de projetos similares, ou seja, via *benchmarking interno* (dentro da organização) ou externo (noutras organizações), de forma a ter um termo de comparação externo para avaliar o desempenho do projeto (Hoang, 2014).

Nesta etapa de validação final podemos também concluir se os **recursos planeados foram suficientes ou insuficientes** para executar as atividades planeadas (Paipa-Galeano et al., 2020). Para apurarmos estes resultados podemos recorrer ao *feedback* da equipa através de reuniões de ponto de situação onde registamos experiências, desafios enfrentados e sugestões de melhoria (Zarghami & Benbow, 2017). Aqui podemos também aferir se os executores tinham a formação necessária ou se houve falha neste critério do fator de mão-de-obra. Para aferir a alocação correta de capital podemos conferir a utilização da capacidade produtiva versus a entrada de novas encomendas em sistema. A taxa de rejeição de encomendas por falta de capacidade é um indicador de que este recurso não foi suficiente. Já a capacidade disponível de máquina e/ou recursos humanos durante o projeto é um indicador de capacidade excedentária. Por fim, os resultados podem demonstrar que todos os recursos forma otimizados, mas que a gestão não dinamizou o negócio pelo que toda a capacidade instalada foi desperdiçada pela falta de proatividade na prospeção de mercado (Paipa-Galeano et al., 2020). Aqui é válido também avaliar o trabalho motivacional junto da equipa para assegurar que aderiram à metodologia, executando os passos que lhes tocavam (Zarghami & Benbow, 2017). Esta informação pode ser confirmada através de listas de verificação e gráficos de controlo, avaliação de desempenho e até pelo cumprimento dos KPIs (Tempelman & Schildmeijer, 2022).

Além disso, avaliamos o feedback interno e externo das melhorias implementadas. Tendo já recolhido informação por parte dos membros da equipa no final do projeto, falta

complementar estes dados com o parecer dos organismos externos que sentiram os impactos destas ações (Pazek, 2021).

Adicionalmente, a gestão deve avaliar a mitigação dos riscos identificados, através da ferramenta FMEA, no plano de melhorias. Nesta etapa da metodologia, podemos também identificar se a implementação de melhorias gerou novos riscos e assegurar a sua mitigação em melhorias futuras (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

Por fim, é fundamental assegurar que a **documentação associada ao projeto** em mãos seja atualizada em função das alterações feitas de forma a fechar oficialmente o projeto. Isto inclui os documentos do processo melhorado, como os manuais de procedimentos, instruções de trabalho, planos de treino dos colaboradores envolvidos, entre outros assim como a criação de um relatório de validação final onde constem todos os dados do projeto e as suas conclusões para referência futura e informação das partes interessadas. Com base nas conclusões registadas, a gestão pode validar ou não a conclusão do projeto. Serve também como validação da adoção da metodologia, necessidade de ajustes ou descarte total da mesma (Schildmeijer & Suijkerbuijk, 2021).

4. AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

4.1 COMPARAÇÃO COM AS METODOLOGIAS ESTUDADAS

A tabela 8 agrega à tabela 7 a nova metodologia MAMP proposta neste trabalho, de forma a identificar as suas principais características face às metodologias estudadas no estado da arte.

Tabela 9 – Tabela comparativa das metodologias estudadas com a metodologia proposta

		Metodologias de melhoria contínua							
		PDCA	DMAIC	DMADV	MASP	8D	TOC	MAFP	MAMP
Parâmetros	Fases	<i>Plan, Do, Check, Act (4)</i>	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control (5)</i>	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify (5)</i>	Identificar problema, observar, analisar, planejar, agir, Verificar, Padronizar, Conclusão (8)	Criar equipa, definir problema, contenção, identificar causas, ações corretivas, implementação, prevenção de recorrências, reconhecer equipa (8)	Identificar restrição, otimizar restrição, igual processo à restrição, melhoria, repetir (5)	Seleção dos produtos, Identificação dos principais problemas, Formulação do plano, validação e teste do plano	Seleção dos produtos / processos a analisar, Identificação dos principais problemas, Formulação do plano de melhorias, Validação do plano de melhorias, Programação da implementação, Implementação e controlo Validação final
	Teoria	Eliminar desperdício para maximizar lucro	Reduzir variação e melhorar desempenho	Reduzir variação	Eliminar desperdício para maximizar lucro	Tratar problemas	Gerir restrições para maximizar ganho	Eliminar desperdício para maximizar lucro	Análise de fluxos e resolução de problemas
	Foco	Fluxo do processo	Problema	Requisitos do cliente	Fluxo do processo	Problema	A restrição do processo	Fluxo do processo	Fluxo, problema e requisitos do cliente
	Objetivos	- Otimizar processos - Maximizar produtividade	- Estabilizar o processo - Satisfação do cliente - Maximizar lucro	- Satisfação do cliente	- Simplificar o processo - Otimizar processos - Maximizar produtividade	- Estabilizar o processo - Estancar problemas	- Sincronizar processos - Maximizar lucro	- Otimizar processo - Implementar novos recursos -	- Otimizar processos - Satisfação do cliente - Estabilizar o processo - Estancar problemas - Maximizar lucro
	Pressupostos	Aplicar um conjunto de pequenas melhorias para reduzir desperdício	Existe um problema. Sendo resolvido, a variabilidade do processo diminui.	Existe um problema que a requiere criação de novo processo.	Aplicar um conjunto de pequenas melhorias para reduzir desperdício	Existe um problema. Sendo resolvido, as não conformidades ficam estancadas.	- Foco na rapidez e volume - Interdependência entre processos	- Aplicar um modelo lógico e abrangente para otimizar processos produtivos	Analisar fluxos, identificar e resolver problemas.
	Consequências primárias	Acelera o fluxo	Reduz a variabilidade	Aumenta satisfação do cliente	Acelera o fluxo	Estancar não conformidades	Aumenta lucro	Aumenta rapidez do fluxo	- Reduz a variabilidade - Acelera o fluxo - Estanca não conformidades

	Metodologias de melhoria contínua							
	PDCA	DMAIC	DMADV	MASP	8D	TOC	MAFP	MAMP
Consequências secundárias	- Reduz variabilidade - Reduz inventário - Melhora qualidade - Melhora produtividade	- Reduz desperdício - Reduz inventário - Melhora qualidade - Satisfação do cliente - Aumenta rendimento	- Reduz desperdício - Melhora qualidade - Reduz risco de lançamento de produto/processo -Aumenta rendimento	- Reduz variabilidade - Reduz inventário - Melhora qualidade - Melhora produtividade - Satisfação do cliente	- Reduz variabilidade - Melhora qualidade - Melhora produtividade	- Reduz desperdício - Reduz inventário - Melhora qualidade	- Otimiza atividades - Aumenta recursos utilizados	- Reduz desperdício - Melhora qualidade - Melhora produtividade - Satisfação do cliente - Aumenta rendimento - Redução do risco
Limitações	- Limitado a problemas simples - Falha na fase 'DO'. - Foca perdas do fluxo - Método reativo	- Demorado - Requer colaboradores especializados - Processos autônomos	- Requer DMAIC para fazer ajustes - Focado em produtos/serviços - Focado no cliente	- Demorado - Burocrático - Requer mais recursos - Reativo	- Burocrático - Requer colaboradores especializados - Reativo	- Pouca intervenção dos operadores - Não inclui análise de dados - Foca na restrição	- Requer mais recursos - Reativo - Foca em produtos e não em processo - Não programa, não implementa, nem valida a implementação.	- Demorado - Reativo
Aplicação	Simple	Dificuldade média	Dificuldade média	Dificuldade média	Complexa	Complexa	Dificuldade média	Dificuldade média
Gestão do projeto	Operadores	Chefias de topo, intermédias e técnicos especializados	Chefias intermédias e técnicos especializados	Operadores	Chefias intermédias e técnicos especializados	Chefias de topo	Chefias intermédias e técnicos especializados	Adequado ao projeto
Difusão de Know-how	Conhecimento compartilhado	Conhecimento centralizado	Conhecimento centralizado	Conhecimento compartilhado por todos	Conhecimento centralizado	Conhecimento centralizado	Conhecimento compartilhado por todos	Adequado ao projeto
Indicadores de desempenho	Produtividade	- Taxa de variabilidade - Defeitos por milhão de oportunidades	Satisfação do cliente	Produtividade	Recorrência de problemas	Taxa de lucro	Produtividade	- Taxa de variabilidade - Def. por milhão de oport. - Taxa de lucro - Produtividade - Satisfação do cliente - Recorrência de prob.
Utilização da metodologia	Mais utilizada	Muito utilizada (Empresas focadas na qualidade).	Menos usada do que DMAIC (Foco em novos prod. / proc.)	Maioritariamente utilizada no mercado brasileiro	Maioritariamente utilizada na indústria automóvel	Menos utilizada.	Menos utilizada	

4.2 VALIDAÇÃO

A busca constante pela excelência operacional e a melhoria contínua das práticas organizacionais são elementos prioritários em ambientes empresariais altamente competitivos. Nesse contexto, esta tese propõe e avalia um método de melhoria contínua inovador, que combina elementos das melhores práticas disponíveis, visando abordar as limitações encontradas em métodos tradicionais. Esta seção avalia o método proposto, destacando suas realizações, desafios e potencial impacto.

A metodologia apresentada atua como um guia estruturado para enfrentar a complexidade inerente à análise de fluxos e resolução de problemas. Uma das principais métricas de avaliação para qualquer método de melhoria contínua é sua efetividade na resolução de problemas. O método desenvolvido demonstrou consistentemente sua capacidade de identificar, analisar e resolver desafios operacionais complexos. A abordagem de integração de várias práticas permitiu uma visão abrangente dos problemas, contribuindo para soluções mais robustas e sustentáveis.

A metodologia de (Ávila et al, 1999) já foi testada e publicada desde 1999 a 2010 pelo que metade da nova metodologia já está validada. O restante da nova metodologia tem por base uma análise intensiva do estado da arte da melhoria contínua.

A capacidade do método em se adaptar a diferentes contextos e cenários é de extrema importância. Ao agregar as valências das principais metodologias de melhoria contínua, o MAMP tem flexibilidade de aplicação num leque variado de situações, desde processos de produção até a gestão de projetos.

A avaliação global do método de melhoria contínua revela um avanço significativo em relação às metodologias tradicionais. A abordagem integrada traduz eficácia na resolução de problemas complexos, incentiva a colaboração da equipa e impacta positivamente os resultados organizacionais. Os desafios identificados fornecem inputs valiosos para melhorias futuras, incluindo a simplificação do processo de implementação e o desenvolvimento de estratégias para superar a resistência inicial.

No entanto, não se esgota todas as nuances desta área. A análise de uma variedade de casos de estudo, e, se possível, o envolvimento em projetos reais neste domínio, proporcionará um conhecimento mais profundo. Por isso, estudos futuros podem explorar a validação prática desta Metodologia Abrangente De Melhoria De Processo (MAMP) num caso real na indústria.

5. CONCLUSÃO

5.1 CONCLUSÕES DO TRABALHO

Este estudo teve como objetivo atender às necessidades das empresas, procurando maximizar o uso dos recursos, reduzir defeitos e assegurar a reprodutibilidade na produção de produtos e processos. Ao explorar as diversas metodologias já existentes no mercado e ao combiná-las com uma abordagem integrada desenvolvida por (Ávila et al, 1999) e já testada, conseguimos criar uma solução mais completa e duradoura. A metodologia de (Ávila et al, 1999) estabeleceu uma base sólida para o desenvolvimento da metodologia MAMP no processo. Ao reunir as melhores práticas de diferentes abordagens, a metodologia que apresentamos se destaca como uma solução abrangente e eficaz,

superando as limitações das abordagens tradicionais, incentivando a busca pela excelência e a contínua inovação.

A análise revelou que nenhuma metodologia existente abrangia todos os elementos essenciais, evidenciando a necessidade de criar uma abordagem mais abrangente. O modelo de (Ávila et al, 1999) forneceu uma base sólida, mas foi aprimorado para incluir todas as etapas críticas do processo de melhoria, desde a identificação de problemas até à validação final. A capacidade de adaptação do MAMP a diferentes contextos e cenários foi enfatizada como uma vantagem significativa, tornando-o aplicável a uma ampla gama de situações, desde processos de produção até à gestão de projetos.

A avaliação global deste método demonstrou um avanço notável em relação às abordagens tradicionais, promovendo eficácia na resolução de problemas complexos, estimulando a colaboração da equipa e impactando positivamente os resultados organizacionais.

5.2 MELHORIAS FUTURAS

No entanto, reconheceu-se que ainda há desafios a superar, como simplificar a implementação e abordar a resistência inicial. Embora este estudo tenha contribuído significativamente para o avanço das metodologias de melhoria contínua, é importante ressaltar que a validação prática do MAMP num cenário industrial real é fundamental para ajudar a ajustar continuamente esta proposta integrada. Assim, o sucesso do MAMP dependerá não só da sua aplicação prática, mas também do seu impacto tangível nas operações das empresas.

Referências Documentais

Alves, A. et al. (2011). Utilizando os Passos da Teoria das Restrições para a Melhoria Contínua da Produção: um Estudo Aplicado a uma Fábrica. ADM.MADE. 15(1), pp.p.93-114. [Online]. Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://periodicos.estacio.br/index.php/admmade/a [Accessed 27 July 2023].

American Society for Quality. (2023). The Continuous Process Improvement Model. [Online]. ASQ. Available at: <https://asq.org/quality-resources/continuous-improvement> [Accessed 3 July 2023].

Ávila et al, 1999 Metodologia de Análise do Fluxo de Processo e sua Aplicação. Santarém, em Proceedings das Jornadas de Investigação no Ensino Superior Politécnico.

Ávila et al. (2019). Methodologies and Tools Applications to Improve Business and Process Performance in Industry. International Journal for Quality Research. 13(4), pp.763-768. [Online]. Available at: - [Accessed 2 September 2023].

Ávila, P & Putnik, G. (2016). Improving Manufacturing Enterprise Resources Utilization. International Journal Of Business Excellence. 9(3), pp.265-270. [Online]. Available at: - [Accessed 2 September 2023].

Bessant, J. et al. (1994). Rediscovering continuous improvement. Technovation. 14(1),

Bin Che Ani, M.N. & Bin Shafei, M.S.S. (2013). The Effectiveness of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Technique for the Productivity Improvement. AMM 465–466, 1144–1148. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.465-466.1144>

Bishnoi, N. (2018). Critical Path Method (CPM): A Coordinating Tool. International Research Journal of Management Science & Technology. 9(1), p.2250 – 1959. [Online]. Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57221847/7 [Accessed 4 August 2023].

Calafate de Vasconcelos, B. (1999) Gestão de Empresas I, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Coutinho, T. (2021). What is ABC Analysis? Lean how to make one. [Online]. Think Lean Six Sigma. Last Updated: -. Available at: <https://www.thinkleansixsigma.com/article/abc-analysis> [Accessed 9 may 2023].

Dave, P. (2020). The History of Lean Manufacturing by the view of Toyota-Ford. International Journal of Scientific & Engineering. 11(8), pp.1598-1602. [Online]. Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Pranav-Dave .

Devillers, M. (2011). Business Process Modeling The Business-IT Divide. Radboud University Nijmegen, Master's Thesis. Forma de Fluxo. Núcleo de Pesquisa Em Engenharia Simultânea (NuPES) Centro Federal de Educação Tecnológica Do Paraná (CEFET-PR).

Evdokimov, I et al. (2018). Using PERT and Gantt charts for planning software projects on the basis of distributed digital ecosystems. Journal of Physics: Conference Series, 1074(1), p.-. [Online]. Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742- [Accessed 4 September 2023].

Fernandes, A. (1995). *Metodologia e Organização Industrial*, Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Gupta, N. (2013). An overview on six sigma: Quality Improvement Program. International Journal of Technical Research and Applications. 1(1), pp.29-39. [Online]. Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.ijtra.com/view/an-overview-on-six-si [Accessed 2 August 2023].

Hoang, P. (2014). Business Management. 3rd ed. Victoria, Australia: IBID Press.

Ishiwata, J. (1991) IE for the Shop Floor - Productivity Through Process Analysis, Productivity Press, Portland, Oregon.

Izquierdo, J. (1996) Reengenharia Passo a Passo, Gestión Y Planificación Integral, S. A., Barcelona.

Jin, K. et al. (2009). Integrating the Theory of Constraints and Six Sigma in Manufacturing Process Improvement. Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, 37.

Johnson, C. (2002). The benefits of PDCA. Quality Progress. 35(5), pp.120-122.

Kaizen Institute (2002) Eficiência de Métodos e Layouts, Kaizen Institute

Krzysztof, K. & Krzysztof, M. (2015). The Improvement On The Basis Of PDCA And SDCA Cycles. Zeszyty Naukowe Quality. Production. Improvement. 2(3), pp.60-71. [Online]. Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1

Lean Production. (2011). Theory of Constraints (TOC). [Online]. LeanProduction. Last Updated: 2023. Available at: https://www.leanproduction.com/theory-of-constraints/ [Accessed 20 July 2023].

Maurer, R. (2012). The Spirit of *Kaizen*: Creating Lasting Excellence One Small Step at a Time. McGraw Hill

McCarty, T. et al. (2004). Six Sigma Black Belt Handbook. The McGraw-Hill Companies.

- Microsoft. (2023).** Criar um histograma. [Online]. Microsoft. Last Updated: 2023. Available at: <https://support.microsoft.com/pt-pt/office/criar-um-histograma-85680173-064b-4024-b39d-80f17ff2f4e8> [Accessed 20 Junho 2023].
- Montgomery, D. (2016).** Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. 7th ed. -: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora.
- Moraes, J. et al. (2022).** Práticas e Processos de Gestão. 2nd ed. Universidade Federal Fluminense. pp.246-258.
- Moreira, M. et al. (2021).** Ferramentas Da Qualidade: Uma Revisão De Diagrama De *Ishikawa*, 5w2h, Ciclo PDCA, DMAIC E Suas Inter-relações. [Online]. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos. Available at: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/b7f13> [Accessed 4 July 2023].
- Mykolayczky, J., & Júnior, J. (2001).** IDEF0-Método de Representação de Processos em
- Nave, D. (2002).** How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. *Quality Progress*, 73-79.
- Ohno, T and Norman, B. (1988).** Toyota Production System, Beyond Large-Scale Production. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Oribe, C. (2012).** A História do MASP. *Qualypro*. 1(1), p.-. [Online]. Available at: <http://www.qualypro.com.br/adminqualypro/upload/arquivo?nome=33.pdf&dir=pdf> [Accessed 24 July 2023].
- Pacheco, D. (2014).** Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. *Production*. 24(4), pp.940-956. [Online]. Available at: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132014005000002> [Accessed 27 July 2023].
- Paipa-Galeano, L et al. (2020).** Key Lessons to Sustain Continuous Improvement: A Case Study of Four Companies. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 13(1), pp.195-211. [Online]. Available at: <http://jiem.org/index.php/jiem/article/view/2973/925> [Accessed 3 August 2023].
- Pazek, K. (2021).** Lean Manufacturing. London: IntechOpen.
- Pepper, M., & Spedding, T. (2010).** The evolution of Lean Six Sigma. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 27(2), 137-156. <http://dx.doi.org/10.1108/02656711011014276>
- Pinto, J. (2014).** Pensamento Lean - A Filosofia das Organizações Vencedoras. 6th ed. -: Lidel. p.-.
- Rejeb, H et al. (2008).** A New Methodology Based On Kano Model For Needs Evaluation And Innovative Concepts Comparison During The Front-End Phase. *Euromot*. 3(1), p.-. [Online]. Available at: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/70134220/A_new_methodology_based_on_Kano_Model_fo20210923-1076 [Accessed 2 September 2023].

Rieper, M. (2015). Como criar um Histograma no Excel. [Online]. Guia do Excel. Available at: <https://www.guiadoexcel.com.br/como-criar-um-histograma-no-excel/> [Accessed 9 Junho 2023].

Rodrigues, L et al. (2003). Uma Abordagem para Construção de Sistemas de Indicadores Alinhando a Teoria das Restrições e o Balanced Scorecard. ENANPAD. [Online]. Available at: <file:///C:/Users/MAlmeida.EUROSPUMA/Downloads/artigo-enanpadIndicadores2.pdf> [Accessed 27 July 2023].

Schildmeijer, R & Suijkerbuijk, B. (2021). Six Sigma in Practice. The Lean Six Sigma Company

Selvi, K & Majumdar, R. (2014). Six Sigma- Overview of DMAIC and DMADV. International Journal of Innovative Science and Modern Engineering. 2(5), p.-. [Online]. Available at: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep> [Accessed 27 July 2023].

Sharma M. et al. (2020) Structured problem solving: combined approach using 8d and six sigma case study. Engineering Management in Production and Services, Vol.12 (Issue 1), pp. 57-69. <https://doi.org/10.2478/emj-2020-0005>

Shypovskyi, V. (2023). Decision-making process model for cybersecurity protection of critical infrastructure objects under the hybrid threats influence. Journal of Scientific Papers “Social Development and Security”, . 13(3), p.-. [Online]. Available at: <http://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/550/669> [Accessed 24 July 2023].

Silva, D (2015). Modelação de Processos de Negócio: Análise Comparativa de Linguagens. Universidade do Minho Escola de Engenharia. 1(1), pp.46-53.

Sokovic, M et al. (2010). Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 43(1). [Online]. Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://jamm.acmsse.h2.pl/papers_vol43_1/43155.p [Accessed 4 July 2023].

Tabish, S., & Syed, N. (2015). Securing the Future: A Systems Approach to Continuous Improvement in Health Care by Applying the Theory of Constraints. International Journal of Science and Research (IJSR), 4(1).

Tague, N. (2005). Quality Toolbox. -: ASQ Quality Press. p.255–257.

Tempelman, J. & Schildmeijer, R. (2022). Lean in practice. The Lean Six Sigma Company.

University of Minnesota. (2012). Principles of Economics. MINNEAPOLIS: University of Minnesota. pp.28-63.

Zarghami, A. & Benbow, D. (2017). Introduction to 8D Problem Solving. Milwaukee: ASQ Quality Press.

