

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Química – Campus de Araraquara

Dilson Fernando Martins Junior

Método WCM e sua aplicação na indústria automotiva

Araraquara

2022

Dilson Fernando Martins Junior

Método WCM e sua aplicação na indústria automotiva

Trabalho de conclusão de curso apresentado pelo discente Dilson Fernando Martins Junior para o Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Ossamu Hojo

Araraquara

2022

M386m	Martins Junior, Dilson Fernando Método WCM e sua aplicação na indústria automotiva / Dilson Fernando Martins Junior. -- Araraquara, 2022 38 f. : il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Química) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Química, Araraquara Orientador: Ossamu Hojo 1. Máquinas na indústria. 2. Pilares. 3. Indústria. 4. Automóveis - Motores. 5. Análise do tempo de falha. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca
do Instituto de Química, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Dilson Fernando Martins Junior

Método WCM e sua aplicação na indústria automotiva

Trabalho de conclusão de curso apresentado pelo discente Dilson Fernando Martins Junior para o Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Ossamu Hojo

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 OSSAMU HOJO
Data: 19/01/2023 10:47:41-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Ossamu Hojo (Orientador)
Instituto de Química – UNESP Araraquara

Documento assinado digitalmente
 LEINIG ANTONIO PERAZOLLI
Data: 19/01/2023 11:08:18-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli
Instituto de Química – UNESP Araraquara

Documento assinado digitalmente
 ELIAS DE SOUZA MONTEIRO FILHO
Data: 19/01/2023 10:16:38-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Elias de Souza Monteiro Filho
Instituto de Química – UNESP Araraquara

AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico essa monografia aos meus pais e familiares, que me incentivaram nos momentos difíceis e me ajudaram a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

À UNESP, universidade que me acolheu e me ensinou muito mais do que a base teórica do meu curso e me presenteou com amizades e professores incríveis que levarei para a vida toda.

Aos meus amigos, principalmente a República Intrómetu, que muito me ensinaram e ajudaram a passar por todos esses anos difíceis de uma forma mais leve e feliz.

Agradeço ao Prof. Dr. Ossamu Hojo, que me orientou para que a realização desse trabalho fosse possível, me auxiliando nas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

RESUMO

Este trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica sobre o tema WCM, desde seu surgimento até suas aplicações, demonstrando os pilares deste método e sua importância em projetos industriais. Foi realizado também uma análise de caso de um fabricante de amortecedores automobilísticos para exemplificar a aplicação do método e como ele auxiliou na resolução do problema. Sendo assim, é possível entender e analisar sua importância para a engenharia química, seja com o acoplamento da indústria 4.0 ou com a adequação do método em cada ambiente desejado, fazendo com que os gastos e os desperdícios sejam reduzidos.

Palavras-chave: WCM. Pilares. Indústria 4.0. Automotivo. Problema. Desperdício.

ABSTRACT

This work is a literature review on the WCM theme, from its emergence to its applications, demonstrating the pillars of this method and its importance in industrial projects. It was also performed a case analysis of an automobile shock absorber manufacturer to exemplify the application of the method and how it helped to solve the problem. Thus, it is possible to understand and analyze its importance for chemical engineering, either with the coupling of Industry 4.0 or with the adequacy of the method in each desired environment, making the expenses and waste to be reduced.

Keywords: WCM. Pillars. Industry 4.0. Automotive. Problem. Waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pilares Técnicos da Manufatura de Classe Mundial.	18
Figura 2: Pilares Gerenciais da Manufatura de Classe Mundial.	21
Figura 3: 5W1H.	23
Figura 4: Cinco Por quês.	24
Figura 5: Diagrama de Causa e Efeito.....	25
Figura 6: Ciclo PDCA.	26
Figura 7: Defeito “haste picada” nas peças finais.....	27
Figura 8: Cinco perguntas do método Zero Defeitos.....	29
Figura 9: Cálculo Fator Q.....	30
Figura 10: Decaimento da quantidade de peças avariadas.	31

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Método Toyota e o início do WMC.....	11
2.2 Indústria 4.0.....	13
2.3 Definição do WCM	14
2.3.1 Origem e Evolução do WCM.....	15
2.3.2 Pilares do WCM	16
2.3.3 Aplicação dos Pilares WCM.....	22
3 ANÁLISE DE CASO	27
4 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO	32
5 SÍNTESE E INTEGRAÇÃO COM A ENGENHARIA QUÍMICA	33
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
7. REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a tecnologia e os modelos de gestão das indústrias tem aberto cada vez mais portas para diversas áreas, entre elas a Engenharia Química, onde pode-se acoplar processos químicos com maquinários, facilitando diversos processos.

Com isso, nota-se a entrada no termo *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta) com a intenção de realizar mudanças nas empresas com o objetivo de reduzir gastos e desperdícios nos processos industriais, além de se preocupar com a eficácia. (NASSER, 2021)

Este termo ganhou visibilidade na década de 80 com a divulgação de pesquisas focadas em melhorias de processos, analisando a competitividade mundial que se apresentava no momento. (LEAL, 2017)

Já nos anos 90 este conceito começou a tomar formas mais definidas e sair do chão de fábrica para ser utilizado em diversas empresas ao redor do mundo, sendo fortemente baseado em questões de criação de valor para evitar desperdícios, visando menos esforços humanos, menos tempo e espaço para realizar atividades, porém com a mesma ou melhor qualidade do produto final. (LEAL, 2017)

Sendo assim, nota-se que a mudança deveria ocorrer de forma cultural nas indústrias, já que exige uma organização institucional, não ocorrendo do dia para a noite.

Estas mudanças deram início ao movimento de melhoria dos produtos e processos, chegando em outras técnicas que foram sendo adaptadas, como o WCM - *World Class Manufacturing* (Fabricação de Classe Mundial), buscando melhorias contínuas nas práticas organizacionais. (LEAL, 2017; NASSER, 2021)

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Método Toyota e o início do WMC

A preocupação com a qualidade dos produtos vem desde o tempo dos artesãos, onde o capitalismo e consequente aumento da concorrência implicaram na maior atenção ao serviço prestado e ao produto oferecido ao cliente. (CORREA; DE OLIVEIRA, 2017)

Por volta de 1910 Hanry Ford e Charles E. Sorensen foram os primeiros a tentar elaborar uma estratégia de manufatura que fosse eficiente, organizando toda sua produção em um único sistema contínuo para que o objetivo final fosse a produção de um carro denominado Modelo T. Nota-se que a ideia foi bem muito aproveitada e executada, tornando Ford um bem-sucedido, onde seus automóveis ficaram conhecidos e fizeram grande sucesso pelo mundo todo. (BOZAĞAÇ, 2010)

Já em 1930, Alfred P. Sloan da General Motors, decidiu aplicar em sua fábrica algo parecido, porém pensando em formas de lidar com a variedade de produtos, o que fez com que sua empresa desbancasse a Ford em pouco tempo, tomando para si o domínio automobilístico do momento. (BOZAĞAÇ, 2010)

De olho nas produções mundiais e com o fim da Segunda Guerra Mundial, no fim da década de 50 a empresa automobilística japonesa Toyota começou a pensar em maneiras de se destacar no cenário mundial ou acabaria falindo, sendo assim, iniciou a implementação do chamado Sistema Toyota de Produção (TPS), que teve grande destaque por conta da preocupação com a melhoria dos processos e do desperdício. (EBRAHIMI; BABOLI; ROTHER, 2019)

Este conceito possuía o pilar *Just In Time* (JIT) como fonte principal de funcionamento, priorizando a identificação, localização e eliminação de quaisquer perdas, além do pilar Jidoka com a intenção de paralisar rapidamente a automação dos processos sempre que uma anormalidade fosse identificada. (COSTA, 2019)

Com o passar do tempo este método foi tornando-se mais usual e começou-se a utilizar a nomenclatura *Lean Manufacturing* para explicar o

método Toyota, pois utilizava práticas simples enxutas em seus processos, como a utilização de estoques e força humana. (WOMACK; JONES; ROOS, 1992)

A estratégia foi muito bem-sucedida, onde logo criou-se a ideia de classe mundial, fazendo com que as grandes empresas buscassem formas de melhorar cada vez mais seus produtos, processos e custos, além de buscar formas de reduzir o desperdício de suas produções. É visível que a intenção das empresas se tornou em atingir a liderança mundial de mercado em seus setores, porém nota-se que muitas empresas precisaram se colocar em risco, afinal era preciso que as produções aumentassem com grande qualidade, todavia, os recursos eram escassos, o que fez com que muitas companhias aderissem ao conceito de Manufatura Enxuta. (FLYNN; SHROEDER; FLYNN, 1999; ALVES; IBUSUKI, 2018)

Um fato importante a ser destacado trata-se que o método TPS foi criado naturalmente pela Toyota e, mesmo que muitas empresas desejassem aplicar o mesmo conceito, era complicado ser assertivo em algo tão novo e que era pouco documentado ou explicado. Logo é notável que cada empresa precisou se adaptar ao seu dia a dia e analisar os objetivos a serem alcançados. (ALVES; IBUSUKI, 2018)

Com tantas dúvidas e dificuldades pelo caminho, muitas empresas e fabricantes começaram a utilizar seus próprios conceitos e ideias que analisavam ser viáveis, logo o método denominado WCM - *World Class Manufacturing* (Fabricação de Classe Mundial) teve seu início, com a intenção de aplicar melhorias nos processos, principalmente em relação a qualidade dos produtos finais. (SCHONBERGER, 2008; ALVES; IBUSUKI, 2018)

Este método consiste na junção de diversas estratégias de redução de custos, perdas, além do foco na melhoria contínua dos processos manufatureiros, o que chamou atenção de diversas companhias. (COSTA, 2019)

Nota-se que o grande lema da WCM está atrelado ao fato de uma melhoria contínua, mas ao mesmo tempo rápida e eficiente, tanto que inicialmente era denominado Produção Enxuta. Porém, é importante ressaltar

que fatores como custo, prazo de entrega e bom atendimento ao cliente são essenciais para o sucesso do produto, afinal envolvem a qualidade do produto final. (SCHONBERGER, 2008)

Atrelado ao método WCM existem diversos pilares e aplicações, onde cada fator pode ser aplicado em determinados processos. No setor de peças automobilísticas não é diferente, afinal uma grande produção, com diversos processos, pode ter erros em diferentes etapas do processo. (COSTA, 2020)

Sendo assim, a excelência profissional entra como uma nova estratégia nos mercados e nas empresas, em que a qualidade e preço estão atrelados, e, consequentemente, um WCM bem planejado e executado faz toda a diferença no processo de produção e no produto final que chegará ao consumidor. (COSTA, 2019)

A automobilística FIAT, por exemplo, no ano de 2005 adotou o método WCM para melhoria e organização de seus produtos, onde a ênfase de sua aplicação baseou-se nos dez pilares do WCM com o intuito de atingir a excelência em escala global. (EBRAHIMI; BABOLI; ROTHER, 2019)

Com a modernidade dos processos e a competitividade mundial cada vez mais alta, muitas empresas têm sido obrigadas a analisarem o mercado e pensarem em estratégias para transformação de seus processos industriais, como implantações de informações em tempo real do que e como está sendo produzido, sendo assim, entra em cena a chamada Indústria 4.0. (PEREIRA; ROMERO, 2017)

2.2 Indústria 4.0

O termo Indústria 4.0 vêm da ideia de quarta revolução industrial, onde a indústria tem a intenção de desenvolver uma nova forma de integração entre seus processos, focando sempre em melhorias, automatizações e zero desperdícios. (QIN; LIU; GROSVENOR; 2016)

Este termo foi utilizado pela primeira vez em 2011, pelo governo alemão como uma nova proposta de tecnologia, houve um olhar mais atencioso para o tema e diversas pesquisas foram iniciadas na área. (HERMANN, 2015)

Outro fator importante atrelado a Indústria 4.0 é fato da revolução que todas essas tecnologias e melhorias podem ocasionar na produção mundial, como demonstrado em um estudo de 2015, onde é descrito que os benefícios em custos podem chegar a 78 bilhões de euros no PIB alemão. (BAUER, 2014)

Nota-se que existem alguns pilares que comandam a Indústria 4.0, sendo eles agilidade, descentralização, padronização, integração, que quando acoplados com os princípios de *design*: Sistemas Ciber-Físicos, Internet das Coisas, Internet de Serviços e Fábrica Inteligente, permitem que o processo seja eficiente e consistente, afinal, ela é baseada em uma grande análise de dados e cálculos estatísticos, facilitando também o convívio entre homem e máquina. (D'ORAZIO; MESSINA; SCHIRALDI, 2020)

A Indústria 4.0 torna-se então uma soma de inovações, focando principalmente na parte digital e computacional do processo, em que quando atrelada ao método WCM, pode acrescentar melhorias significativas, desde o acompanhamento de processos, implantações e a qualidade do produto final. (D'ORAZIO; MESSINA; SCHIRALDI, 2020)

2.3 Definição do WCM

O WCM é definido como um método de gestão com foco principal na melhoria de processos, redução de custos e otimização das tarefas e processos, sendo assim a tendência principal é que os desperdícios nas produções cheguem a zero. (EBRAHIMI; BABOLI; ROTHER, 2019)

Este processo foi baseado no método TPS, porém foi Hajime Yamashina o grande incentivador e difusor do método nas empresas, afinal conseguia descrevê-lo e aplicá-lo com excelência. (YAMASHINA, 2007)

Nota-se que esse processo tem várias bases, entre elas a TPM (Manutenção Produtiva Total) que tem como objetivo o produto final não possuir avarias durante as fabricações contínuas. (BOZAĞAÇ, 2010)

Um ponto importante a ser destacado, trata-se da real importância de se ter um bom e aplicável WCM, afinal se bem entendido é um grande auxílio para o crescimento da empresa tornando-se crucial para a entrada no mercado mundial. (FLYNN; SHROEDER; FLYNN, 1999)

Essa metodologia é dividida em dois grandes pilares, técnico e gerencial, que serão apresentados mais a frente com mais detalhes, onde tendem a melhorar a incorporação e implantação dos projetos WCM. (CA EBRAHIMI; BABOLI; ROTHER, 2019)

2.3.1 Origem e Evolução do WCM

A origem exata do WCM é pouco conhecida, mas sabe-se que sua utilização se iniciou para melhorias dos processos manufatureiros. Após a Segunda Guerra Mundial, os japoneses notaram a importância de repensar seus processos, principalmente por conta da competição com países como os Estados Unidos, sendo assim, surgiram os primeiros indícios do WCM pelo processo Toyota, como citado anteriormente. (DELGADO, 2018)

Essa prática visa o desperdício zero e a redução de gastos, porém, os países ocidentais tendem a se preocupar com o momento atual, independente do que tenham que fazer para alcançar seus objetivos, enquanto países orientais tendem a pensar em propostas de reduções de custo. Logo, o grande desafio era utilizar as duas visões e mesmo assim manter os níveis de produção altos e eficazes. Com todo esse desafio, foi importante a mudança de comportamento e pensamento dos países, pois somente assim o WCM seria aplicado com eficiência e manteria os níveis de produção e venda desejados. (DELGADO, 2018)

Ademais, o termo WCM foi utilizado pela primeira vez na década de 80 por Richard Schonberger, fazendo com que várias empresas pudessem utilizar a metodologia sem serem associadas ao método Toyota dos Japoneses. (LARANJEIRA, 2021)

2.3.2 Pilares do WCM

O WCM é constituído por quatro pilares essenciais, sendo eles: Organização do Local de Trabalho, Qualidade, Manutenção e Logística e sustentados por outros princípios como as melhorias do processo. (BOZAĞAÇ, 2010)

Nota-se que esses pilares podem ainda ser divididos em técnicos e gerenciais, como pode ser observado nas FIGURAS 1 e 2, onde os técnicos referem-se a estrutura da Manufatura de Classe Mundial com a intenção de apresentar objetivos específicos que devem ser implantados pela empresa em seu desenvolvimento. (MARTINS, 2016; COSTA, 2019)

Os pilares técnicos estão relacionados diretamente ao processo de produção com a intenção de organizar e desenvolver o processo. Estão divididos da seguinte forma: Segurança (SAF), Desdobramento de Custo (CD), Melhoria Focada (FI), Atividades Autônomas (englobando Manutenção Autônoma – AM – e a Organização do Posto de Trabalho – WO), Manutenção Profissional (PM), Controle de Qualidade (QC), Logística e Serviço ao Cliente (LCS), Gestão Preventiva de Equipamentos (EEM), Desenvolvimento de Pessoas (PD) e Meio Ambiente (ENV). (COSTA, 2019)

Analisando essas divisões temos as definições a seguir para cada pilar:

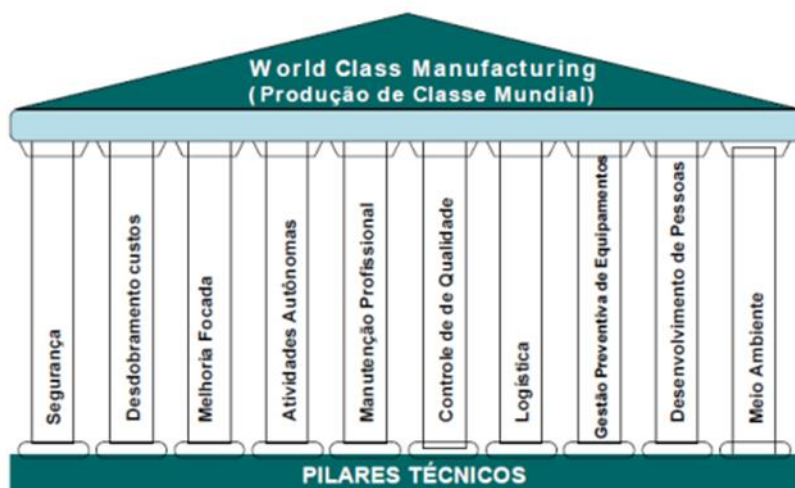
- 1) Segurança (SAF): baseado na melhoria contínua com a intenção de reduzir o número de acidentes, melhorar a ergonomia do local de trabalho, devolver uma cultura de prevenção e as competências profissionais específicas, buscando um local seguro e eficiente de trabalho. (FELICE, PETRILLO, MONFREDA, 2013)
- 2) Desdobramento de Custo (CD): baseado em análise de perdas e custos com a intenção de aplicar uma matriz de custo através da identificação dos locais que sofrem perdas, sendo assim esses custos podem ser repassados para os outros pilares, tornando-se essencial para a aplicação do WCM. (COSTA, 2019)

- 3) Melhoria Focada (FI): baseada em buscar ações para gerir as perdas identificadas por conta de novas implantações nos processos. Tem a intenção de reduzir drasticamente quaisquer perdas, além de erradicar as ineficiências durante os processos, colocando fim em atividades que não agreguem valor. (FELICE, PETRILLO, MONFREDA, 2013)
- 4) Atividades Autônomas (AA): este pilar tem embasamento em outros dois pilares, sendo eles Manutenção Autônoma (AM) e a Organização do Posto de Trabalho (WO), onde o primeiro tem a intenção de melhorar a eficiência do sistema total através de políticas de manutenção, já o segundo tem a intenção de realizar melhorias no ambiente de trabalho, principalmente nos equipamentos que não estejam em boas condições para uso. (FELICE, PETRILLO, MONFREDA, 2013; WEIGERT,2018)
- 5) Manutenção Profissional (PM): baseia-se na melhoria contínua do maquinário utilizado nos processos com a utilização de técnicas de identificação de falhas técnicas, além de se preocupar com a prolongação da vida útil dos equipamentos utilizados. (COSTA, 2019; FELICE, PETRILLO, MONFREDA, 2013)
- 6) Controle de Qualidade (QC): preocupa-se com as necessidades do cliente, logo busca satisfazer os desejos e interesses do cliente, além de se preocupar com a redução de custos de produtos não conformes. (WEIGERT,2018)
- 7) Logística e Serviço ao Cliente (LCS): buscar a otimização dos estoques, sendo assim tende a redução de estoques, além da minimização de manuseio de materiais com abastecimento direto nas linhas de produção, objetivando um fluxo contínuo e eficiente do processo e da produção. (FELICE, PETRILLO, MONFREDA, 2013)
- 8) Gestão Preventiva de Equipamentos (EEM): busca garantir que os equipamentos tenham um alto desempenho, para que consigam competir

mundialmente com outras empresas, sendo assim tende a buscar equipamentos de alta performance, mas que tenham custos baixos. (COSTA, 2019)

- 9) Desenvolvimento de Pessoas (PD): este pilar busca o desenvolvimento dos funcionários, através de treinamentos com foco nas habilidades de cada trabalhador, sendo assim é possível ter um sistema com pessoas bem habilitadas para cada função fazendo com que a aplicação do WCM seja eficiente. (WEIGERT, 2018)
- 10) Meio Ambiente (ENV): este pilar enfatiza que o processo precisa obedecer às normas de proteção ambiental, além de se preocupar em desenvolver uma cultura energética que reduza os custos com energia. (FELICE, PETRILLO, MONFREDA, 2013)

Figura 1: Pilares Técnicos da Manufatura de Classe Mundial.



Fonte: Martins, 2016.

Os pilares gerenciais estão acoplados ao gerenciamento, com a intenção de gerar a melhoria contínua, envolvendo todos os níveis da empresa desde a gestão até os funcionários de nível hierárquico mais baixo, realizando assim o mínimo esforço necessário, porém com alta eficiência, para que o objetivo final seja alcançado. Estão divididos da seguinte maneira: Compromisso da Direção,

Clareza nos Objetivos, Caminho WCM, Alocação de Pessoas Altamente Qualificadas, Comprometimento na Organização, Competência da Organização, Tempo e Orçamento, Nível de Detalhamento, Nível de Expansão e Motivação dos Operadores. (LEAL, 2017; ALVES, IBUSUKI, 2018; COSTA, 2019)

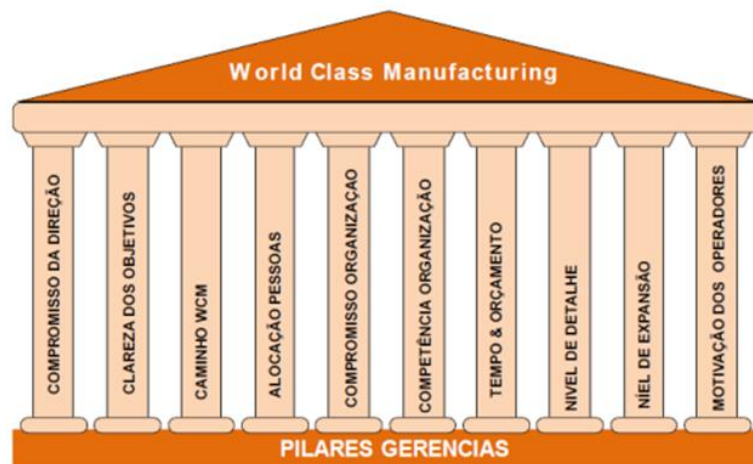
Analisando a divisão dos pilares temos as definições a seguir:

- 11) Compromisso da Direção: este pilar baseia-se na ideia de que os gestores entendam e aprendam o modelo de WCM que será aplicado e passem as informações e atribuições para seus funcionários, sendo assim a chance de sucesso no processo torna-se grande. (COSTA, 2019)
- 12) Clareza nos Objetivos: todos os objetivos a serem alcançados devem ser claros e passados a todos os envolvidos para que a implantação do WCM seja eficiente.
- 13) Caminho WCM: nesta etapa é importante que a gestão faça um detalhamento do nível de organização da implantação do WCM, sendo ele a longo, médio ou curto prazo, para que os funcionários entendam que a preocupação com o produto final que chegará ao cliente é importante. (COSTA,2019)
- 14) Alocação de Pessoas Altamente Qualificadas: este conceito é um dos mais importantes, afinal o envolvimento de todos no processo é a chave para o sucesso do processo, nota-se ainda que a utilização de profissionais qualificados nesta etapa, é muito importante afina só dessa forma a implantação de um bom WCM trata bons resultados. (COSTA, 2019)
- 15) Comprometimento na Organização: esta etapa tem o papel de fornecer todo o suporte necessário para implantação do projeto, pois é nela que ocorre o comprometimento com a organização para implantação dos dez pilares. (COSTA,2019)
- 16) Competência da Organização: esta etapa envolve a competência da equipe

gestora e dos funcionários, afinal é importante conhecer todos os métodos envolvidos no WCM e consequentemente entender e realizar de forma correta a resolução do problema.

- 17) Tempo e Orçamento: baseia-se em ter conhecimento dos custos orçamentários de todo o processo, além de entender quais recursos são interessantes de serem utilizados, pensando sempre na redução dos desperdícios.
- 18) Nível de Detalhamento: o detalhamento é fundamental para que a implantação do WCM seja eficaz, pois há diversos processos e dependendo do problema a resolução envolverá várias etapas, logo com um bom detalhamento o problema pode ser resolvido e não voltará a ocorrer. (COSTA, 2019)
- 19) Nível de Expansão: esta etapa consiste em repasse de conhecimento, onde todos devem compartilhar o que sabem e suas ideias para que o outro entenda o que deve ser feito e adquira conhecimento sobre o processo que está envolvido, nota-se que se bem aplicado, o nível de expansão pode motivar a todos trazendo inovações para o processo não só da empresa em si, mas também de outras que tendem a se basear em projetos que obtiveram sucesso.
- 20) Motivação dos Operadores: este pilar é um dos mais essenciais do processo, afinal quando há um envolvimento geral nos processos as técnicas vão melhorando e novas abordagens podem surgir, o que tende a gerar bons resultados e eficácia no processo. (COSTA, 2019)

Figura 2: Pilares Gerenciais da Manufatura de Classe Mundial.



Fonte: Martins, 2016.

Nota-se que neste modelo de manufatura, o trabalhador torna-se o grande foco, afinal se forem bem treinados, suas habilidades melhoram e florescem o que aumenta a produtividade e consequentemente a resolução de problemas torna-se mais rápida e eficaz, além dos desperdícios e perdas diminuir consideravelmente. (BOZAĞAÇ, 2010)

Dentre esses pilares, o desdobramento de custos e a melhoria contínua são essenciais para o sucesso do modelo desejado, onde a melhoria contínua é um pilar que merece destaque dentre todos os outros do WCM, pois sua intenção baseia-se em estratégias de qualidade durante a produção, sendo elas rígidas, mas ao mesmo tempo funcionais. (SILVA, 2016)

Sua aplicação pode ser iniciada desde a etapa de coleta de dados até a produção do produto final, por conta da sua finalidade de padronizar, melhorar e deixar os processos eficazes. (DELGADO, 2018)

Outro fator a ser estudado, dentre os pilares do WCM, encontra-se na criação de um projeto-piloto, afinal será nele que estarão todas as estratégias, resultados e aplicações a serem utilizadas durante as próximas mudanças. (SILVA, 2016)

Nota-se a importância dessa etapa, pois a aplicação das ideias em uma determinada máquina ou setor, servirão de exemplo e experiência para a aplicação em toda uma produção ou fábrica e consequentemente torna-se parte do sucesso ou fracasso do projeto.

2.3.3 Aplicação dos Pilares WCM

Com tantos fatores envolvidos, a implantação de um processo WCM em uma produção já estabelecida é um desafio enorme, pois envolve a combinação de diversas estratégias e metodologias.

Para que todo este processo funcione de forma eficaz, todos os pilares do WMC precisam passar pelos chamados *steps* (etapas), onde cada pilar deve cumprir seu papel de forma simples e correta para que o próximo consiga executar sua função sem maiores problemas. (COSTA, 2019)

Estas etapas iniciais envolvem três fases, sendo elas: uma fase reativa com a intenção de corrigir situações inesperadas para que voltem ao seu estado inicial; uma fase de prevenção com a intenção de evitar possíveis problemas gerados na fase anterior; e por último há a fase proativa, com a intenção de encontrar falhas antes que ocorram. Aplicando essas três fases iniciais, a melhoria contínua consegue ser bem aplicada e o processo de implantação dos pilares do WCM pode ser iniciado. (COSTA, 2019; LARANJEIRA 2021)

Inicialmente, para a implantação dos pilares do WCM, é importante que o enfoque do processo seja em qualidade, segurança e os custos da produtividade, afinal são esses três pilares iniciais que darão todo o controle dos procedimentos aplicados. Analisando estes pilares iniciais, têm-se que o planejamento, atividades de melhoria, forma de implantação e a expansão das atividades torna-se o processo a ser seguido. (LARANJEIRA, 2021)

Pode-se então dividir em sete passos a implantação de um bom WCM, sendo eles: limpeza, padronização, organização e disciplina; reorganização dos processos; padronização dos processos; formação e treinamento dos profissionais envolvidos; balanceamento dos processos; controle e monitorização da melhoria contínua para expansão do WCM para todas as áreas similares. (LARANJEIRA, 2021; SILVA, 2016)

Ainda dentro dos sete passos, pode-se utilizar diversas ferramentas que auxiliam e facilitam o processo, são elas: o 5W1H com o objetivo de identificar e solucionar os problemas com cinco perguntas básicas, como demonstrado na FIGURA 3; cinco por quês que tem a intenção de abordar a verdadeira causa de

determinado problema, como as perdas por defeitos, observado na FIGURA 4; diagrama de causa e efeito, com o objetivo de categorizar as principais causas de problemas (mão de obra, máquinas, materiais e métodos utilizados), como demonstrado na FIGURA 5; ciclo PDCA com a intenção de conectar todas as ações que podem levar a qualidade do produto, esse ciclo pode ser observado na FIGURA 6. (COSTA, 2019)

Para a ferramenta 5WIH nota-se que sua principal função está na utilização de técnicas para a melhoria de qualidade, baseando-se em analisar profundamente o erro e encontrar a chave do problema. O grande diferencial desse método está na análise do problema por meio de cinco perguntas, sendo elas: o quê?; quando?; onde?; quem?; qual?; como?, com essas repostas pode-se resolver o erro de uma forma mais eficiente e abrangente. (COSTA, 2019)

Figura 3: 5W1H.

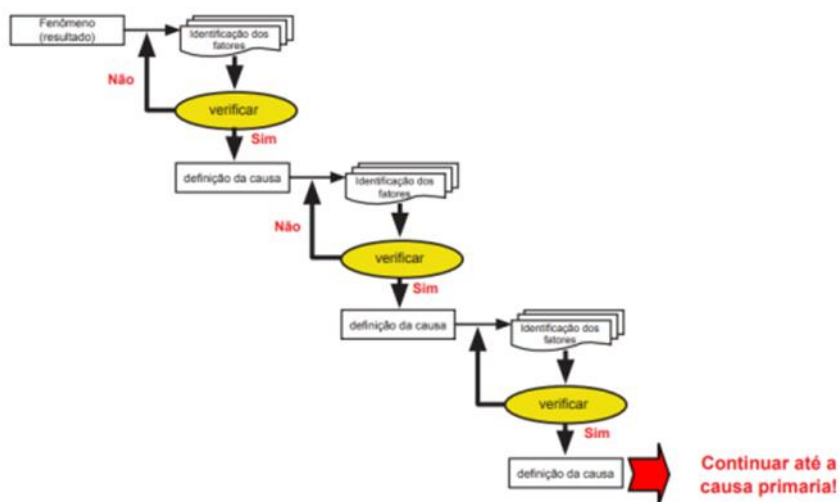


Fonte: Costa, 2019.

Já a ferramenta Cinco Por quês provém do sistema Toyota, com a intenção de responder perguntas subsequentes e chegar ao centro do problema, sempre questionando o porquê de determinada ação estar acontecendo, logo pode-se realizar uma investigação simples e eficaz. Nota-se que esse método tem efeito positivo para perdas esporádicas, principalmente defeitos, mas não

funciona bem para perdas crônicas que não possuam uma causa única. (DELGADO, 2018; COSTA, 2019)

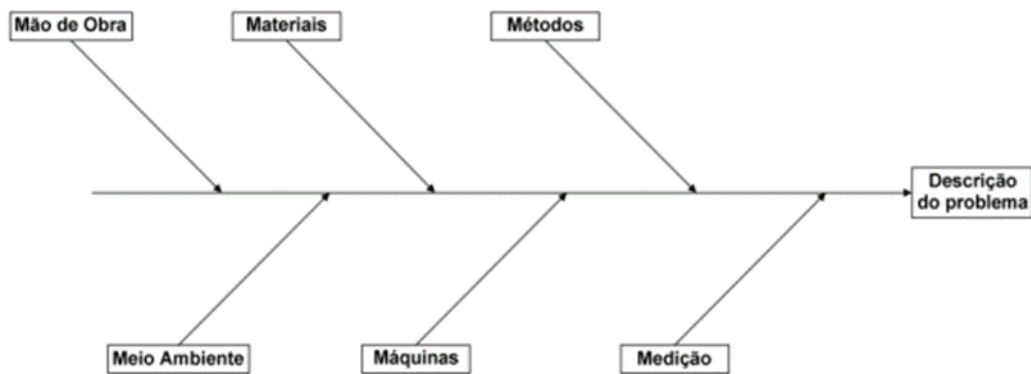
Figura 4: Cinco Por quês.



Fonte: Costa, 2019

O diagrama de Causa e Efeito, ou Espinha de Peixe por conta do formato, foi introduzido por volta de 1960 no Japão e tem a intenção de analisar e coletar todas possíveis causas do problema, anotando de uma forma simples de ser visualizada, como nota-se na FIGURA 5. A descrição do problema é colocada do lado direito (onde seria a cabeça do peixe) e nas pontas das espinhas coloca-se as possíveis causas podendo ou não ser agrupadas por assunto, chamados de 4M (Mão-de-Obra, Material, Máquinas, Métodos). (DELGADO, 2018; COSTA, 2019)

Figura 5: Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: Costa, 2019.

Outra ferramenta muito utilizada é o Ciclo PDCA, que tem a intenção de interligar de forma simples a qualidade do processo, sendo dividido em Planejamento, Execução, Verificação e Ações Corretivas, como notado na FIGURA 6, como possui grande aplicabilidade torna-se muito utilizado. (COSTA, 2019)

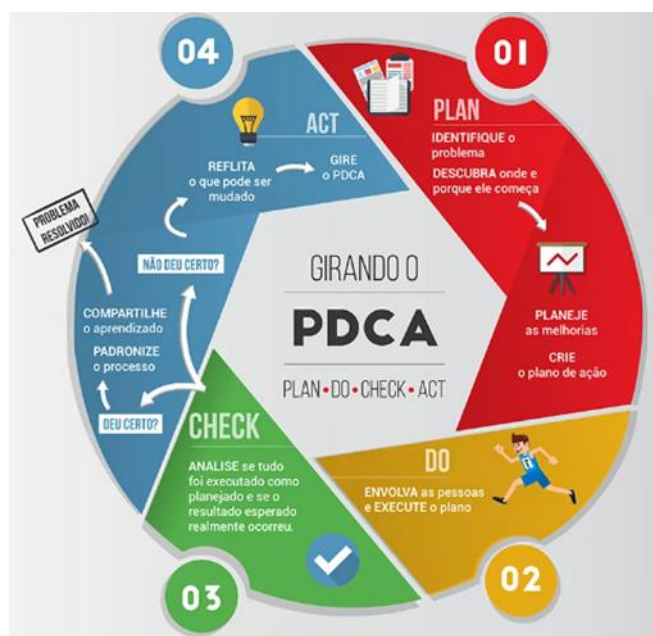
O procedimento planejamento abrange toda a parte inicial do processo, sendo essencial para o sucesso de toda a análise e resolução do problema, portanto é interessante que o problema já esteja detectado e bem definido. (ANDRADE, 2003)

Após a definição do problema, inicia-se a discussão por quais metas devem ser alcançadas, quem estará envolvido e quais dados serão coletados e analisados, nota-se que é importante ter a meta bem traçada pois será ela quem indicará o rumo do processo. Com isto bem definido, pode-se analisar o fenômeno por meio dos dados coletados com a intenção de entender e observar as variáveis que podem surgir. (ANDRADE, 2003)

Pode-se então, com os dados e a equipe gestora, buscar estratégias e soluções para o problema apresentado, nesta etapa é importante recorrer as etapas anteriores como o Diagrama de Efeito e Causa, buscando assim a melhor alternativa. (ANDRADE, 2003)

Um fator interessante desta ferramenta, está nas etapas que podem ser seguidas, afinal pode-se realizar uma ação e voltar a análise do início para reaplicação do ciclo e de todo o processo tornando-se assim um método dinâmico. (CORRÊA, 2017)

Figura 6: Ciclo PDCA.



Fonte: Siteware, 2022

Após a aplicação desses métodos, em um projeto piloto, é importante que ocorra uma auditoria nos processos, avaliando se a eficácia prevista e desejada fora alcançada.

Como citado anteriormente, o processo WCM faz com que diversas produções mundiais busquem destaque mundial, logo o poder competitivo desse processo está muito atrelado ao seu sucesso, o que faz com todos os envolvidos tenham vontade de integrar as equipes de implantação pensando no coletivo e no sucesso da empresa. (LARANJEIRA, 2021)

3 ANÁLISE DE CASO

Os métodos utilizados durante a pesquisa basearam-se em uma revisão bibliográfica sobre o tema *World Class Manufacturing* e seu desenvolvimento durante os anos.

Após várias pesquisas nas plataformas acadêmicas Periódicos Capes e Scielo, alguns trabalhos chamaram a atenção, sendo o mais atrativo sobre a aplicação do WCM em uma fabricante de amortecedores automotivos, logo o trabalho de tema “Análise comparativa da aplicação da metodologia World Class Manufacturing em um processo de fabricação de amortecedores automotivos e uma multinacional do setor de bens de consumo” do autor André Camargo Costa será utilizado como objeto de estudo e análise de caso.

Sendo assim, o estudo de caso a ser analisado trata-se de uma empresa de auto peças localizada em Minas Gerais, pertencente ao grupo Fiat com uma produção diária em torno de 50 mil amortecedores.

O processo de fabricação dos amortecedores é baseado em hastes onde ocorre uma transformação de uma barra de ferro em varetas e em seguida, por conta do processo de fabricação, são transformadas em peças bem definidas para cada tipo e modelo de amortecedor desejado. (COSTA, 2020)

Como em qualquer empresa produtora de grandes quantidades de peças, é preciso sempre analisar os produtos finais e no caso analisado não é diferente, sendo assim, notou-se que mesmo com todo o cuidado e preparação dos processos, as peças finais estavam sofrendo avarias, consideradas “hastes picadas”, como observado na FIGURA 7.

Figura 7: Defeito “haste picada” nas peças finais.



Fonte: Costa, 2020

O objetivo dessa análise é verificar uma solução para o defeito das “hastes picadas” encontrado no processo produtivo, podendo aplicar um método de gestão e diferentes ferramentas para auxiliar na resolução. Para uma meta ideal, o Fator Q, que será explicado mais a frente, deve ter um valor maior que 84%. Com isso, queremos mostrar a importância do WCM no dia a dia das empresas, sempre pensando na questão ambiental e com uma alta eficiência.

Para a resolução do problema, o método escolhido foi o WCM, onde o início do processo se deu pela detecção e identificação do problema, principalmente por conta de reclamações dos clientes. Esse processo faz parte da garantia de qualidade da empresa e foi feito durante seis meses para que todos os parâmetros e dados fossem coletados de forma eficaz.

Após a análise inicial e o estudo de matriz realizado, o problema foi identificado como problema de máquina, logo o WCM encaixou-se perfeitamente para resolução, afinal envolve todas as etapas de qualidade, aplicação e produto final, como citado anteriormente.

Durante a identificação do problema foi utilizado o método FMEA (Análise dos modos de falhas e seus efeitos), baseando-se em encontrar o erro e buscar soluções passíveis e simples de utilização. (COSTA, 2020)

Este método é utilizado principalmente nas fases de pré-produção, sempre com a intenção de melhorias e identificação de possíveis erros, investigando defeitos potenciais, tanto no produto final quanto no processo de produção ou montagem. (HRBACKOVA, 2016)

Nota-se que a importância da aplicação do FMEA ocorre por conta da sua capacidade de analisar e detalhar componentes do processo, sendo assim a análise de possíveis erros, até mesmo os de ocorrência humana, e causas torna-se simples e pode ser documentada. (WEIGERT, 2018)

Um fator importante deste método é sua aplicabilidade para diversos graus de detalhamento, podendo ser dividido por gravidade (demonstrando o grau de perigo dos efeitos da falha), frequência (demonstrando o quanto este erro ocorre ou pode ocorrer) e por detectabilidade (demonstrando a dificuldade

de se encontrar a falha), sendo assim é interessante analisar esses parâmetros para entender o quão grave e perigosa é a falha apresentada no processo. (WEIGERT, 2018)

Durante a análise dos dados coletados, identificou-se que o problema estava na Retífica da Linha 1, pois apresentou um número elevado de refugos durante a fabricação das peças, logo a utilização dos métodos Zero Defeitos e Fator Q, para essa máquina torna-se ideal e aplicável.

O método Zero Defeitos (5QPZD) baseia-se em cinco perguntas para identificação de problemas que sejam causados por mão-de-obra, materiais, métodos e/ou maquinário, sendo assim o problema pode ser classificado conforme mostrado na FIGURA 8, e a partir dos questionamentos respostas pode-se analisar qual o melhor caminho a ser seguido.

Figura 8: Cinco perguntas do método Zero Defeitos.

Pergunta	Pontuação e respectiva resposta		
	1 ponto	3 pontos	5 pontos
As condições são claras?	Padrões definidos	Método de verificação simples	Verificação visual simples
É fácil retornar às condições ideais?	Dificuldade de estabelecer, faltam pontos de referência	Fácil de estabelecer, presença dos pontos de referência	Ajuste automático
As condições são variáveis?	Durante a produção	Somente no início/começo de produção	Exceccionalmente
A variação é fácil de detetar?	Dificuldade de verificar visualmente	Através de um sistema padrão de medição	Continuamente a ser monitorizado
As condições são fáceis de restabelecer?	Pelo profissional de manutenção	Pelo operador treinado	Automaticamente

Fonte: Laranjeira, 2021.

Já o Fator Q é importante pois reflete resultados em parâmetros 1,3 e 5 fazendo com que a visualização do defeito seja simples. Este fator foi utilizado pela primeira vez pelo engenheiro KS Johnson nos Estados Unidos na área de qualidade para bobinas, em que esse fator está relacionado diretamente as perdas, sejam elas de energia ou quantidade em determinado processo e pode

ser calculado como mostrado na FIGURA 9. É importante ressaltar que quanto maior o Fator Q, mais benéfico será o processo. (RAISA, 2021)

Figura 9: Cálculo Fator Q.

$$Q = \frac{E_{\text{armazenado}}}{E_{\text{perdido por ciclo}}}$$

Fonte: Raisia, 2021

Sendo assim, a partir dos cálculos o parâmetro adotado para o Fator Q baseou-se no fato que se o resultado > 84% o processo colocado em prática estaria sendo eficaz, caso fosse < 84% o procedimento precisaria ser revisado, buscando melhorias, afinal um resultado negativo mostra que as ações tomadas foram ineficazes e a causa do erro na produção não foi identificada corretamente. (COSTA, 2020)

A partir das definições pré-estabelecidas, montou-se uma equipe onde cada indivíduo ficou responsável por uma ação e aplicação de determinada ferramenta na máquina que estava causando os problemas na produção. Diversos dados foram coletados e vale ressaltar que a análise foi realizada em diversos períodos de tempo (durante seis meses) e em todos os turnos trabalhados, para identificar se o problema realmente se referia a máquina e quando ocorria.

Em seguida, após diversas reuniões internas, foi utilizado o Ciclo PDCA para realização do procedimento e eliminar o erro de “hastes picadas” nas peças finais.

Nota-se, na FIGURA 10, que após todo o processo realizado, os erros foram eliminados em julho de 2015, levando cerca de seis meses para sua eliminação total. Com esse procedimento é visível a redução de erros e custos, onde os custos com a aplicação do processo pela empresa foram de R\$6.452,40 e os lucros R\$30.913,00 mensalmente. Têm-se ainda o fator Q, passando de 62,5% para 85,2%, sendo assim é perceptível a importância e legitimidade do processo.

Figura 10: Decaimento da quantidade de peças avariadas.



Fonte: Costa, 2020.

3.1 Discussão

Analisando os resultados obtidos pela empresa do grupo Fiat, é notável a aplicabilidade e a importância de uma boa aplicação do processo WCM. Muitas vezes este processo foi utilizado apenas para competitividade entre empresas, porém atualmente têm-se o fator redução de custos muito atrelado aos processos.

Uma boa implantação do Ciclo PDCA e do fator Zero Efeitos mostrou-se bastante eficaz, principalmente pelo lucro obtido e pelo aumento em 22,7% do Fator Q, chegando a 94%, demonstrando a eficácia e comprovando que o problema das peças realmente estava na Retífica da Linha 1.

Nota-se que o procedimento não ocorre de um dia para o outro, como demonstrado na FIGURA 9, levando cerca de seis meses para erradicar o problema, porém é importante que os fabricantes entendam a finalidade e as melhorias que o projeto pode acarretar para seus clientes e sua empresa, logo a paciência é a chave do negócio e do sucesso.

Outro fator bastante interessante e importante atualmente está na questão ambiental, já que perdas podem gerar prejuízos financeiros além dos danos ambientais, tornando-se essencial o acompanhamento dos processos para uma verificação rápida e eficaz de erros, como ocorreu com a empresa em questão, evitando que a produção seja afetada por longo prazo.

4 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO

A continuidade do estudo pode ser alavancada com as novas tecnologias do momento, principalmente no âmbito computacional, em que poderíamos fazer uma junção do WCM com a Indústria 4.0, sendo também interessante realizar um novo estudo no local apresentado para verificar o funcionamento do processo no atual momento.

Caso haja novos erros ou se ocorreram outros erros após a implantação do WCM, deve-se verificar como foi realizada a solução, se novos maquinários foram implantados ou se uma nova forma de solucionar problemas foi desenvolvida, afinal muitas indústrias devem entender se o método é relevante para si, adaptando o sistema para cada caso e cada local.

Robôs automatizados, por exemplo, tem sido utilizados para processos e funções específicas, reduzindo o tempo de produção, buscando erros nas produções e muitas vezes melhorando o produto final, sendo assim, uma inicialização de um projeto com máquinas mais autônomas seria um bom projeto de continuidade do trabalho, verificando mudanças que isto pode ocasionar, relacionando com as mesmas funções desenvolvidas por humanos.

Vale lembrar que a eficiência do processo e a redução dos desperdícios devem sempre ser estudadas, de tempos em tempos, analisando se há formas de melhorar o produto final e diminuir gradativamente quaisquer desperdícios do processo.

5 SÍNTESE E INTEGRAÇÃO COM A ENGENHARIA QUÍMICA

O entendimento do WCM é muito importante e eficaz para a Engenharia Química, onde diversos processos apresentam problemas e, com uma simples revisão do processo e aplicação dos pilares do método, o WCM já é capaz de solucionar diversos gargalos.

Empresas produtoras de sabonetes e sucroalcooleiras por exemplo, tem gastos consideráveis com energia elétrica e água, além dos problemas relacionados a emissão de CO₂ (dióxido de carbono) na atmosfera. Sendo assim, é de extrema importância montar uma equipe que tenha como um dos líderes um Engenheiro Químico que conheça bem e saiba aplicar o método apresentado neste trabalho. Se bem aplicada, o WCM pode resolver, mesmo que a longo prazo, os desperdícios de água e energia com diferentes reaproveitamentos e realizar a diminuição da emissão de CO₂ com reduções de processos ou realizando mudanças que levem menos tempo e, conseqüentemente, os desperdícios e poluição tendem a diminuir, deixando assim os produtos melhores, mais limpos e o cliente final mais satisfeito.

Nota-se que este método traz toda uma colaboração da parte gestora e do chão de fábrica, logo a coleta de dados torna-se essencial, além de entender que o problema pode demorar para ser resolvido, afinal o estudo de um caso pode demorar para que seja bem aplicado e solucionado de forma correta e eficaz. Com isso, o dinheiro gasto no momento da implantação será muitas vezes recuperado após a implantação do projeto.

É importante lembrar que o mercado mundial está cada vez mais competitivo, onde muitos clientes buscam empresas que sejam mais limpas em seus processos, além dos investidores e empresários que buscam formas economizar sem perder qualidade. Portanto, o WCM torna-se essencial e deve ser cada mais utilizado nas empresas e indústrias mundo a fora, sendo eles da forma original ou adaptada para cada necessidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método WCM provou durante vários anos sua eficácia e aplicabilidade, sendo ainda mais utilizado atualmente, onde a tecnologia tem avançado a passos largos, facilitando os processos. Entretanto, mesmo com toda a importância dos maquinários, têm-se a demonstração de como a parte humana é relevante nessas aplicações, já que muitas vezes a máquina não consegue resolver sozinha determinados erros.

Portanto, o WCM é peça chave para a análise de qualquer erro e deve fazer parte dos processos industriais, tendo uma grande chance de se tornar cada vez mais presente no dia a dia das indústrias.

7. REFERÊNCIAS

ALVES, F. S; IBUSUKI, U. Gerenciamento de produtividade industrial aplicando o pilar técnico work organization do world class manufacturing. **XXVI Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva**, v. 5, n. 1, 2018

ANDRADE, F. F. **O método de melhorias PDCA**. 2003. 169f. Tese (Mestrado em Engenharia) - Curso de Engenharia da Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003

BAUER, W., SCHLUND, S., MARRENBACH, D., GANSCHAR, O. Industrie 4.0–Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. **Berlin/Stuttgart**, 2014.

BOZAĞAÇ, İ. World class manufacturing on automobile industry and applications of autonomous maintenance in press shop. **Çukurova Üniversitesi, Department Of Mechanical Engineering, Adana**, 2010.

CORREA, P. F; DE OLIVEIRA, L. B. Aplicação das ferramentas da qualidade na solução de problemas de contaminação em uma fábrica de chocolate. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 2, 2017.

COSTA, A. C. Análise comparativa da aplicação da metodologia WCM em um processo de fabricação de amortecedores automotivos e uma multinacional do setor de bens de consumo. **Faculdades IDAAM**, Manaus, AM. 28/nov. 2020. Disponível em: < <http://oraculo.escolasidaam.com.br/jspui/bitstream/prefix/1194/1/AN%c3%81LISE%20COMPARATIVA%20DA%20APLICA%c3%87%c3%83O%20DA%20METODOLOGIA%20WORLD%20CLASS%20MANUFACTURING%20EM%20UM%20PROCESSO%20DE%20FABRICA%c3%87%c3%83O%20DE%20AMORTECEDORES%20AUTOMOTIVOS%20E%20UMA%20MULTINACIONAL%20DO%20SETOR%20DE%20BENS%20DE%20CONSUMO.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2022.

COSTA, T. R. DA. **World Class Manufacturing (WCM) em uma fábrica de componentes e módulos automotivos–aplicação na gestão de indicadores de qualidade**. 2019. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

DELGADO, C. A. M. **Implantação de projeto WCM na indústria 4.0 para melhoria do processo industrial através do método Taguchi**. 2018. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão de Processos Industriais) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2018.

D’ORAZIO, L; MESSINA, R; SCHIRALDI, M. M. Industry 4.0 and world class manufacturing integration: 100 technologies for a WCM-I4. 0 matrix. **Applied Sciences**, v. 10, n. 14, p. 4942, 2020.

EBRAHIMI, M; BABOLI, A; ROTHER, E. The evolution of world class manufacturing toward Industry 4.0: A case study in the automotive industry. **Ifac-Papersonline**, v. 52, n. 10, p. 188-194, 2019.

FELICE, F.; PETRILLO, A.; MONFREDA, S. **Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry**. InTech - Open Science Open Minds, 2013

FLYNN, B. B., SHROEDER, R. G., FLYNN, E. J. World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright's foundation. **Journal of Operations Management**, 17 (3), 249-269, 1999.

HERMANN, M. et al. Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review. **Technische Universität Dortmund, Dortmund**, v. 45, 2015.

HRBACKOVA, L. Risk-based thinking in the Production Process Using the Methods of Quality Assurance Matrix and the FMEA Process. **Journal of Systems Integration (1804-2724)**, v. 7, n. 1, 2016.

KETTER, S., 2006. World Class Manufacturing, Lingotto - November 8 & 9, 2006

LARANJEIRA, S. P. **Aplicação Industrial do Pilar de Organização de Posto de Trabalho do World Class Manufacturing numa Área Modelo**. 2021. 78f. Tese (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade Beira Interior, 2021.

LEAL, L. S. **Proposta de aplicação da filosofia de reuniões diárias com foco no desenvolvimento de equipes e estabilidade produtiva**. 2017. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

MARTINS, F. L. **Eficiência energética: gestão metodológica para a redução de energia elétrica na indústria Florianópolis, 04**. 2016. 77 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

NASSER, M. **O método de gestão Lean Manufacturing e a Indústria 4.0**. 2021. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – UNESP, Araraquara, 2021.

Pereira, A. C., Romero, F. **A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept**. *Procedia Manufacturing*, 13, 2017.1206-1214.

QIN, J., LIU, Y., GROSVENOR, R. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. **Procedia CIRP**, 52, 173-178, 2016.

Raisa. **Fator de Qualidade/Fator Q; Fórmulas e Equações**. Disponível em: <<https://www.raisa.com.br/fator-de-qualidade-fator-q-formulas-e-equacoes>>.

Acesso em 25 nov. 2022

Siteware. **O que é Ciclo PDCA e como ele pode melhorar seus processos**.

Disponível: <<https://www.siteware.com.br/metodologias/ciclo-pdca/>>. Acesso em 18 nov. 2022

SILVA, E.M. **Introdução ao WCM – World Class Manufacturing**. Disponível em: <<https://qualityway.wordpress.com/2016/11/03/wcm-manufatura-de-classe-mundial-por-edson-miranda-da-silva/>>. Acesso em 18 nov. 2022

SCHONBERGER, R. J. **World class manufacturing**. Simon and Schuster, 2008. 272 p.

WEIGERT, A. **Estudo de caso de implantação das ferramentas WCM em uma indústria têxtil para crescimento da confiabilidade**. 2018. 71f. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. e ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 14. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992

YAMASHINA, H. Challenge to world class manufacturing. **International Journal of Quality of Reliability Management**, Kyoto, v. 12, n. 34, p. 30-31, 2007.

Autorizo a reprodução deste trabalho
(Direitos de publicação reservados ao autor)
Araraquara, 19 de janeiro de 2023.
Dilson Fernando Martins Junior