



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS**

CAMILA FREIRE BERENGUER

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
EM UMA INDÚSTRIA DE PEÇAS AUTOMOTIVAS EM PERNAMBUCO**

Recife – PE

2023

CAMILA FREIRE BERENGUER

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
EM UMA INDÚSTRIA DE PEÇAS AUTOMOTIVAS EM PERNAMBUCO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientador: Prof°. Edval Gonçalves de Araújo.

Recife – PE

2023

Berenguer , Camila Freire.

Aplicação de ferramentas da qualidade na resolução de problemas em uma indústria de peças automotivas em Pernambuco / Camila Freire Berenguer - Recife, 2023.

63p : il.

Orientador(a): Edval Araújo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Materiais - Bacharelado, 2023.

9.

1. Qualidade. 2. Ferramentas da qualidade. 3. WCM. 4. PDCA. I. Araújo, Edval. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS – EEP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

ATA DE DEFESA

Trabalho de Conclusão de Curso

A aluna **Camila Freire Berenguer** apresentou seu Trabalho de Conclusão de Curso 2 – TCC2 em 05/10/2023 perante a banca composta por Edval Gonçalves de Araújo (Orientador), Dayanne Diniz de Souza (Examinadora Interna) e Carlos Augusto do Nascimento Oliveira (Examinador Interno). A apresentação do trabalho intitulado “**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM UMA INDÚSTRIA DE PEÇAS AUTOMOTIVAS EM PERNAMBUCO**” teve duração de 25 minutos. Durante a apresentação, a graduanda mostrou a relevância de seu trabalho e discorreu sobre o tema de forma clara e objetiva. Depois da apresentação, a banca examinadora passou a fazer comentários e sugestões sobre o trabalho, finalizando com algumas arguições à candidata. Em separado a banca se reuniu e deliberou pela aprovação da candidata, atribuindo-lhe a média 9,0 (nove).

Banca examinadora:

Prof. Edval Gonçalves de Araújo (Orientador)

1.  Documento assinado digitalmente
EDVAL GONCALVES DE ARAUJO
Data: 05/10/2023 17:21:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br> _____; Nota: (9.0)

Profª. Dayanne Diniz de Souza (Examinadora Interna)

2.  Documento assinado digitalmente
DAYANNE DINIZ DE SOUZA
Data: 05/10/2023 18:24:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br> _____; Nota: (9.0)

Prof. Carlos Augusto do Nascimento Oliveira (Examinador Interno)

3.  Documento assinado digitalmente
CARLOS AUGUSTO DO NASCIMENTO OLIVEIRA _____; Nota: (9.0)
Data: 06/10/2023 06:00:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Recife, 05 de Outubro de 2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao Deus Todo-Poderoso que fez o céu, a Terra e tudo o que nela há. Tudo é Dele, por Ele e para Ele.

Agradeço à minha avó Edna, que me ajudou na introdução, quando mesmo cansada a leu e interpretou para auxiliar na minha escrita. Além de sempre me apoiar nos meus estudos.

Agradeço ao meu esposo João Anderson, que durante toda a minha graduação esteve ao meu lado me dando suporte, sempre com paciência e às vezes enxugando minhas lágrimas, quando estava preocupada com as notas e a vida acadêmica.

Agradeço aos meus pais Saulo e Adriana, que durante toda a minha vida escolar e acadêmica me deram suporte, sempre foram preocupados com meus estudos e me ensinavam quando eu não compreendia as matérias, mesmo já na graduação com física e química. Agradeço também pela oportunidade que tive de estudar no Colégio Militar do Recife, isso mudou minha vida escolar e pude aprender a ter disciplina.

Agradeço aos meus familiares, meu irmão Matheus e meus amigos, que sempre torceram por mim.

Agradeço aos colegas de graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, unidade Cabo de Santo Agostinho que me ajudaram bastante no início da graduação, em especial meus amigos Leidy e Evaristo.

Agradeço aos meus professores da escola e da graduação, em especial à professora Nadège e meu orientador Edval, que sempre se dispuseram a tirar dúvidas e me dar suporte.

1. Senhor, tu me sondas e me conheces.
2. Sabes quando me sento e quando me levanto; de longe percebes os meus pensamentos.
3. Sabes muito bem quando trabalho e quando descanso; todos os meus caminhos te são bem conhecidos.
4. Antes mesmo que a palavra me chegue à língua, tu já a conheces inteiramente, Senhor.
5. Tu me cercas, por trás e pela frente, e pões a tua mão sobre mim.
6. Tal conhecimento é maravilhoso demais e está além do meu alcance, é tão elevado que não o posso atingir.
7. Para onde poderia eu escapar do teu Espírito? Para onde poderia fugir da tua presença?
8. Se eu subir aos céus, lá estás; se eu fizer a minha cama na sepultura, também lá estás.
9. Se eu subir com as asas da alvorada e morar na extremidade do mar,
10. mesmo ali a tua mão direita me guiará e me susterá.
11. Mesmo que eu dissesse que as trevas me encobrirão, e que a luz se tornará noite ao meu redor,
12. verei que nem as trevas são escuras para ti. A noite brilhará como o dia, pois para ti as trevas são luz.
13. Tu criaste o íntimo do meu ser e me teceste no ventre de minha mãe.
14. Eu te louvo porque me fizeste de modo especial e admirável. Tuas obras são maravilhosas! Disso tenho plena certeza.
15. Meus ossos não estavam escondidos de ti quando em secreto fui formado e entretecido como nas profundezas da terra.
16. Os teus olhos viram o meu embrião; todos os dias determinados para mim foram escritos no teu livro antes de qualquer deles existir.
17. Como são preciosos para mim os teus pensamentos, ó Deus! Como é grande a soma deles!
18. Se eu os contasse seriam mais do que os grãos de areia. Se terminasse de contá-los, eu ainda estaria contigo.
19. Quem dera matasses os ímpios, ó Deus! Afastem-se de mim os assassinos!
20. Porque falam de ti com maldade; em vão rebelam-se contra ti.
21. Acaso não odeio os que te odeiam, Senhor? E não detesto os que se revoltam contra ti?
22. Tenho por eles ódio implacável! Considero-os inimigos meus!
23. Sonda-me, ó Deus, e conhece o meu coração; prova-me, e conhece as minhas inquietações.
24. Vê se em minha conduta algo que te ofende, e dirige-me pelo caminho eterno.

RESUMO

A qualidade é um termo difícil de conceituar, pois ela pode ser fundamentada no produto, no usuário, no cliente, no projeto ou no valor. Inicialmente, antes da Revolução Industrial, os artesãos verificavam todos os produtos, contudo com o controle estatístico da qualidade (CEQ), começou-se a fazer amostragem para inspeção de produtos. O trabalho tem o objetivo de aplicar as ferramentas da qualidade para resolução de problemas. As ferramentas de Ishikawa são apresentadas: fluxograma, lista de verificação, histograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito, carta de controle e gráfico de dispersão. Associado a essas ferramentas, a base do projeto são as 7 ferramentas de melhoria contínua do WCM (*World Class Manufacturing*), integradas ao ciclo PDCA, 5G, 5W1H, 5Porquês. Todas essas ferramentas contribuem para entender o problema, compreendendo o fenômeno e obtendo a causa raiz. Através disso, desenvolve-se uma solução, verifica sua eficácia, padroniza e expande os conhecimentos para outra linha ou célula de produção. Foram realizados quatro estudos de casos nos departamentos: manutenção, engenharia, produção e qualidade; onde as ferramentas já citadas foram utilizadas para resolver problemas de qualidade ocorridos nesses setores. Através delas, foi possível, na manutenção, prever o tempo de vida útil de cabo elétrico, evitando outra colisão; na engenharia, criou-se procedimentos para ajustes de ângulo de tocha. Na produção, houve uma sistemática para abastecimento de peças e implantação de um sensor para garantir os componentes corretos; e na qualidade, foi implementado um controle dimensional. As ferramentas da qualidade e a sistemática do WCM propiciam mais controle de processo e produto.

Palavras – chave: Qualidade; Ferramentas da qualidade; WCM; PDCA

ABSTRACT

Quality is a difficult term to conceptualize, as it can be based on the product, the user, the customer, the project or the value. Initially, before the Industrial Revolution, craftsmen checked all products, however with statistical quality control (CEQ), sampling for product inspection began. The objective of this work is to apply quality tools to solve problems. Ishikawa's tools are presented: flowchart, checklist, histogram, Pareto diagram, cause and effect diagram, control chart and scatter plot. Associated with these tools, the basis of the project are the 7 WCM (World Class Manufacturing), continuous improvement tools, integrated into the PDCA cycle, 5G, 5W1H, 5Whys. All these tools contribute to understanding the problem, understanding the phenomenon and getting to the root cause. Through this, a solution is developed, its effectiveness verified, standardized and knowledge expanded to another production line or cell. Four case studies were carried out in the departments: maintenance, engineering, production and quality; where the tools already mentioned were used to solve quality problems occurring in these sectors. Through them, it was possible, during maintenance, to predict the useful life of the electrical cable, avoiding other implications; in engineering, procedures were created for torch angle adjustments. In production, there was a system for supplying parts and implementing a sensor to ensure the correct components; and in quality, dimensional control was implemented. WCM quality tools and systematics provide greater process and product control.

Keywords: Quality; Quality tools; WCM; PDCA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais Eras da qualidade (1920 – atualidade).....	10
Figura 2 - Tipologia de formas de fluxograma.....	13
Figura 3 - Histograma.....	14
Figura 4 - Exemplo de Diagrama de Pareto.....	15
Figura 5 - Diagrama de causa e efeito.....	16
Figura 6 - Análise de Diagrama de causa e efeito.....	17
Figura 7 - Gráfico de Carta de controle.....	18
Figura 8 - Gráficos de dispersão: correlação positiva (a); correlação negativa (b); correlação inexistente (c).....	19
Figura 9 - Pilares técnicos do WCM.....	21
Figura 10 - Pirâmide de Heinrich.....	24
Figura 11 - Pirâmide de desvios.....	25
Figura 12 - Fluxograma de 5G + kaizen.....	26
Figura 13 - Criação de plano de ação com o uso da ferramenta 5G.....	27
Figura 14 - Plano de ação a ser realizado com informações do 5W1H.....	28
Figura 15 - 7 Ferramentas de melhoria do WCM.....	31
Figura 16 – 7 Ferramentas de melhoria do WCM associada ao ciclo PDCA.....	32
Figura 17 - Fluxograma de resolução de problemas através do ciclo PDCA, 5W1H, 5G e 5WHY.....	33
Figura 18 - Diagrama de Pareto representando parada de máquina em linhas de produção.....	34
Figura 19 - Ferramenta 5W1H.....	36
Figura 20 - Análise dos 5 Porquês.....	37
Figura 21 - Quantidade de peças em estoque.....	38
Figura 22 - Macrografia apresentando trinca na solda da peça.....	39
Figura 23 - Esboço do ajuste equivocado do ângulo da tocha.....	39
Figura 24 - Restauração de condição de base da tocha.....	40
Figura 25 - Análise do fenômeno – ferramenta 5W1H.....	40
Figura 26 – Causa raiz da trinca na solda.....	42
Figura 27 - Diagrama de causa e efeito.....	42
Figura 28 - Plano de ação.....	42
Figura 29 - Ferramenta 5W1H.....	43
Figura 30 - Diagrama de Causa e efeito.....	44
Figura 31 – Rascunho do componente - Compreensão do fenômeno.....	46

Figura 32 - 5 Porquês.....	46
Figura 33 – Substituição de monômetro analógico por digital.....	47
Figura 34 – Carta de controle.....	48
Figura 35 – Nova carta de controle – limites inferior e superior de 0,5mm.....	49
Figura 36 – Cronograma.....	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

4M -	Análise de mão de obra, método de fabricação, máquina e material
5G -	Ferramenta da qualidade que instrui o responsável a ir <i>in loco</i>
5S -	Ferramenta da qualidade voltada para limpeza e organização
5W1H -	Ferramenta da qualidade que institui um plano de ação
AM -	<i>Autonomous Maintenance</i> (Manutenção Autônoma)
CEQ -	Controle estatístico da qualidade
EHS -	<i>Environment, Hygiene and Safety</i> (Meio ambiente, higiene e segurança)
FCA -	<i>Fiat Chrysler Automobiles</i> (Empresa de automóveis – Fiat)
HERCA -	<i>Human Error Root Cause Analysis</i> (Análise de causa raiz do erro humano)
IATF -	<i>International Automotive Task Force</i> (Força tarefa automotiva internacional)
ISO -	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização internacional de padronização)
JIT-	<i>Just it time</i> (as operações e as execuções ocorrem no seu devido tempo, nem antes, nem depois)
KPI -	<i>Key Performance Indicator</i> (Indicador chave de desempenho)
mg/dL -	Miligramas por decilitro
PDCA -	Ferramenta da qualidade Planejar, Executar, Checar e Agir
TPM -	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção produtiva total)
SGQ -	Sistema de Gestão da Qualidade
SOP -	<i>Standard Operator Procedure</i> (Procedimento de operação padrão)
TWTTP-	<i>The Way To Teach People</i> (A maneira de ensinar as pessoas)
WCM -	<i>World Class Manufacturing</i> (Manufatura de Classe Mundial)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	06
1.1 Objetivos	07
1.1.1 Objetivo Geral.....	07
1.1.2 Objetivos Específicos.....	07
1.2 Justificativa	08
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	09
2.1 Conceito de qualidade.....	09
2.1.1 Problemas de qualidade.....	10
2.2 Ferramentas da qualidade.....	10
2.2.1 Fluxograma.....	12
2.2.2 Lista de verificação.....	13
2.2.3 Histograma.....	14
2.2.4 Diagrama de Pareto.....	15
2.2.5 Diagrama de causa e efeito.....	16
2.2.6 Carta de controle.....	17
2.2.7 Gráfico de dispersão.....	18
2.3 WCM.....	19
2.4 KPI	23
2.4.1 Pirâmide de Heinrich.....	24
2.5 5G.....	25
2.6 Cinco porquês.....	27
2.7 5W1H.....	28

2.8 Ciclo PDCA.....	28
2.9 5S.....	29
2.10 Certificação ISO.....	30
2.10.1 IATF 16949: 2015.....	30
3 METODOLOGIA.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Estudo de caso da manutenção.....	35
4.2 Estudo de caso da engenharia.....	38
4.3 Estudo de caso da produção.....	41
4.4 Estudo de caso da qualidade.....	43
5 CONCLUSÃO.....	45
6 TRABALHOS FUTUROS.....	48
7 CRONOGRAMA.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

Ao olhar a evolução da humanidade, percebe-se o progresso das tecnologias desde a Idade da Pedra, onde somente utensílios de pedra eram usados, até hoje, em que pessoas são levadas ao espaço em foguetes que são fabricados com alto grau de automatização. A necessidade humana foi primordial para esse avanço, pois novas ferramentas (invenções) interferiram na sobrevivência de tal modo que houve aperfeiçoamento na maneira de caçar, tratamentos médicos começaram a existir e as condições de trabalho tiveram seu progresso. Segundo Galdino *et al.* (2016), a enfermeira Florence Nightingale, em 1854, implantou o primeiro modelo de melhoria contínua da qualidade em saúde durante a Guerra da Crimeia, no hospital Scutari, onde, através de dados estatísticos, interveio nos padrões sanitários e cuidados de enfermagem. Seus resultados diminuíram a taxa de mortalidade de 40% para 2%. Ao olhar todo esse cenário, nota-se que as pessoas alcançaram qualidade de vida (maior expectativa de vida, condições melhores de trabalho, alto índice de educação, melhores condições de saúde, conforto em suas casas), todavia não tinham completo entendimento deste conceito.

De acordo com Gomes (2004), é fácil reconhecer a qualidade, mas defini-la não. Ela é considerada universalmente, e além de atingir as companhias, também interfere na vida das pessoas de maneira positiva; pois todos os dias, profissionais são estimulados a melhorar a qualidade de seu trabalho, porém sua definição não é objetiva. Oliveira (2020), conceitua qualidade como excelência absoluta universalmente reconhecível, que marca padrões de alto nível de realização. Em adição, a qualidade pode ser fundamentada no produto, em que é precisa e mensurável, e fundamentada no usuário.

O conceito da qualidade com a abordagem moderna teve seu surgimento no início do século XX, durante a Revolução Industrial, quando produtos eram fabricados artesanalmente e começaram a ser produzidos em massa. Isso resultou em produtos de qualidade inferior, em que muitos consumidores solicitaram que os produtos apresentassem as características de antes. Nesse momento, a qualidade, então, era definida através do produto e satisfação do cliente. Nota-se, portanto, que a qualidade pode ser definida através da interpretação, podendo abordar conformidades com exigência do cliente, serviço eficiente, relação custo/benefício, adequação ao uso (GALDINO *et al.*, 2016, DOS SANTOS *et al.*, 2016; OLIVEIRA, 2020).

Fabris (2014) diz que, com o intuito de se obter qualidade em produtos e processos, organizações devem empregar as ferramentas da qualidade, as quais propiciarão uma melhor tomada de decisões, porque permitem definir, analisar, aferir e propor uma metodologia para

solucionar problemas. Através das ferramentas da qualidade (fluxograma, lista de verificação, histograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito, carta de controle, gráfico de dispersão, dentre outras) é possível constatar o real motivo da causa das anomalias, evitando, assim, sua reincidência, pois evidenciar falhas é o início da manifestação da busca pela qualidade. (GOMES, 2004).

Além da apresentação destas ferramentas, a proposta desse trabalho é mostrar fenômenos anômalos que ocorreram numa indústria de peças automotivas como trincas na solda de uma peça, quebra de máquina, soldagem de componentes errados, falha da montagem no cliente. Esses problemas foram identificados e solucionados através do uso das ferramentas da qualidade. No presente trabalho, o foco será dado nas 7 ferramentas do WCM que envolve o ciclo PDCA, KPI, 5 porquês, 5G, 5W1H e 5S.

A indústria onde os problemas ocorreram é fabricante de componentes para veículos, localizada no estado de Pernambuco. Entre seus processos de fabricação, estão soldagem de suspensão, montagem de grupo roda e amortecedores. Essas peças são consideradas *reports*, o que significa que se houver algum problema no produto ou no processo impactam diretamente na segurança de seus usuários. Portanto, esse trabalho demonstra como as ferramentas de qualidade são importantes para controle de produto e processo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar a aplicação das ferramentas da qualidade na resolução de problemas em uma indústria automotiva em Pernambuco.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar ferramenta 5G na solução de problemas de qualidade;
- Estratificar o Diagrama de causa e efeito para 4M;
- Aplicar a ferramenta 5W1H para obtenção do fenômeno;
- Estudar a ferramenta 5Porquês na análise de causa raiz;
- Estudar solução de problemas de diferentes setores: manutenção, produção, engenharia e qualidade através da compreensão da aplicação das ferramentas do WCM: como ciclo PDCA na solução de problemas;
- Entender como os indicadores (KPIs) suportam as ferramentas na solução de problemas.

1.2 Justificativa

Quando se pensa em comprar algo, a primeira coisa é cogitar a qualidade do produto. No entanto, que critérios se pode usar para garantir a qualidade? Se é uma roupa, um alimento, um eletrodoméstico, no que se pode basear para saber se o produto tem a qualidade requerida ou não?

Segundo Oliveira (2020), para se ter sucesso na qualidade, deve-se desenvolver a total satisfação do cliente, uma gerência participativa, desenvolvimento de recursos humanos, constância de propósitos, aperfeiçoamento contínuo do sistema, gestão e controle de processos, disseminação de informações, delegação e assistência técnica. Além disso, a qualidade pode ser transcendental, quando não é possível analisá-la e o reconhecimento é apenas pela experiência; fundamentada no produto, quando ela pode variar e ser medida; fundamentada pelo usuário, quando depende da satisfação e particularidade do cliente; fundamentada na produção, quando é baseada em um projeto de engenharia; e fundamentada no valor; quando a qualidade é vista por preços e custos.

Portanto, nota-se a subjetividade da qualidade e dependência da perspectiva em que a observa. Todavia, as ferramentas transformam subjetividade em objetividade, sempre que é possível mensurar e ter números evidenciando sua boa performance e garantindo, assim, a competência de uma empresa diante de seu cliente ou seus consumidores. Essas ferramentas também propiciam uma metodologia para resolução de problemas dentro da companhia. Com elas, pode-se priorizar situações críticas, compreender se os dados estão dentro das margens estabelecidas, detectar a causa raiz da anomalia e atuar para que essa anormalidade não ocorra mais.

Neste trabalho, discutir-se-á alguns estudos de casos em que as ferramentas da qualidade foram empregadas para a resolução de falhas ocorridas dentro de uma companhia industrial de peças automotivas no estado de Pernambuco.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceito de Qualidade

Ishikawa foi o estudioso mais atuante no Japão a favor da análise de causa raiz e defesa no controle de qualidade. Ele também foi o criador das 7 ferramentas da qualidade: fluxograma, lista de verificação, histograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito, carta de controle e gráfico de dispersão. Com isso, ele constatou que 95% das falhas poderiam ser solucionadas por estas ferramentas e o operador fabril seria capaz de empregá-las. Além disso, ele define qualidade primeiramente por entender as determinações do cliente. Consequentemente, partindo da idealização do projeto, origina-se o conceito de qualidade de produtos (DOS SANTOS, 2016).

Oliveira (2020) divide a qualidade em 4 Eras: Era da inspeção, que ocorreu nos anos 20, Era do controle estatístico da qualidade (CEQ) que sucedeu nos anos 30 e 40, Era da garantia da qualidade, a qual decorreu nos anos 50 e a Era da gestão estratégica da qualidade, nos anos 80. Nos anos 20, na Era da inspeção, a qualidade era apenas uma vistoria realizada pelos próprios artesãos, onde verificavam se o produto era defeituoso e atuavam apenas em sua prevenção e não nas possíveis causas. Na Era do CEQ, os produtos já eram produzidos em massa e sua inspeção em cada produto ficou inviabilizada, sendo assim, começou-se a fazer uma amostragem para realizar essa inspeção e o objetivo estava na performance e na qualidade do processo, onde se aplicou um sistema de medir a variação na linha de produção. A Era da garantia da qualidade é caracterizada pela padronização, em que se a sistemática fosse seguida, os produtos teriam qualidade, portanto não há um único responsável, a qualidade é responsabilidade de todos dentro da instituição. Já a Era da gestão estratégica da qualidade é utilizada até hoje, em que há um planejamento estratégico por parte da gerência de empresas através de programas de treinamento, grupos de melhoria, qualidade no desenvolvimento do produto e melhoria de processos. O intuito desta estratégia é a satisfação do cliente e é caracterizada pela gestão da qualidade total (OLIVEIRA, 2020). Pode-se notar as particularidades de cada era da qualidade na Figura 1 a seguir.

Figura 1: Principais Eras da qualidade (1920 – atualidade)



Fonte: Oliveira (2020).

A qualidade total é descrita por 5 dimensões que intervêm no atendimento da necessidade dos indivíduos. As dimensões são: segurança (*Safety*), qualidade (*Quality*), entrega (*Delivery*), custo (*Cost*) e moral (*Moral*) – SQDCM. A segurança está correlacionada à integridade física e mental dos colaboradores e dos consumidores dos produtos. Os indicadores (KPIs) da segurança dos colaboradores são números de acidentes e a gravidade deles, já a segurança dos consumidores é responsabilidade civil da companhia. A qualidade é relacionada à satisfação do cliente interno ou externo e pode ser mensurada através de previsibilidade e confiabilidade em todas as operações, como também qualidade de treinamento. A entrega é caracterizada pela distribuição do produto ao cliente de acordo com o prazo, o local e a quantidade estabelecidos. O Custo não é determinado apenas pelo custo final, mas é também composto pelos valores intermediários (elaboração, produção, entrega, garantia), e deve refletir o valor agregado, não sendo um impedimento ao estabelecimento do preço final do produto no mercado. Já a Moral refere-se ao lado humano e relaciona pessoas da organização e consumidores do produto, além de fornecedores, sempre objetivando a satisfação do cliente (DOS SANTOS, 2016).

2.1.1 Problemas de Qualidade

Problema tem o significado de ser algo difícil de ser solucionado, geralmente é algo que traz muitos desafios para o responsável resolvê-lo. Na indústria, chama-se problema as anomalias que dificultam a fabricação de produtos, podendo envolver mão de obra, material, máquina ou o método de fabricação. Um problema nem sempre é uma anomalia na qualidade,

ele pode acontecer em outros departamentos, todavia, se não resolvidos geralmente impactam na qualidade.

Da Fonseca (2006) define problema de qualidade como algo que está entre o estado atual e o estado desejável, isto é, um produto que precisa ser melhorado. Dos Santos *et al.* (2016) caracteriza problema como consequência inoportuna de um processo, o que significa que um componente de controle não cumpre o que seria desejado. Problema está completamente ligado às necessidades não atendidas do cliente, podendo ser produto ou serviço. Dessa forma, entende-se que problema é uma condição a ser sanada, envolvendo várias ações. Para isso é necessário ter uma metodologia apropriada e eficaz, com estágios estruturados, representado em um esquema com o intuito de se fazer análises e melhorias. Por isso, usa-se as ferramentas da qualidade para identificar os problemas, compreender suas causas raiz e propor soluções para que os mesmos não voltem a ocorrer, oferecendo uma produção estável.

A produção estável de uma empresa depende da fabricação de produtos que satisfaçam as demandas do cliente no que se refere principalmente ao nível de qualidade, custo, tempo de entrega, seguindo os padrões exigidos pelo cliente. Além de identificar e resolver anomalias empregando ferramentas (da qualidade) e gerenciamento de mudanças. Essas mudanças podem ocorrer todos os dias nos mais diversos setores e compreender a causa delas e diminuí-las são ações constantes para resolver problemas. (ISHIKAWA *et al.*, 2019)

A depender do tipo de produto ou serviço que a organização fornece, um problema de qualidade pode prejudicá-la consideravelmente. No caso da indústria automotiva chamam-se de características *report* os componentes que têm mais criticidade, como exemplos podemos citar a suspensão, o amortecedor, e o grupo roda. Se houver algum problema de qualidade, por exemplo, na solda de um dos componentes da suspensão, pode-se gerar um acidente com várias vítimas. Sendo assim, é imprescindível a necessidade de compreender bem a causa dos problemas e identificar as falhas do processo, preferencialmente antes de o produto chegar ao consumidor. (GONÇALVES *et al.*, 2019; DE SOUSA *et al.*, 2020).

2.2 Ferramentas da Qualidade

Segundo Galdino *et al.* (2016), a qualidade divide-se em ferramentas e técnicas para melhoria do processo, confiabilidade e análise de falhas, e programas para melhoria da qualidade. Isso significa que a qualidade está na confiabilidade, na melhoria do processo ou produto e análise de falhas. Sendo assim, as ferramentas da qualidade devem auxiliar nessas

três proposições. Em muitos casos, nem sempre se consegue atuar de imediato no problema e resolvê-lo, mas atuar na detecção de falhas evitando que produtos defeituosos cheguem ao cliente. Ao serem detectados devem ser descartados corretamente ou retrabalhados.

As ferramentas da qualidade cooperam para a expansão de serviços de excelência que preveem a necessidade e promovem melhor tomada de decisões por parte da gerência, melhor compreensão e solução de problemas. Essas ferramentas são

- Fluxograma;
- Lista de verificação;
- Histograma;
- Diagrama de Pareto;
- Diagrama de causa e efeito;
- Carta de controle;
- Gráfico de dispersão.

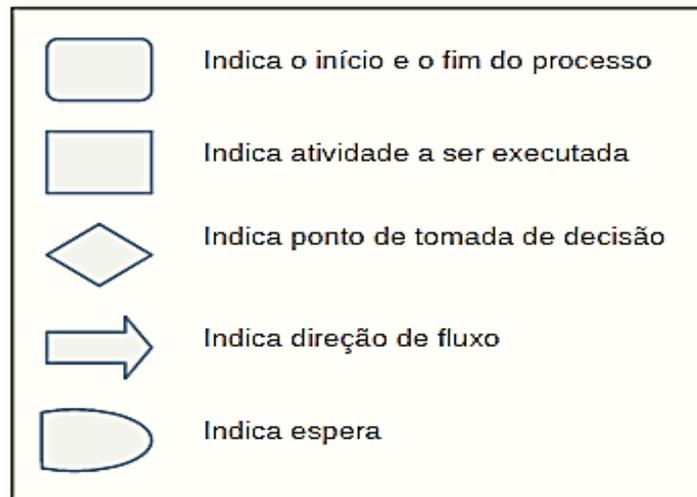
Cada uma delas tem especificidades em seu emprego e um caminho lógico para solucionar os problemas. Seu objetivo é favorecer a compreensão dos problemas e propiciar subsídios para controle do processo, definindo, analisando, mensurando e sugerindo soluções para adversidades que intervêm na agilidade do processo, sendo estratégias para responsáveis tomar decisões, tendo maior controle e visão crítica do processo. Sendo assim, as ferramentas da qualidade convertem dados estatísticos em tomada de decisão e correção de rumos (GALDINO *et al.*, 2016; DOS SANTOS *et al.*, 2016; GONÇALVES *et al.*, 2019; GUALDA *et al.*, 2022).

2.2.1 Fluxograma

Fluxograma é uma ilustração gráfica que expõe todas as etapas do processo, apresentando uma visão geral dele. Essa ferramenta é um mapa da sequência de atividades de um procedimento e tem como objetivo visualizar bem cada etapa/sequência, relação entre as atividades e possíveis alterações. Nesse sentido, há um início, meio e fim, além de uma tipologia de formas que auxiliam no conhecimento do processo e fornece uma visão macro de seu desenvolvimento (ISHIKAWA, 2021). A Figura 2 apresenta símbolos que são usados em um fluxograma. O quadrado com *fillets* indica início e fim do processo, o retângulo representa a atividade que será executada, o losango indica que é necessária uma tomada de decisão, a seta

indica o fluxo a ser seguido e a meia elipse representa espera. (GOMES *et al.*, 2004; DOS SANTOS *et al.*, 2016).

Figura 2: Tipologia de formas de fluxograma



Fonte: Adaptado Ishikawa (2021).

2.2.2 Lista de verificação

De acordo com Dos Santos *et al.* (2016), a Lista ou Folha de verificação é utilizada para mensurar a periodicidade que ocorrências acontecem em determinado tempo. Segundo De Sousa *et al.* (2020), Folhas de verificação são dados coletados em tabelas que favorecem a sua compilação e análise, propiciando diminuir o tempo de uso desta ferramenta evitando a atividade de desenhar figuras e escrever números iguais, obtendo análises mais objetivas. Esta ferramenta é usada em observação de fenômenos, compreendendo os fatores e padrões envolvidos.

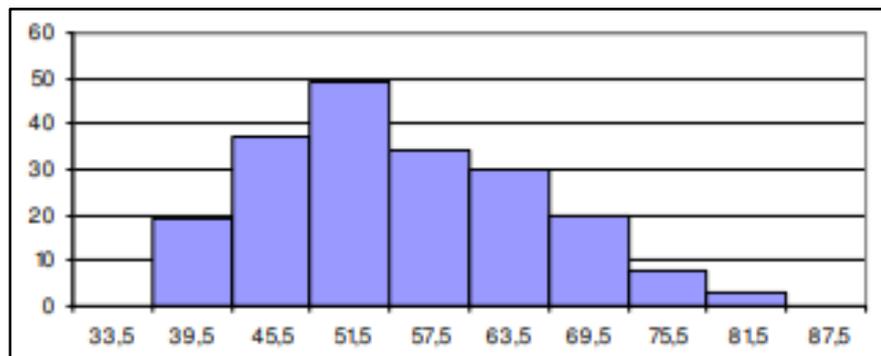
Geralmente, os eventos a serem registrados são problemas de qualidade (defeitos em produtos) evidenciados no dia a dia de trabalho. A organização, então, pode representar todos os defeitos em uma planilha, separando por linha de produção e operação, acrescentando também a causa raiz e a solução proposta, para que, caso ocorra mais uma vez, o encarregado da linha de produção ou até mesmo o operador possam acrescentar um novo defeito ou saber como proceder se for algo recorrente. (ISHIKAWA, 2019).

2.2.3 Histograma

Segundo Galdino *et al.* (2016), Histograma é uma representação gráfica de dados que ilustra a distribuição de frequência de um conjunto de valores. É comumente utilizado em estatística para mostrar a frequência com que ocorrem determinados valores em um conjunto de dados. Um histograma é composto por barras verticais, onde cada uma representa uma faixa de valores e a altura da barra caracteriza a frequência com que os valores estão presentes nessa faixa. A largura das barras é uniforme, mas a altura varia a depender do número de valores da faixa. (GALDINO *et al.*, 2016)

Um exemplo de aplicação do histograma é a análise de um processo de produção. Ao avaliar a qualidade dos produtos em uma linha de produção, o histograma pode ser usado para visualizar a distribuição das medidas de um indicador de qualidade (KPI) em uma amostra aleatória de produtos na linha. A Figura 3 representa a medição da espessura de uma camada de tinta em uma peça. Para isso, uma amostra de peças é coletada de maneira aleatória e as medidas de espessura de tinta são registradas, com isso constrói-se um gráfico para mostrar a distribuição da frequência dessas medidas. (GOMES *et al.*, 2004; MARQUES, 2012; DOS SANTOS *et al.*, 2016).

Figura 3: Histograma



Fonte: Marques (2012)

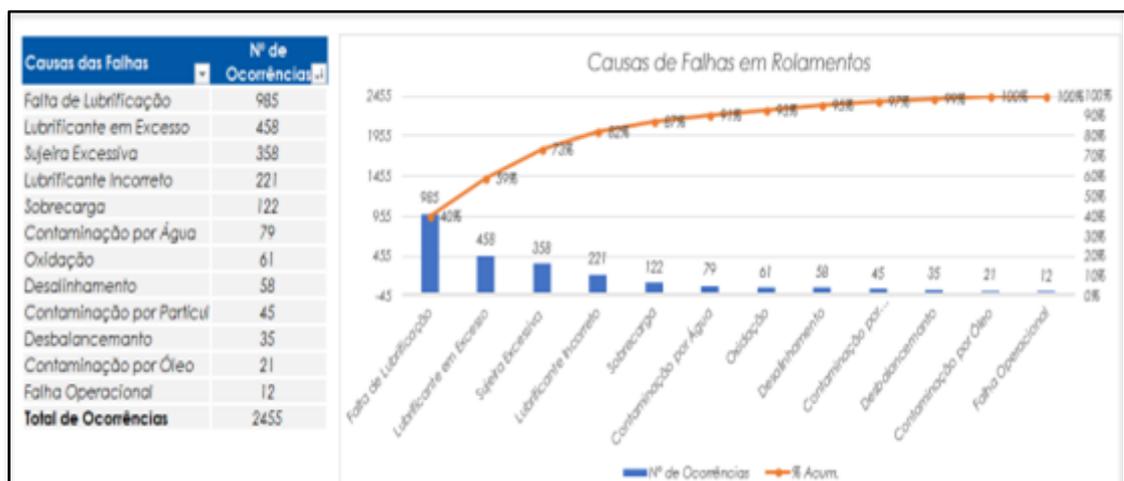
É possível, ainda, avaliar a provável distribuição normal dos dados do histograma, dependendo da quantidade de dados disponíveis, se os dados são independentes, se existem valores discrepantes (*outliers*) que precisam ser investigados e se a variabilidade no processo é aceitável. Se a distribuição não for normal, se não há independência dos dados ou houver valores discrepantes, pode indicar problemas no processo que precisam ser corrigidos para que o mesmo esteja sobre controle e melhorar a qualidade do produto. (LIMA *et al.*, 2020).

2.2.4 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto possibilita identificar o que é prioridade e fazer planos de ação para obter resultados mais significativos. Anjos Júnior *et al.* (2019) diz que o Diagrama de Pareto é uma ferramenta de controle que apresenta gráficos em barra que ordenam a frequência entre causas e perdas que devem ser resolvidas. Elas devem ser ordenadas da maior para a menor priorizando a solução de problemas. Esse diagrama é associado com a regra 80/20, onde 80% dos problemas são solucionados com 20% das causas. É colocado, então, as possíveis perdas e desperdícios na configuração do Diagrama, identificando assim o que é mais urgente (priorização), podendo ser refugo, perda devido à mão de obra, atividade sem valor agregado, etc.

A Figura 4 demonstra algumas falhas que aconteceram em uma indústria e o número de suas ocorrências, bem como a porcentagem acumulada das falhas em rolamentos. Ao analisar o gráfico é possível notar visualmente qual a primeira falha deve ser atacada para ser solucionada – falta de lubrificação (os dois outros problemas para se completar os 80% das principais causas são o excesso de lubrificante e sujeira excessiva). Nesse sentido, o responsável por resolver esse problema compreende facilmente qual a sua prioridade e deve atuar para entender a causa dessa anomalia (SANTOS, 2020; GUALDA *et al.*, 2022).

Figura 4: Exemplo de Diagrama de Pareto



Fonte: Santos (2020).

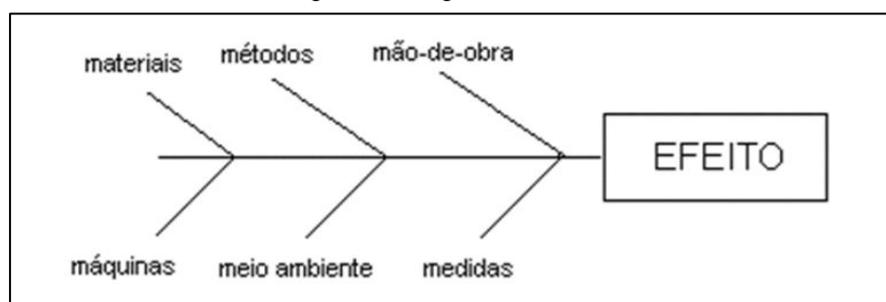
2.2.5 Diagrama de causa e efeito

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de causa e efeito ou ainda Espinha de peixe é uma ferramenta utilizada para identificar e analisar as causas de um problema ou efeito indesejado em um processo. Ele tem a forma de uma espinha de peixe, onde a espinha central representa o efeito principal e as espinhas laterais caracterizam as principais causas potenciais que contribuem para o problema. Essas causas são agrupadas em categorias baseada nos 6M (mão de obra, material, máquina, método, medição e meio ambiente) para facilitar a identificação e análise. No entanto, nesse trabalho usar-se-á 4M ao invés de 6M, desprezando a medição e o meio ambiente. Isso se dá porque as variáveis desses itens são desprezíveis, visto que é a mesma máquina que faz a medição em todas as peças e tudo está sob o mesmo ambiente, o chão de fábrica. (ISHIKAWA, 2019).

Geralmente é um time multidisciplinar que trabalham juntos para identificar as principais causas potenciais. O diagrama de causa e efeito é importante para solução de problemas, porque ajuda o time a visualizar e entender as relações entre as causas e o problema. Ele pode ser usado em vários setores e processos, desde a manufatura até os serviços e é útil para problemas complexos ou multifacetados que envolvem várias causas potenciais. (DE SOUZA et al, 2021; GALDINO, 2016; OLIVEIRA, 2020).

A Figura 5 apresenta um esboço da espinha de peixe. Já a Figura 6 representa um exemplo onde o problema é a falha no torque do parafuso. Verificou-se que não havia nenhum problema com a máquina, nem com o meio ambiente ou mesmo com a medição e método. Todavia, analisou-se que o treinamento realizado com os colaboradores não foi eficiente, pois um operador tinha muita dificuldade em utilizar a parafusadeira automática, evidenciando um problema de mão de obra. Adicionalmente, os componentes – parafuso e porca – estavam fora do especificado, visto que o passo de suas roscas eram diferentes, constatando um problema de material. (DE SOUZA et al, 2021)

Figura 5: Diagrama de causa e efeito



Fonte: De Souza Santos *et al.* (2021).

Figura 6: Análise de Diagrama de causa e efeito



Fonte: Autora.

2.2.6 Carta de Controle

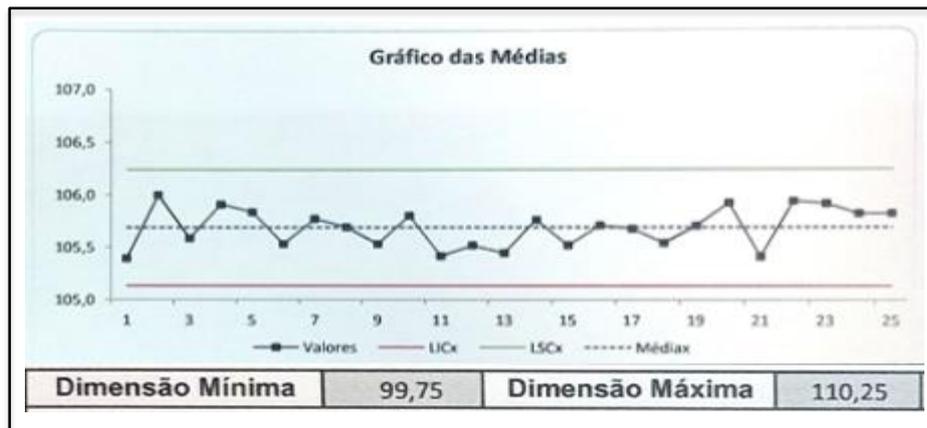
Carta de controle é uma ferramenta utilizada na gestão da qualidade para monitorar e controlar a variação de um processo ao longo do tempo. Ela foi desenvolvida por Walter A. Shewhart e é uma representação gráfica dos dados coletados em um determinado período, permitindo a identificação de tendências, padrões e anomalias que possam indicar problemas ou desvios no processo.

As cartas de controle são construídas a partir de dados amostrais, que são coletados em intervalos regulares de tempo. Esses dados são então plotados em um gráfico que possui uma linha central e limites superior e inferior de controle (que indicam a variação natural do processo). A linha central é o valor médio do que se está medindo, e os limites inferior e superior são os extremos que definem a estabilidade do processo. Se os pontos coletados estiverem dentro dos limites de controle, significa que o processo está estável e sob controle estatístico.

A carta de controle é uma ferramenta importante para a tomada de decisões baseada em dados e para a melhoria contínua dos processos. Ela ajuda a identificar os principais fatores que

afetam o processo, permite a detecção de problemas em tempo real e ajuda a prever possíveis problemas futuros. A Figura 7 apresenta uma carta de controle que representa a média de tamanhos de cordões de solda, onde a dimensão máxima é de 110,25 e a mínima de 99,75; contudo demonstra limite inferior 105,35 e limite superior de 106,25. (GALDINO *et al.*, 2016; DOS SANTOS *et al.*, 2016, ISHIKAWA, 2109; SANTOS, 2021).

Figura 7: Gráfico de Carta de controle

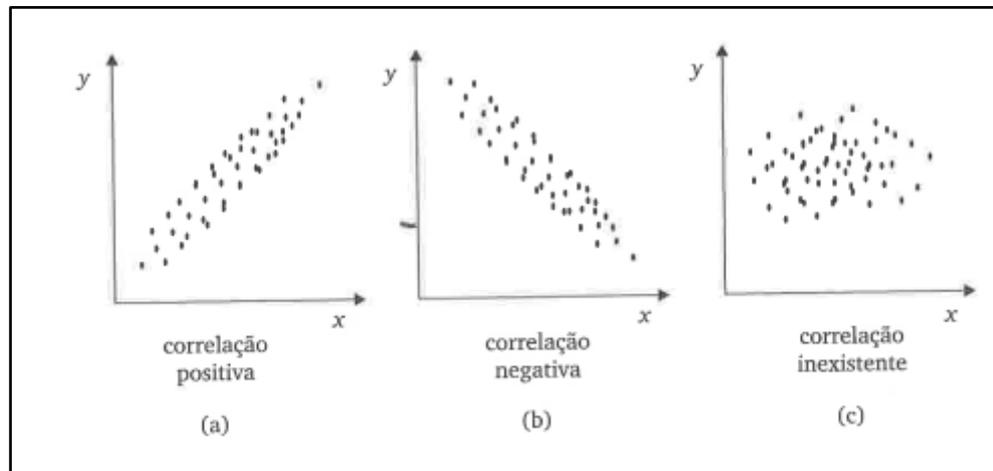


Fonte: Ishikawa (2019).

2.2.7 Gráfico de dispersão

Um gráfico de dispersão é uma ferramenta que permite enxergar o comportamento de duas grandezas. Geralmente, as grandezas apresentam uma relação de causa e efeito, como por exemplo a velocidade de corte e a rugosidade. O gráfico é composto por um eixo horizontal e outro vertical, onde cada ponto representa um par de valores das duas variáveis. Segundo Carpinetti *et al.* (2012), deve-se coletar dados de 30 observações e o eixo x deve apresentar a variável preditora. Isso, porque no início da observação, nem sempre se tem certeza de que os dois elementos de fato demonstram relação. Sendo assim, se houver uma forte correlação positiva, os pontos irão se agrupar em uma linha diagonal crescente. Se houver correlação negativa, os pontos agrupar-se-ão em uma diagonal decrescente. Já não havendo relação, os pontos serão distribuídos aleatoriamente, como é possível ver na Figura 8.

Figura 8: Gráficos de dispersão: correlação positiva (a); correlação negativa (b); correlação inexistente(c)



Fonte: Carpinetti, 2012

2.3 WCM

WCM é uma sigla que no inglês é *World Class Manufacturing* – Manufatura de Classe Mundial, que teve esse significado devido ao grande desenvolvimento das empresas após a implementarem. Essa manufatura foi criada em 1984 por Hayes e Wheelwright, porém só desenvolvida em 2005 pela *Fiat Chrysler Automobiles (FCA)*, por Yamashina em conjunto com a consultoria Mckinsey & Company. A FCA, na época chamada de Fiat, estava buscando um método de produção mais eficiente e enxuto para competir com as montadoras japonesas, que já haviam adotado o sistema Toyota de produção. (GABRIEL, 2014; SOBRAL, 2018).

O WCM é uma filosofia de gestão focada na eliminação de desperdícios, melhoria contínua, envolvimento dos funcionários e aumento de eficiência produtiva; baseada em uma série de princípios e técnicas:

- *Just in time (JIT)* – O Sistema *Just in Time* (bem na hora) é uma abordagem que tem como objetivo produzir apenas o que é necessário, no momento necessário e na quantidade necessária, eliminando estoques desnecessários.
- *Kaizen* – *Kaizen* é um termo japonês que significa ‘melhoria contínua’ e é uma filosofia que incentiva os funcionários a identificar e solucionar problemas em processos, produtos ou serviços continuamente, buscando sempre aperfeiçoamento.

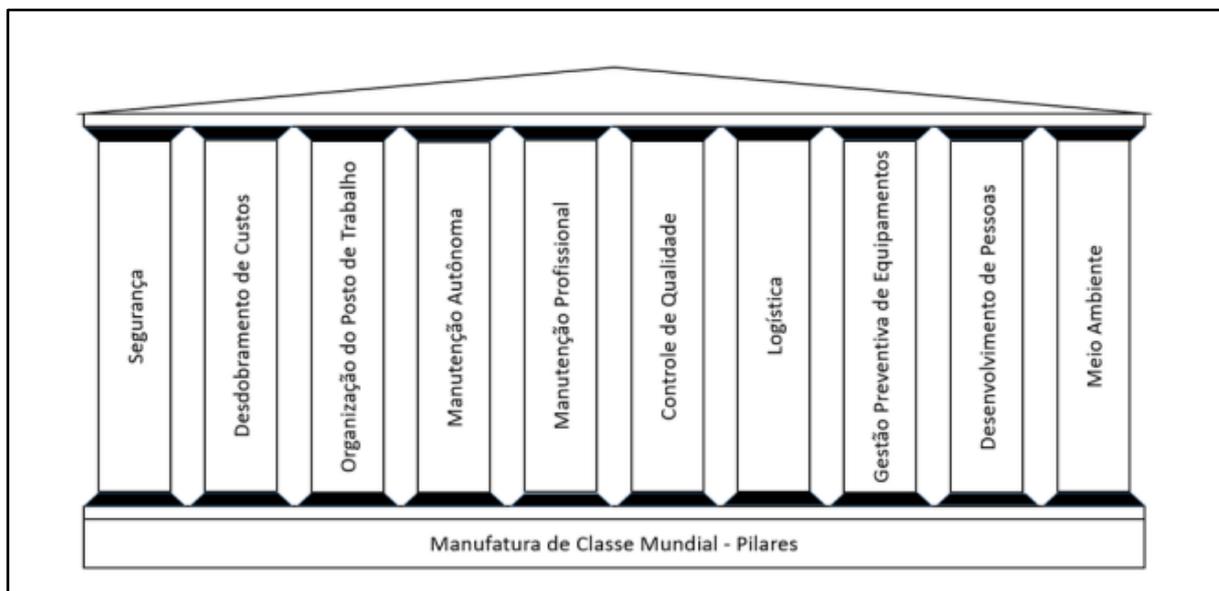
- *Total Productive Maintenance* (TPM) – Manutenção produtiva total é um programa de manutenção que tem como objetivo reduzir paradas não programadas, melhorar a eficiência e prolongar a vida útil dos equipamentos.
- Foco no cliente – O cliente é o centro do processo produtivo, buscando entender suas necessidades e expectativas e entregando produtos e serviços de alta qualidade.
- Envolvimento de funcionários – Valorização da participação e do envolvimento de funcionários em todo o processo produtivo, incentivando a colaboração e o trabalho em equipe.
- Padronização – Técnica que busca estabelecer procedimentos e processos padronizados para garantir a qualidade e a eficiência dos processos produtivos.
- Melhoria Contínua – Incentivo às equipes a buscar constantemente novas formas de reduzir custos, aumentar a eficiência e melhorar a qualidade dos produtos e serviços.
- Eliminação de desperdícios – Eliminar desperdícios em todo o processo produtivo, incluindo estoques, tempo de espera, transporte desnecessário, retrabalho, visando zero acidentes, zero defeitos e zero quebras.

Essa técnica tornou-se um modelo de referência para a indústria automotiva e outras indústrias, sendo amplamente utilizada em todo o mundo. A implementação do WCM em uma organização requer uma mudança cultural com um forte comprometimento da alta direção, envolvimento dos funcionários em programas de treinamento para garantir que todos os colaboradores entendam os pilares e princípios da WCM. Além disso, a implementação deve ser iniciada pelo desdobramento e análise de custos, onde através de ferramentas como KPI (*key performance indicator*), compreende-se de maneira quantitativa as áreas que têm maiores perdas e desperdícios, associando-os de maneira econômica. Com isso, sabe-se em unidade financeira o desperdício, desenvolvendo assim melhorias eliminando-o. (GABRIEL, 2014; MINAS et al., 2015; SOBRAL, 2018).

O WCM envolve uma sistemática extensa, onde há 10 pilares gerenciais e 10 pilares técnicos, além de 7 ferramentas que auxiliam a metodologia dos pilares, onde o foco do trabalho será nessas 7 ferramentas. Os pilares gerenciais são responsáveis por estabelecer a cultura e os princípios do WCM na empresa. Eles são: Compromisso da alta direção, gestão de objetos e indicadores, planejamento de atividades, qualificação de pessoas, compromisso da organização, competência em melhoria contínua, planejamento de orçamentos, nível de expansão, nível de

detalhe e motivação dos colaboradores. Já os pilares técnicos fornecem as ferramentas e os métodos para implementar esses princípios na prática. Os pilares técnicos (Figura 9)

Figura 9: Pilares técnicos do WCM



Fonte: Sobral (2018)

- **Segurança (*Safety*):** Melhoria contínua no ambiente de trabalho, evitando acidentes, condições e atos inseguros. Como KPI desse pilar, é utilizada a pirâmide de Heinrich.
- **Desdobramento de Custos (*Cost deployment*):** Esse pilar tem como objetivo monetarizar os departamentos, ou seja, retrabalhos, refugos, energia, falta de material são todos colocados sob unidade em real (R\$).
- **Organização de Trabalho (*Work Organization*):** Boas condições de limpeza, ordem e organização, definindo locais de trabalho com ergonomia, ciclos de trabalho para evitar mudanças e desperdícios.
- **Manutenção Autônoma (*Autonomous Maintenance*):** Organização, limpeza, autodisciplina realizadas pelos operadores, mantendo suas células de trabalho organizadas e limpas.
- **Manutenção Profissional (*Professional Maintenance*):** Inspeção, limpeza, lubrificação e reaperto são atividades que conservam maquinários e evitam quebras e custos.

- Controle de Qualidade (*Quality Control*): Obtenção de zero defeitos e impedir não conformidades do produto. Para melhor desenvolvimento desse pilar, utiliza-se as 7 ferramentas.
- Logística (*Logistics*): Através do JIT (*Just in Time*), entrega-se o produto ou serviço no tempo combinado com cliente.
- Gestão de Prevenção de Equipamentos (*Early Equipment Management*): Interação entre os departamentos de tecnologia, engenharia de produto e fornecedores de máquinas a serem usadas na produção; criação de lista de verificação com o objetivo de fornecer máquinas que contribuam para a obtenção do defeito zero.
- Desenvolvimento de Pessoas (*People development*): Desenvolvimento dos colaboradores através de treinamentos.
- Meio Ambiente (*Environment*): Visa zero impacto ambiental e cumprimento de leis ambientais.

As 7 ferramentas de melhoria serão utilizadas neste trabalho, sendo a base da metodologia para a melhoria contínua da qualidade. São elas:

1. Priorização: o gráfico de Pareto é utilizado para compreender qual a criticidade da linha, máquina, ou departamento devem ser assistidos.
2. Sistemática e objetivos: metodologia PDCA é utilizada, onde *kaizens* (melhorias) são implementados, podendo ser simples (*Quick kaizen*), ou seja, de fácil resolução; crônicos (*Standard kaizen*), onde se utiliza as ferramentas dos pilares de manutenção, controle de qualidade e organização de trabalho. Caso sejam problemas crônicos e mais complexos (*Major kaizen*), as ferramentas são mais robustas e não mais o time operacional é responsável, nesse momento a responsabilidade sobe de nível. Por fim, podem ser problemas crônicos que afetam o rendimento (*Advanced kaizen*). Nesse caso, a gerência dá suporte aos analistas e engenheiros.
3. Descrição do problema: essa etapa pode ser realizada através de esquemas ou desenhos. É imprescindível entender bem os detalhes do problema.
4. Compreensão da situação atual: ferramentas 5G, 5W1H são utilizadas para compreender o fenômeno.

5. Entendimento do fenômeno com desenhos: fazer esquemas e desenhos para detalhar o fenômeno.
6. Análise de causa raiz: descobrir a causa do problema. Nessa fase é usada a ferramenta 5Porquês para compreender a origem, além do uso do Diagrama de Causa e efeito, onde os 6M são resumidos a 4M devido ao sistema de medição e o meio ambiente não serem variáveis – material, máquina, mão de obra e método. Assim, demonstrar em quais dos 4M o problema é originado.
7. TWTP/HERCA: TWTP é uma sigla em inglês *The Way To Teach People* (A maneira de ensinar as pessoas) e HERCA é *Human Error Root Cause Analysis* (Análise da causa raiz do erro humano). Ambas são ferramentas usadas quando a causa do problema é o fator humano. Com o uso dessas ferramentas é possível compreender o porquê de ter havido falha humana: falta de treinamento, excesso de confiança, negligência, ato inseguro sendo consequência de condição insegura, dentre outros. (ANUNCIACÃO, 2021; MINAS *et al.*, 2015; LAUBE *et al.*, 2018; SOBRAL, 2018; YAMASHIMA, 2000).

2.4 KPI

KPI é uma sigla em inglês que significa *Key Performance Indicator* (Indicador Chave de Desempenho). Esta é uma ferramenta usada para medir o desempenho na organização. Sendo assim, para uma gestão mais eficiente, dados subjetivos tornam-se números, possibilitando por exemplo, identificar qual linha ou produto da empresa tem maior produtividade e qualidade, criar planos de ação para intervenção, melhorando assim o desenvolvimento de linhas de processo que não estão atingindo a meta. Para isso, define-se métricas e são estabelecidos parâmetros de controle, onde os KPIs são o radar desse processo, buscando sempre a maximização de resultados. O objetivo dos KPIs é mensurar o que está sendo executado e a maneira que é executado, traduzindo em dados reais o desempenho de um determinado processo (ANJOS JÚNIOR *et al.*, 2019). Na indústria automotiva, os KPIs são indicadores de 5 setores: segurança e meio ambiente (EHS), qualidade, logística, manutenção e produção. No EHS, por exemplo, é contabilizado a quantidade de dias sem acidentes, além de ser utilizado a pirâmide de Heinrich. Na qualidade, o indicador é a quantidade de peças refugadas ou retrabalhadas. Na logística, dá-se pelo atraso de entrega de peças. Já na manutenção, o tempo de reparação da

máquina e o tempo entre quebras. Na produção, a quantidade de peças produzidas sem retrabalho e a meta de quantidade de peças por dia.

2.4.1 PIRÂMIDE DE HEINRICH

Há uma classificação usada na chamada pirâmide de Heinrich que é ato inseguro e condição insegura. Ato inseguro é ligado ao comportamento do colaborador quando esse faz algo fora do padrão de segurança da empresa (atravessar fora da faixa de pedestre, falar ao telefone enquanto caminha pela fábrica) e condição insegura é um risco de acidente que vem do ambiente no qual o colaborador trabalha (risco de queda de peça, por exemplo, quando o operador tem a atividade de pegar uma peça pesada com suas próprias mãos). Heinrich percebeu que 88% dos acidentes ocorriam devido aos atos inseguros, ou seja, falha humana, 10% por condições inseguras e 2% por causas inesperadas, sendo assim, 98% das causas de acidentes podem ser previstas. Incidentes são ocorrências sem danos graves e acidentes são mais sérios que incidentes, com isso utilizaremos o termo quase acidentes para incidentes sem danos às pessoas. Heinrich fez separação dos acidentes que não causaram danos, acidentes que causaram danos materiais e acidentes que causaram lesões. Através dos dados, ele percebeu que há uma relação de 1:29:300 em termos de acidentes com lesões, acidentes com danos materiais e acidentes sem danos (chamaremos de quase acidentes), respectivamente. A Figura 10 mostra a relação de acidentes descrita por Heinrich. (BENTO, 2014).

Figura 10: Pirâmide de Heinrich



Fonte: Bento (2014).

Houve, então, um aprimoramento desta pirâmide da Figura 10 para a da Figura 11, onde a relação é 1:30:300:3000:30000, em que para cada fatalidade, haveria 30 acidentes com afastamento, 300 acidentes sem afastamento, 3000 incidentes e 30000 desvios de padrões, que são os atos inseguros.

Figura 11: Pirâmide de desvios



Fonte: Bento (2014).

2.5 5G

Segundo De Queiroz *et al.* (2018), a técnica 5G é um complemento das outras ferramentas da qualidade. O objetivo desta ferramenta é ir ao local do problema e observar com os próprios olhos as condições problemáticas.

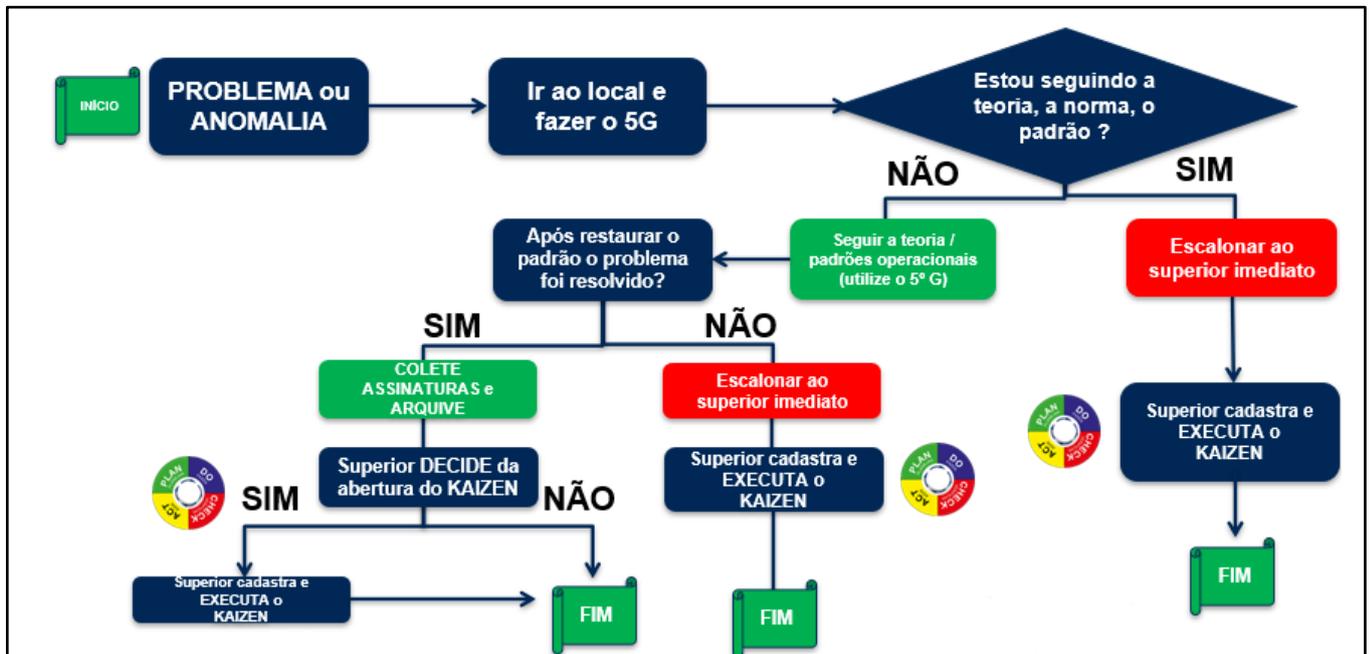
De acordo com Castro (2023), 5G é um método baseado na observação de fatos para restaurar as condições padrão básicas (condições definidas pelo projeto de engenharia do processo). O objetivo dessa técnica é restaurar as condições de base e atuar principalmente nas perdas esporádicas. Deve-se usar essa ferramenta toda vez que ocorrer um problema e todos os envolvidos no processo podem utilizá-la para solucionar anomalias. Além disso, o 5G deve ser utilizado apenas para verificar se o padrão estabelecido está sendo seguido, não avaliando causa raiz ou propondo soluções. A ferramenta apenas faz recomendações.

5G significa:

- *Gemba* - ir ao local onde o problema ocorre;
- *Gembutsu* - examinar os materiais envolvidos no problema;
- *Genjitsu* - descrever precisamente e quantificar o problema (checar fatos e dados);
- *Genri* - princípios mecânicos e físicos que regem a operação (comparar com a teoria);
- *Gensoku* - padronização da operação;

Ou seja, o 5G é um recurso cujo objetivo é descobrir a realidade com a observação pessoal direta. Cada G simboliza uma ação para solucionar o problema. A Figura 12 demonstra um fluxograma exemplificando o uso desta ferramenta. No início, quando acontece um problema, o colaborador o verifica através do uso da ferramenta 5G. Nesse momento ele se pergunta se a teoria ou o padrão está sendo seguido, caso a resposta seja sim, ele deve explicar para o seu superior imediato, pois nessa condição deverá realizar uma melhoria para resolução do problema. Todavia, se a resposta para a pergunta for não, com o uso da ferramenta 5G, deve-se restaurar a condição de base. Sendo ela estabelecida, verifica se o problema foi resolvido, caso sim, coleta-se assinaturas para registro, comunica ao superior. Desta feita, o superior decidirá se aplicará uma melhoria para obtenção de uma condição mais estável (robusta) para que o problema não ocorra novamente. No entanto, se ao restaurar a condição de base o problema não for resolvido, será necessário a execução de uma melhoria. Sendo assim, o fluxograma auxilia na compreensão da necessidade de criação de kaizen. (DE QUEIROZ et al., 2018; CASTRO, 2023).

Figura 12: Fluxograma de 5G + kaizen



Fonte: Castro (2023)

Castro (2023) apresenta um exemplo de análise de 5G fora do ambiente industrial para melhor compreensão da ferramenta. Ele utiliza um exemplo na área de saúde - exame de sangue - onde uma pessoa adulta precisa fazer exame de sangue para saber seus indicadores de glicose,

triglicerídeos e colesterol HDL. Primeiramente, segundo o 5G, deve-se ir ao local, então recomenda-se ir a uma clínica (*Gemba*). Em seguida, examina o objeto, definindo em equipe o que será analisado (*Gembutsu*), ou seja, a glicose, triglicerídeos e colesterol HDL. Posteriormente, checa-se os fatos e dados quantificando o problema (*Genjitsu*), nesse caso a glicose foi 85 mg/dL, os triglicerídeos foram 88 mg/dL e o colesterol HDL foi de 32 mg/dL. Subsequente, compara-se os dados com o padrão (*Genri*), em que o padrão da glicose de uma pessoa adulta está entre 75 e 100 mg/dL, os triglicerídeos estão entre 150 a 200 mg/dL e o colesterol HDL deve estar entre 40 e 60 mg/dL. Por último deve-se seguir o padrão operacional (*Gensoku*), porém há um indicador que teve um resultado abaixo do padrão, o colesterol HDL. Sendo assim é necessário restaurar às condições básicas, nesta situação, o aconselhado pelo médico seria realizar exercícios todos os dias por 30 dias e fazer uma dieta sem frituras, com baixa gordura. Então, deve-se criar um plano de ação (Figura 13) com as atividades necessárias, descrevendo a data limite e o responsável pela atividade.

Figura 13: Criação de plano de ação com o uso da ferramenta 5G

PLANO DE AÇÃO				
	Nº	Ação	Responsável	Prazo
5) GENSOKU (Seguimento de Padrões)	01	EXERCÍCIO FÍSICO	FULANO J.	30/09/2020
		DIETA DE FRITURA, EVITANDO GORDURA		

Fonte: Castro (2023)

2.6 5 Porquês

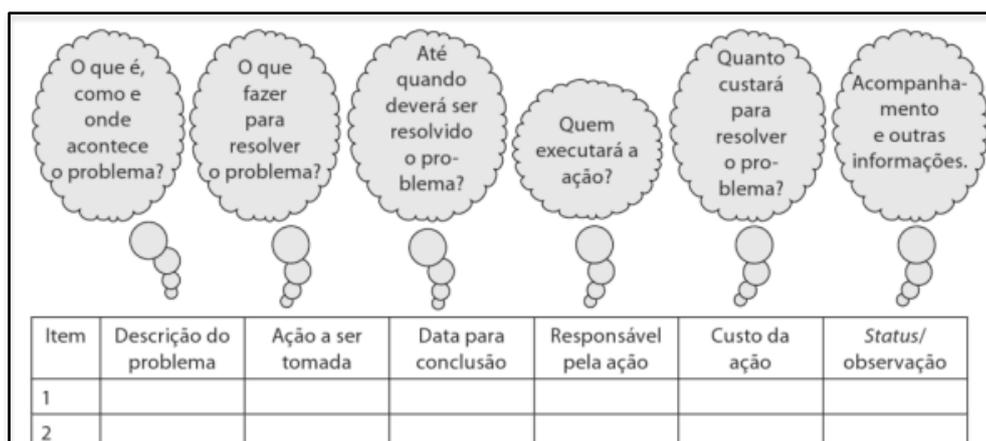
Associado ao Ciclo PDCA, ainda na etapa Plan para identificação da causa raiz, há outras ferramentas a serem utilizadas, bem como os 5 *Why* (5 porquês), 5W1H e o 5G.

Os 5 Why (porquês) é uma ferramenta vinda do Sistema Toyota de Produção. Ela se caracteriza pela formulação da pergunta ‘Por quê?’ 5 vezes, ou até a quantidade de vezes necessária para decifrar a causa raiz de algo, podendo ser menos ou mais vezes. O número 5 foi definido por Sakichi Toyoda por achá-lo suficiente. Com esses porquês determina-se o que aconteceu, por que aconteceu, além de descobrir o que fazer para diminuir a probabilidade de ocorrer novamente. Deve-se, então, iniciar com investigação do problema, confirmar se a etapa anterior é verdadeira, perguntar-se o porquê da sua causa; as perguntas continuam até achar o motivo do problema (WECKENMANN *et al.*, 2015; ISHIKAWA, 2021).

2.7 5W1H

5W1H é uma ferramenta da qualidade que pode ser caracterizada por documento, tabela, fluxograma, formulário, ou como o responsável da qualidade achar adequado. Esta ferramenta é uma técnica para investigar o problema fazendo perguntas como *What* (o quê), *Where* (onde), *When* (quando), *Who* (quem), *Why* (por quê) e *How* (como). Com isso, obtém-se as informações necessárias para se criar um plano de ação e estruturar a solução do problema, além de ser necessário para identificar o fenômeno do problema. A Figura 14 mostra como Fonseca (2019) sugere a formulação de um plano de ação. (FONSECA, 2019; DOS SANTOS *et al.*, 2016)

Figura 14: Plano de ação a ser realizado com informações do 5W1H



Fonte: Fonseca (2019).

2.8 Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA é uma ferramenta que se relaciona à melhoria contínua, para todos os projetos é necessário que se utilize essa ferramenta. Este ciclo é uma sigla que significa P –

Plan (planejar); *D – Do* (fazer/executar); *C – Check* (checar/verificar); *A – Act* (agir - padronizar). Na fase *Plan* define-se os objetivos, o planejamento para identificar a causa raiz de um problema e o desenvolvimento de planos de ação. Essa etapa só termina, quando a causa raiz do problema é identificada e são traçados planos para sua resolução. Na etapa *Do*, há um esclarecimento se os objetivos e o plano de ação envolvidos suportam de fato a proposta previamente definida, com isso é colocado em prática o que foi definido na etapa anterior; caso a prática esteja em desacordo do planejado, deve-se fazer um novo planejamento. A fase *Check* é a de verificação, onde se confere os dados, realizando comparações entre o que foi planejado e o executado, conferindo se de fato o problema está sendo solucionado, caso contrário, voltar a etapa *Plan*. A etapa *Act* é voltada à expansão da solução encontrada. Deve-se atuar em toda a fábrica, observando quais locais ou setores contêm esse mesmo problema e resolvê-los com esse mesmo PDCA. Na fase *Act*, a estratégia de solução de problemas que deu certo deve se tornar o padrão para essa resolução, implementado-o através de documentações (ANJOS JÚNIOR *et al.*, 2019; DOS SANTOS *et al.*, 2016).

2.9 5S

A metodologia 5S foi desenvolvida no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, por um grupo de especialistas em qualidade liderados por Kaoru Ishikawa. O intuito era melhorar a eficiência e a produtividade da indústria japonesa, que sofria com a escassez de recursos e a necessidade de competir com o mercado global cada vez mais acirrado. (DE QUEIROZ *et al.*, 2015; DOS SANTOS *et al.*, 2016; ISHIKAWA, 2021)

A ferramenta 5S é uma metodologia que visa melhorar o ambiente de trabalho, aumentando a eficiência e a segurança. Seu objetivo é mobilizar, motivar, conscientizar todos os colaboradores sobre o padrão de atitudes e comportamentos que se reflitam na manutenção, melhoria contínua de excelentes condições de limpeza, ordem e segurança, eliminando desperdícios, custo extra, cansaço em excesso, problemas de saúde e falta de produtividade. (DE QUEIROZ *et al.*, 2015; DOS SANTOS *et al.*, 2016; ISHIKAWA, 2021).

O 5S é baseado em cinco princípios que começam com a letra S:

- *SEIRI* (Senso de utilização) – Eliminar o que não é necessário e organizar o que é útil, definindo a quantidade de cada objeto no local de trabalho.
- *SEITON* (Senso de ordenação) – Organizar o que foi separado na etapa anterior de forma a tornar mais fácil a busca e a utilização, mantendo tudo limpo e arrumado.

- *SEISO* (Senso de limpeza) – Manter o ambiente de trabalho limpo e higienizado, eliminando fontes de sujeira e de contaminação.
- *SEIKETSU* (Senso de padronização) – Estabelecer padrões e rotinas para manter o ambiente de trabalho organizado e limpo, garantindo a continuidade dos processos.
- *SHITSUKE* (Senso de disciplina) – Adotar as práticas anteriores como hábitos e rotinas, mantendo a disciplina e a constância na aplicação da metodologia.

A ferramenta 5S é uma das principais metodologias de gestão visual e melhoria contínua utilizadas no WCM, sendo uma ferramenta fundamental para a melhoria da eficiência, produtividade, segurança e qualidade no ambiente de trabalho. Para isso requer uma cultura diferenciada vinda da alta direção e treinamentos com os colaboradores.

2.10 Certificação ISO

A ISO 9001 é uma norma internacional que estabelece os requisitos para um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), em empresas de todos os tipos e tamanhos. Ela é baseada em oito princípios de gestão da qualidade e tem como objetivo ajudar as organizações a melhorar seus processos e produtos, aumentar a satisfação do cliente, reduzir custos e erros.

A norma ISO 9001 define um conjunto de requisitos que as empresas devem seguir para implementar um SGQ, que incluem a definição de políticas e objetivos de qualidade, identificação e gerenciamento de processos, controle de documentos e registros, gestão de recursos humanos e materiais, monitoramento e análise de desempenho, implementação de ações corretivas, entre outros. Ao implementar um SQG baseado na norma ISO 9001, a organização pode melhorar sua capacidade de atender às necessidades e expectativas dos clientes, aumentar a confiança dos clientes e fornecedores, aumentar a satisfação dos colaboradores. Além disso, a certificação ISO 9001 é um importante diferencial competitivo, uma vez que muitos clientes exigem que seus fornecedores sejam certificados para garantir a qualidade de seus produtos e serviços. Além disso, a obrigatoriedade da certificação IATF 16949: 2015 é imprescindível para fornecedores de montadoras automotivas, principalmente da atual Fiat. (ISO, 2015).

2.10.1 IATF 16949:2016

IATF 16949:2016 é um padrão internacional para a gestão da qualidade no setor automotivo. Ele foi desenvolvido pela *International Automotive Task Force* (IATF – Força

tarefa automotiva internacional)) em conjunto com a *International Organization for Standardization* (ISO – Organização de padronização internacional) para fornecer um modelo de gestão da qualidade para toda a cadeia de fornecimento automotiva.

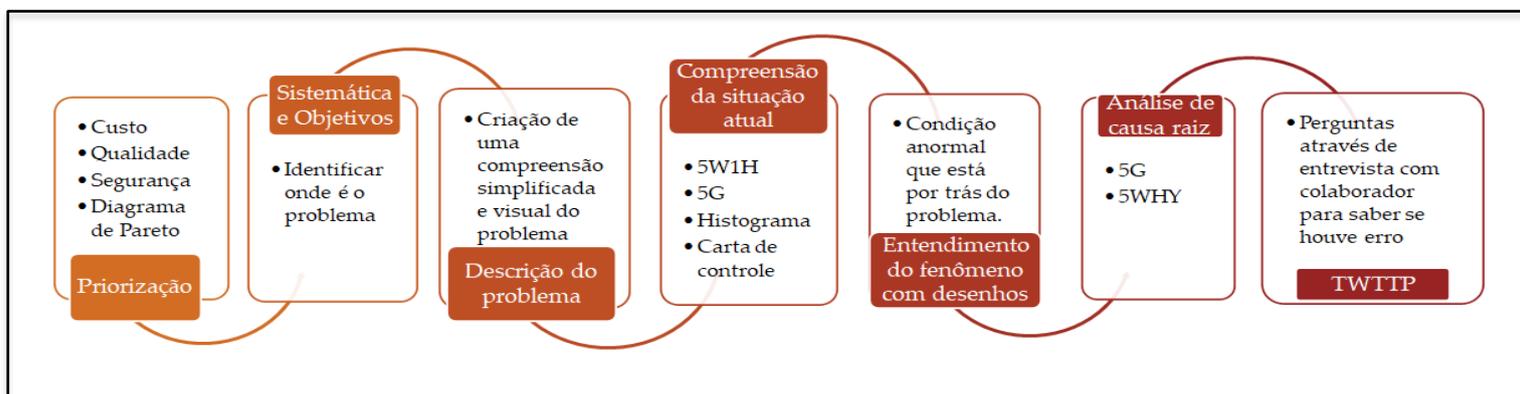
O objetivo do IATF 16949:2016 é garantir a satisfação do cliente por meio da prevenção de defeitos, redução de variações e desperdícios em toda a cadeia de fornecimento. Ele define os requisitos para um sistema de gestão da qualidade, incluindo planejamento, recursos humanos, processos, gestão de fornecedores e monitoramento e medição do desempenho.

Este padrão é aplicável a todas as organizações que projetam, desenvolvem, fabricam, instalam e prestam serviços para o setor automotivo. Para se certificar, as organizações devem passar por auditorias regulares para demonstrar que estão em conformidade com os requisitos do IATF 16949:2016 (IATF, 2016).

3 METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho para resolução de problemas dentro da indústria envolve as 7 ferramentas de melhoria do WCM (Figura 15) associada ao ciclo PDCA, ferramenta 5G, 5W1H, 5Porquês, Diagrama de causa e efeito, podendo utilizar todas ou qualquer uma das ferramentas da qualidade de Ishikawa, a depender da necessidade. As 7 ferramentas do WCM associadas ao PDCA (Figura 16) abrangem priorização, entendimento e compreensão do problema, fenômeno e causa raiz, tudo incorporado à fase *Plan*; desenvolvimento de uma solução, sendo a fase *Do*; verificação se a solução foi eficaz (fase *Check*), e a padronização em termos de documentação (fase *Act*).

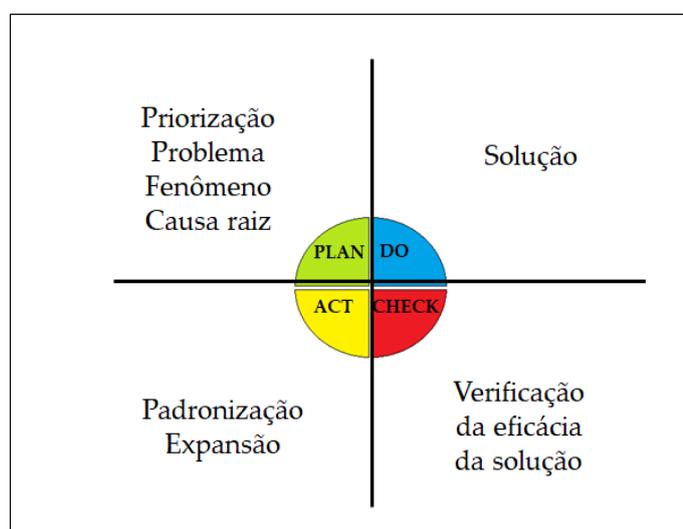
Figura 15: 7 Ferramentas de melhoria do WCM



Fonte: Autora

A figura 15 representa as etapas das 7 ferramentas do WCM para a melhoria contínua. Para priorizar a área a ser abordada, geralmente envolve o custo, pois muitas vezes há necessidade de diminuir gastos; qualidade do produto ou falha no processo que prejudique a entrega pro cliente; e a segurança do time. Nessa etapa é bastante comum o uso da ferramenta da qualidade: Diagrama de Pareto. Quando se sabe em que setor atuar, o próximo passo, então, é identificar onde é o problema; em seguida, descreve-se o problema para compreendê-lo muito bem, podendo utilizar desenhos e esboço, sendo importante também repetir o modo de falha. Nesse passo, as ferramentas usadas podem ser: 5G, 5W1H, Histograma, Carta de controle. O fenômeno é o que acontece por trás do problema, ou seja, é como o problema ocorre. Para repetir o modo de falha, o entendimento do fenômeno é imprescindível. Em seguida, através da ferramenta 5 Porquês, descobre-se a causa raiz, aquilo que causa o problema. Se o problema decorre de um erro humano, logo, se aplica a ferramenta TWTP, que é uma forma de analisar a causa raiz do erro humano. O objetivo é avaliar através de processo de entrevista com o colaborador o nível de conhecimento dele, entendendo se houve falha do processo, de treinamento, ou de execução.

Figura 16: 7 Ferramentas de melhoria do WCM associada ao ciclo PDCA



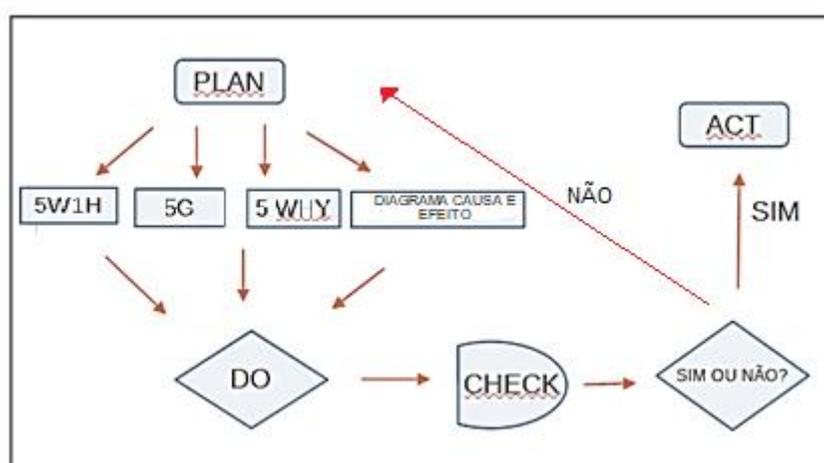
Fonte: Autora

A ferramenta PDCA é a base para análise e compreensão de problemas. Na fase *Plan* (planejar), pode-se utilizar a ferramenta 5W1H para obter o fenômeno ocorrido do problema e

os 5 Porquês para obtenção da causa raiz desse problema. Quando se tem o problema e a causa raiz, desenvolve-se uma solução e passa para a fase *Do* (executar) do PDCA. Em seguida analisa-se a eficácia da solução na fase *Check* (verificar) do PDCA, observando se o problema ocorrerá novamente, geralmente o tempo de observação é cerca de três meses. Caso o problema persista, deve-se voltar à fase de planejamento, pois a solução dada ao problema ou a causa raiz estão incorretos. O problema não ocorrendo mais, segue-se para a fase *Act* (padronizar), onde documentos de padronização são definidos ou atualizados e a solução deve ser expandida para áreas similares (operações, células de trabalho).

Na Figura 17, é possível verificar um fluxograma de solução de problemas através do ciclo PDCA e outras ferramentas da qualidade como 5W1H, 5WHY (5 Porquês) e 5G. As fases *Plan* e *Act* são respectivamente o início e fim; os quadrados representam atividades as quais as ferramentas estão descritas. O losango, que representa uma tomada de decisão está apresentado pela fase *Do*, pois o responsável por esse processo desenvolverá uma solução para o problema. A meia elipse indica uma espera a qual é apresentada como a fase *Check*. Nesse momento, o colaborador deve analisar se o problema ainda persiste ou se ele não ocorre mais: respondendo Sim (problema resolvido) ou Não (problema persiste) representando este impasse. Caso o problema não tenha sido resolvido, o ciclo retornará à fase *Plan*. Caso a resposta seja sim, o problema foi solucionado e poderá prosseguir para a fase *Act*, onde se pode expandir essa solução para linhas de produção semelhantes e padronizar esse novo procedimento.

Figura 17: Fluxograma de resolução de problemas através do ciclo PDCA, 5W1H, 5G e 5WHY



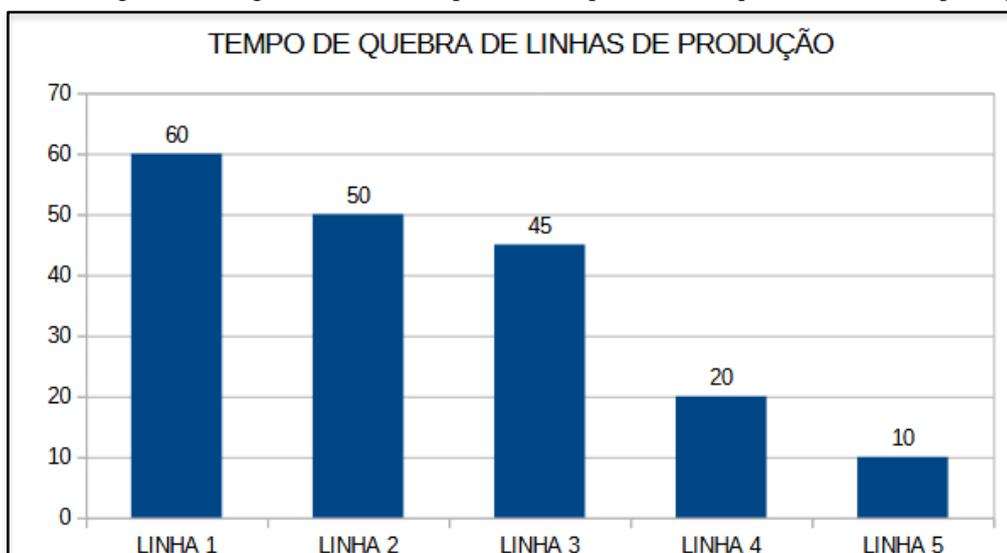
Fonte Autora

Todo problema deve ser bem compreendido e os colaboradores devem descrever com clareza o fenômeno. Sendo assim, o uso das ferramentas 5G e 5W1H são imprescindíveis.

Depois da compreensão do fenômeno é necessário analisar o que causou essa anomalia, portanto usa-se as ferramentas Diagrama de causa e efeito e os 5 Porquês. Com isso, obtém-se a causa raiz do problema e qual(ais) dos 4M é responsável. Caso tenha sido apenas a alteração de uma condição de base, os colaboradores responsáveis farão um plano de ação e restaurarão a condição para o padrão pré-definido. Caso a raiz do problema necessite de uma melhoria – *kaizen* – para ser solucionado, então os colaboradores devem elaborar um plano de ação com as atividades propostas, seus responsáveis e a data de entrega da atividade.

O Diagrama de Pareto é muito utilizado para identificar o que é prioridade. Por exemplo, há problemas de quebra de máquina em diversas linhas de produção. Sendo assim, descreve-se o tempo de parada de máquina de cada linha de produção em uma planilha, gerando um gráfico de barras começando do maior para o menor (Figura 18). Esse gráfico é o próprio Diagrama de Pareto e a maior barra é a prioridade no momento, ou seja, a manutenção deve começar seu trabalho por essa linha.

Figura 18: Diagrama de Pareto representando parada de máquina em linhas de produção



Fonte: Autora

Quatro situações foram estudadas para desenvolvimento desse trabalho, foram problemas que ocorreram nos setores de manutenção, engenharia, produção e qualidade.

Para o estudo de caso da manutenção, as ferramentas descritas pelo trabalho foram ciclo PDCA, 5W1H, 5Porquês. Entendendo bem o fenômeno, descobrindo a causa raiz e desenvolvendo uma solução para não haver reincidência na anomalia. No estudo de caso da engenharia, utilizou-se o 5W1H, TWTP, 5Porquês e o diagrama de Pareto. Já na solução do

setor da produção, foi utilizado diagrama de causa e efeito e TWTTP. Por último, no estudo de caso da qualidade, o ciclo PDCA utilizado precisou voltar ao início após o *check* e as ferramentas utilizadas foram carta de controle, 5W1H, diagrama de causa e efeito e 5Porquês.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho em questão descreverá nos tópicos seguintes estudos de caso de como setores como manutenção, produção e engenharia utilizaram as ferramentas da qualidade e solucionaram problemas dentro da indústria de soldagem e montagem de peças automotivas.

4.1 Estudo de caso da manutenção

Ocorreu a quebra de uma máquina em uma linha de soldagem de uma indústria automotiva no estado de Pernambuco. O problema era um erro na grade da marcadora, que é um equipamento que faz uma marcação de *QR code* nas peças, em que, a partir disto, pode-se rastrear as peças. O rastreamento está ligado ao momento da fabricação das peças, identificando qual linha de trabalho, operação, máquina, robô, operadores fabricaram-nas; garantindo, assim, a integridade do produto, controlando-o em cada etapa do processo. Essa atividade é muito importante caso uma peça apresente um problema ou anomalia percebido tardiamente; desta maneira é identificado aonde de fato o problema aconteceu, a hora exata, encontrando também responsáveis.

Toda a análise metodológica para resolver uma quebra é realizada através do uso das 7 ferramentas do WCM já descritas. Primeiramente, utilizando o Diagrama de Pareto, em seguida a ferramenta 5G (indo ao local, examinando o objeto, checando fatos e dados, comparando com a teoria, seguindo os padrões). O ciclo PDCA está em uso desde o início, guiando os passos das ferramentas; depois as ferramentas 5W1H (Figura 19) e 5 Porquês (Figura 20). Todavia, se a quebra sucedeu devido à falta de condições pré-definidas por projeto de engenharia (falta de condição de base), a ferramenta 5G será suficiente, pois não será necessário um *kaizen*. Contudo, as outras ferramentas devem ser realizadas para que a causa seja inserida em uma planilha, juntamente com o problema e a atividade realizada para restauração da condição de base.

A Figura 19 descreve como se usa a ferramenta 5W1H, entendendo ‘O Que aconteceu?’ (problema), que no caso foi o erro no código; ‘Quando ocorreu?’, que nesse caso não havia uma data em específico, mas todas as vezes que o modelo X estava em fabricação; ‘Onde?’,

indicando a célula de trabalho, que foi a operação 20; ‘Quem operava a máquina no momento?’, porém o problema não ocorria com um colaborador em específico, persistia ao longo do dia; ‘Qual característica estava relacionada ao problema?’, que era parada intermitente na marcadora; ‘Como o problema é detectado?’, ao chegar peça na operação, porém a leitura não era realizada. Com todos esses passos bem descritos, compreende-se o fenômeno ao juntar todas as informações em uma ordem específica: Como, O Que, Onde, Quando, Quem e Qual. Sendo assim, o fenômeno é: ‘Ao chegar peça na marcadora, a leitura não ocorre e há paradas intermitentes na marcadora na operação 20, ocorrendo em qualquer turno quando se produz o modelo X, independente do colaborador, apresentando falha de processamento do código’.

Figura 19: Ferramenta 5W1H

5W1H KAIZEN		DATA
		SETOR MANUTENÇÃO
1	O QUE? Em que objeto / produto foi identificado o problema? O que foi identificado no problema (variáveis: material utilizado, dimensões, coloração, dano causado, etc.)	ERRO NO CÓDIGO DATAMATRIX
2	QUANDO? Quando se manifesta o problema? (horário) Em que fase da operação? (início de produção, set-up, funcionamento normal, parada de produção, após troca de ferramenta, após troca de tipo de produto, etc.)	EM QUALQUER TURNO QUANDO ESTÁ PRODUZINDO O MODELO X
3	ONDE? Onde é verificado o problema (linha, operação, estação). Em qual parte específica é verificado o problema? Onde no produto é verificado o problema?	OPERAÇÃO 20
4	QUEM? O problema é ligado a uma capacidade específica? Qual comportamento específico pode causar o problema? - apenas alguns colaboradores apresentam esse problema? - apenas em um turno é verificado o problema? - está ligado ao nível de experiência/ treinamento	INDEPENDENTE DO CONDUTOR OU OPERADOR
5	QUAL? Quais características são ligadas ao problema? O problema apresenta uma tendência ou correlação com algo? O problema é casual? (poucos fenômenos são realmente casuais)	PARADA INTERMITENTE NA MARCADORA
6	COMO? Como se apresenta o equipamento/ máquina em relação as condições de funcionamento ideais? Como o problema é detectado? Qual a frequência de ocorrência do problema?	PEÇA CHEGA NA OPERAÇÃO E NÃO REALIZA LEITURA
FENOMENO FINAL (6 - 1 - 3 - 2 - 4 - 5)		
A peça chega na operação e não realiza a leitura e apresenta parada intermitente na marcadora. Na operação 20, ocorre em qualquer turno quando está produzindo o modelo X, independente do condutor e operador, apresenta falha de processamento do código datamatrix.		

Fonte: Autora

Após a concepção do problema e do fenômeno, a próxima etapa é compreender a causa raiz. A Figura 20 demonstra a ferramenta dos 5Porquês, iniciando-se com a causa potencial que foi que a câmera não lia o código de marcação. Sendo assim, pergunta-se o porquê da causa potencial e a resposta foi que o código não foi marcado corretamente na peça. Continuando a

perguntar-se ‘por quê?’ geralmente por 5 vezes, no entanto pode ser mais ou menos, assimila-se a causa raiz, que foi o fim de vida útil do cabo elétrico.

Figura 20: Análise dos 5 Porquês

Análise 5 Porquês para a individualização da causa raiz							
Causa potencial	1° Porquê	2° Porquê	3° Porquê	4° Porquê	5° Porquê	6° Porquê	7° Porquê
Câmera não lê Código de marcação	Código não foi marcado corretamente na peça	Marcador a fora da posição adequada	A peça colidiu no conjunto marcadora	Peça fora da posição correta devido a pino guia danificado	Devido a colisão do robô manipulador	Ruptura no cabo elétrico	Fim de vida útil

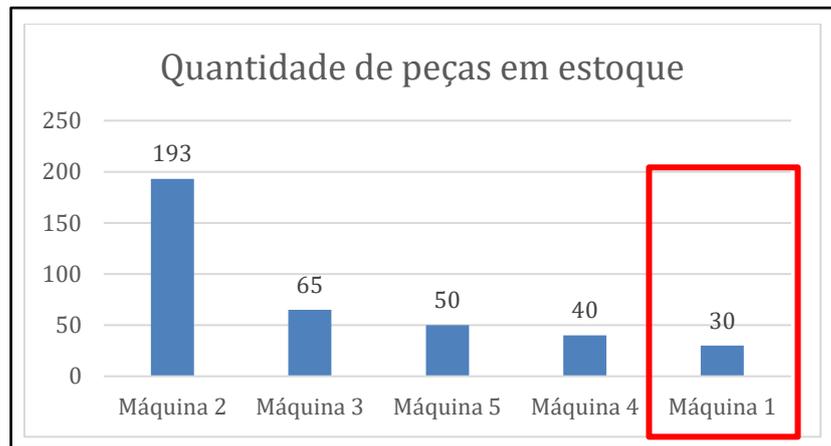
Fonte: Autora

A marcadora apresentou paradas intermitentes durante o ciclo automático observadas inicialmente pelos operadores de linha, que chamaram a manutenção para atuar e resolver o problema. A manutenção primeiro utiliza a ferramenta 5G, indo ao local e examinando o objeto. Deste modo, examinaram se a marcadora estava travada por meio de teste de movimentação manual e perceberam que não estava. Em seguida, checaram os fatos e dados analisando outros componentes da máquina, comparando com a teoria e verificando se estavam trabalhando de acordo com as condições básicas. Sendo assim, foi realizada uma inspeção e limpeza na caneta da marcadora e perceberam que havia um pino quebrado. Depois realizaram teste de funcionamento em válvula solenoide e esta não estava danificada. Mais tarde, verificou-se que a leitura da marcação não estava acontecendo, constatando que a câmera não conseguia ler o código, porque estava com gravação ruim devido à quebra do pino. Posteriormente compreenderam que houve uma colisão do robô manipulador na marcadora devido à ruptura de um cabo de comunicação, que por sua vez, ao ser analisado foi constatado desgastes. Concluindo-se que o cabo chegou ao fim de sua vida útil. Dessa forma, o tempo de uso desse cabo foi registrado para ser trocado antes do rompimento.

Se mais de uma máquina quebra ao mesmo momento, o tempo de espera não pode ser o indicador (KPI) para saber a prioridade. Neste caso, o KPI é a quantidade de peças que têm em estoque para que o cliente não seja penalizado. A Figura 21 apresenta a quantidade de peças em estoque que guiará o encarregado da manutenção para gerir seus colaboradores nas

atividades. Nesse caso, a prioridade da manutenção é a máquina 1, pois apresenta maior possibilidade de o cliente ficar sem peças, visto que não está funcionando e tem apenas 30 peças produzidas por ela em estoque.

Figura 21: Quantidade de peças em estoque

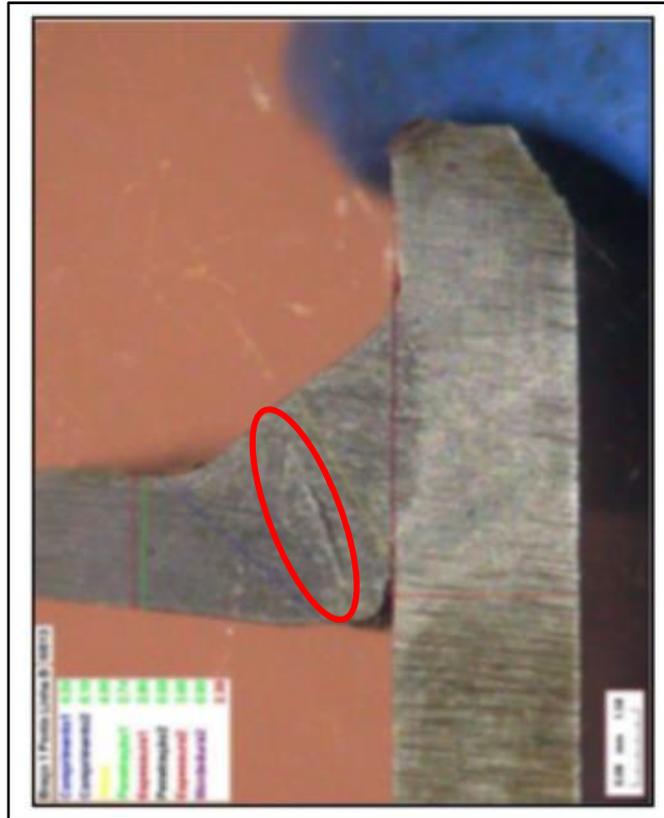


Fonte: Autora

4.2 Estudo de caso da engenharia

O departamento de engenharia lidou com um problema de trinca de solda. Os operadores de produção identificaram e chamaram os auditores de qualidade para analisarem a peça e detalharem a falha. Nesse caso, o auditor faz inspeção visual e separa uma peça para fazer ensaio de macrografia, analisando a penetração da solda. A Figura 22 mostra a macrografia realizada na peça.

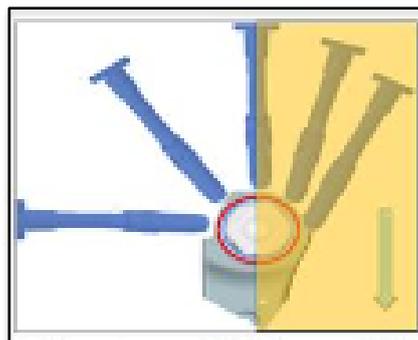
Figura 22: Macrografia apresentando trinca na solda da peça



Fonte: Autora

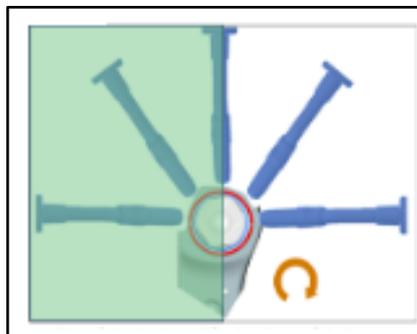
Utilizando as ferramentas 5G, indo ao local, examinando o objeto, checando fatos e dados, comparando com a teoria e seguindo os padrões, evidenciou-se que o colaborador da linha de produção realizou ajustes no robô que solda e houve uma variação no ângulo da tocha (Figura 23). Em seguida, as ações foram descritas em um plano de ação e restaurou-se a condição de base padrão (Figura 24). Para determinação do fenômeno foi utilizada a ferramenta 5W1H representada pela Figura 25.

Figura 23: Esboço do ajuste equivocado do ângulo da tocha



Fonte: Autora

Figura 24: Restauração de condição de base da tocha



Fonte: Autora

Figura 25: Análise do fenômeno – ferramenta 5W1H

Data: +E21:R 29	Descrição Inicial do Problema: TRINCA NA SOLDA DA PEÇA X	
Realizado por:		
O que	<ul style="list-style-type: none"> - Qual é o produto impactado? Qual é a situação? Descreva o problema. - O que você observa? O que você deveria observar? - Que material foi usado? Quais características, quantidade? - Onde na parte estava localizado o problema? Em um componente específico? Onde no componente? - Este é um problema novo? Um problema conhecido? 	PEÇA X
Quando	<ul style="list-style-type: none"> - Descreva o momento em que o problema ocorre: em um horário específico? Um dia específico? Uma estação específica (inverno, verão)? - Quanto tempo durou o problema? - Aconteceu durante uma mudança ou durante a produção? - Aconteceu no início ou no final do turno? - Quando exatamente durante o ciclo de produção? 	DURANTE O TURNO
Onde	<ul style="list-style-type: none"> - Onde o problema se originou? Qual área / linha / estação de trabalho? - Este é o local de trabalho normal ou casual? - Onde o problema foi detectado? Qual área / linha / estação de trabalho? Onde deve ser detectado? - Há algo a relatar sobre o ambiente de trabalho? 	NA LINHA DE PRODUÇÃO X - ROBÔ
Quem	<ul style="list-style-type: none"> - O problema está relacionado à habilidade? Em outras palavras, algum indivíduo afeta o problema? O problema está ocorrendo apenas com um a pessoa específica? O problema está ocorrendo durante um turno específico? Todos os turnos? Os engenheiros encontram o mesmo problema? - Quem deve fazer isso? Quem está fazendo isso? Quem sabe fazer isso? - Quem pode detectá-lo? Quem realmente o detectou? 	INDEPENDENTE DO OPERADOS
Qual	<ul style="list-style-type: none"> - Qual padrão? Você consegue caracterizar o problema? É um desvio mensurável? Sempre ultrapassando o limite superior ou sempre o limite inferior? Existe uma tendência / padrão específico? Como estão os Cp, Cpk? - Qual é a criticidade do problema? Ligeira ou completamente fora das especificações? - Este é um problema isolado ou recorrente? Você pode quantificar isso? Com que frequência isso ocorre?" 	TRINCA NA PEÇA
Como	<ul style="list-style-type: none"> - Como um bom produto é produzido? Você pode descrever a sucessão de ações? - Quão rápido? A produção estava funcionando em plena / baixa capacidade? - Como o problema foi detectado? - Há alguma circunstância particular a relatar? A máquina está em condições ideais? Aconteceu algo específico durante a ocorrência do problema (queda de energia...)? 	VERIFICADO NA INSPEÇÃO VISUAL
Descrição do fenômeno	VERIFICADO NA INSPEÇÃO VISUAL A PEÇA X, DA LINHA DE PRODUÇÃO X DO ROBÔ, DURANTE O TURNO QUE APRESENTAVA TRINCA NA SOLDA	

Fonte: Autora

Figura 26: Causa raiz da trinca na solda

Causa potencial	1. Por quê?	2. Por quê?	3. Por quê?	4. Por quê?	CAUSA RAIZ
<ul style="list-style-type: none"> • Trinca na solda 	<ul style="list-style-type: none"> • Porque parâmetros estavam fora do especificado 	<ul style="list-style-type: none"> • Porque o ajuste realizado foi incorreto 	<ul style="list-style-type: none"> • Porque o preparador de máquina não tinha o conhecimento necessário 	<ul style="list-style-type: none"> • Porque não havia procedimento para esse ajuste (ângulo da tocha) 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de procedimento

Fonte: Autora

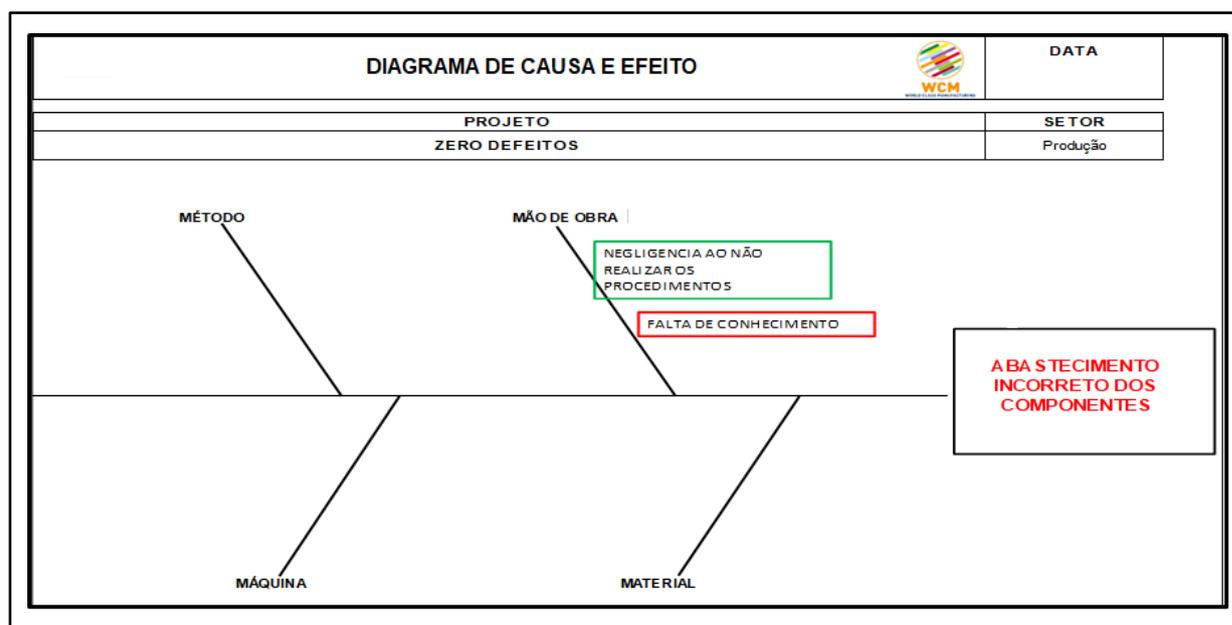
A Figura 26 demonstra os 5Porquês, onde foi identificado a causa raiz que foi a falta de procedimento, pois o colaborador não sabia realizar o ajuste de ângulo da tocha devido à falta de procedimento dessa atividade. Só foi possível entender essa causa através da ferramenta TWTP, que mostrou que o operador não tinha treinamento suficiente para realizar a atividade do ajuste da tocha, por isso é planejado um treinamento com todos os preparadores de máquina para sanar esse problema. Por isso, o engenheiro especialista em soldagem realizou estudos e criou uma sistemática para o ajuste de ângulo da tocha. Com o intuito de o problema não acontecer, ajustou-se a tocha da solda, restaurando a condição de base.

4.3 Estudo de caso da produção

Os operadores identificaram que 29 peças foram soldadas com componentes incorretos. Para identificação do problema, utilizaram a ferramenta 5G. Indo ao local, identificaram a linha cujo problema ocorreu; ao examinar o objeto foi identificado que havia dois modelos de componentes diferentes no mesmo recipiente; checando os fatos, o relato do colaborador foi que não houve intervenção na máquina. Ao comparar com a teoria, verificou-se que a caixa dos componentes fora abastecida de maneira incorreta, com mais de um tipo na mesma caixa.

Para entender o que causou o problema, a ferramenta Diagrama de causa e efeito foi utilizada (Figura 27). Nela, evidenciou-se que a falha foi de mão de obra. Em seguida, usou-se a ferramenta de TWTP e verificou-se que não existia um método de abastecimento, por isso o operador logístico não tinha conhecimento sobre como realizar a atividade.

Figura 27: Diagrama de causa e efeito



Fonte: Autora

Foi elaborado, então, um plano de ação com as atividades (Figura 28) para eliminar o problema. Como não foi caso de restaurar condição de base, foi realizado um *kaizen*, sendo ele *Quick kaizen*, devido à sua simplicidade. Sendo assim, criou-se o método de abastecimento e houve treinamento dos colaboradores. Além disso, foram implementados sensores para verificação dos componentes corretos e não mais haver condições de soldar componentes incorretos.

Figura 28: Plano de ação

PLANO DE AÇÃO									WCM	SETOR
										PRODUÇÃO
REF.	LINHA	DATA ABERTURA	PROBLEMA	AÇÃO	PRAZO	DATA FECHAMENTO	RESPONSÁVEL	STATUS	NOTA	
1	TPD	14/04/2022	SOLDAGEM DE PORCA INCORRETA	criação da OPL e treinamento dos colaboradores	14/04/2022	14/04/2022	LARISSA	●		
3	TPD	14/04/2022	SOLDAGEM DE PORCA INCORRETA	BLOQUEIO DO LOTE E CONTENÇÃO NO ESTOQUE	14/04/2022	14/04/2022	LARISSA/REGINALDO	●		
4	TPD	14/04/2022	SOLDAGEM DE PORCA INCORRETA	RETRABALHO DAS PORCAS COM PONTOS DE SOLDA	14/04/2022	14/04/2022	LARISSA/REGINALDO	●		
5	TPD	14/04/2022	SOLDAGEM DE PORCA INCORRETA	criação do método de abastecimento das porcas e treinamento dos colaboradores	18/04/2022	18/04/2022	ANDRÉ/REGINALDO	●		
8	TPD	14/04/2022	SOLDAGEM DE PORCA INCORRETA	MUDANÇA NA ESPESURA DOS ATUADORES DOS SENSORES	15/04/2022	15/04/2022	REGINALDO	●		

Fonte: Autora

4.4 Estudo de caso da qualidade

Os colaboradores da qualidade depararam-se com um problema que chegou ao cliente. O problema só foi identificado, porque o cliente não conseguiu montar a peça. Logo, o 5G foi utilizado e foi visto que o problema ocorreu na operação 10 da soldagem, examinando o objeto percebeu-se que ele estava fora de especificação. Analisando os fatos e dados, verificou-se que o componente se expande em cerca de 1,2 mm no processo. Ao comparar com a teoria, identificou-se que o dispositivo de referência do componente apresentava folga. Foi utilizada a ferramenta 5W1H para determinação do fenômeno e é apresentado na Figura 29.

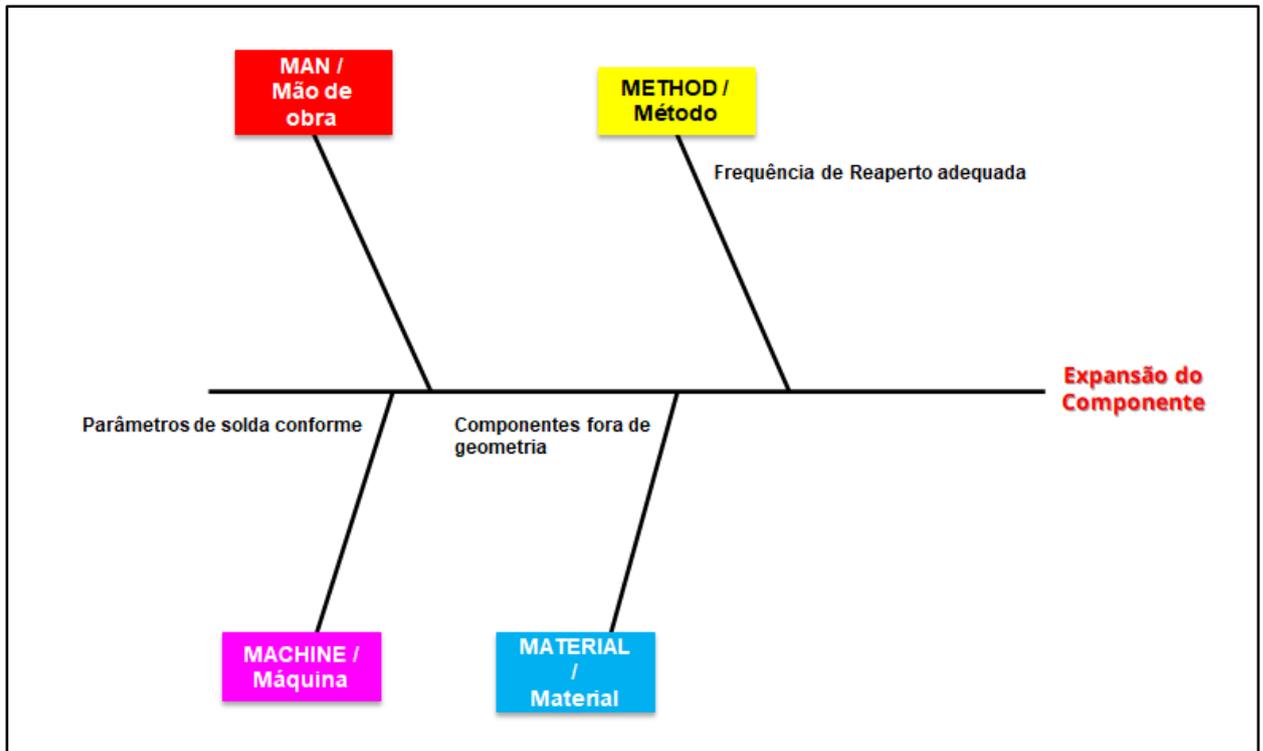
Figura 29: Ferramenta 5W1H

5W1H KAIZEN		DATA
PROJETO		SETOR
Problema de fixação devido a obstrução da porca de fixação		QUALIDADE
1	QUE? Em que objeto / produto foi identificado o problema? O que foi identificado no problema (variáveis: material utilizado, dimensões, coloração, dano causado, etc.)	porca de fixação obstruída
2	QUANDO? Quando se manifesta o problema? (horário) Em que fase da operação? (início de produção, set-up, funcionamento normal, parada de produção, após troca de ferramenta, após troca de tipo de produto, etc.)	Acontece de forma intermitente e independente do turno de produção
3	ONDE? Onde é verificado o problema (linha, operação, estação). Em qual parte específica é verificado o problema? Onde no produto é verificado o problema?	OP10 durante a soldagem dos componentes
4	QUEM? O problema é ligado a uma capacidade específica? Qual comportamento específico pode causar o problema? - apenas alguns colaboradores apresentam esse problema? - apenas em um turno é verificado o problema? - está ligado ao nível de experiência/treinamento	Não sofre influencia do operador
5	QUAL? Quais características são ligadas ao problema? O problema apresenta uma tendência ou correlação com algo? O problema é casual? (poucos fenômenos são realmente casuais)	Foi observado que o componente se expande após a solda gerando dificuldade de retirada da peça do dispositivo
6	COMO? Como se apresenta o equipamento/ máquina em relação as condições de funcionamento ideais? Como o problema é detectado? Qual a frequência de ocorrência do problema?	No carregamento do componente, quando o dispositivo de referência está com folga permite que o mesmo seja soldado fora de posição
FENOMENO FINAL (6 - 1 - 3 - 2 - 4 - 5)		
No carregamento do componente, quando o dispositivo de referência está com folga, permite que o mesmo seja soldado fora de posição, gerando o problema de qualidade - porca de fixação obstruída. Acontece na op 10. Foi observado que o componente se expande após a solda. Não está relacionado com operador e independe do turno.		

Fonte: Autora

Para determinação da causa do problema foi realizado o Diagrama de causa e efeito e foi visto que era o item material da ferramenta 4M, pois a geometria do material estava fora do especificado. A Figura 30 apresenta o Diagrama.

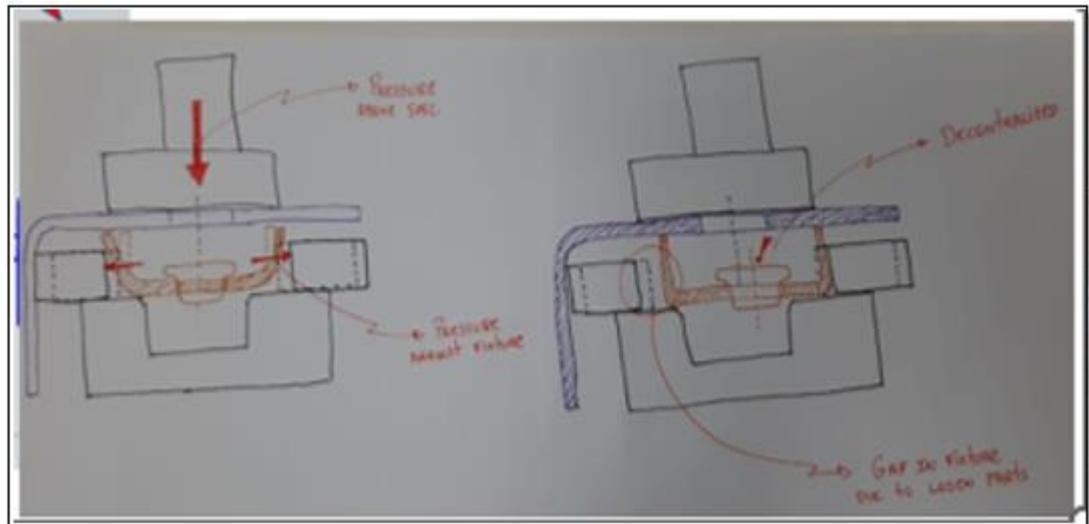
Figura 30: Diagrama de Causa e efeito



Fonte: Autora

A Figura 31 abaixo é um rascunho do problema. O manômetro permite passagem de ar maior do que o especificado, deformando o componente. O desenho, mesmo à mão é bastante importante para compreensão de como o problema ocorre (Fenômeno).

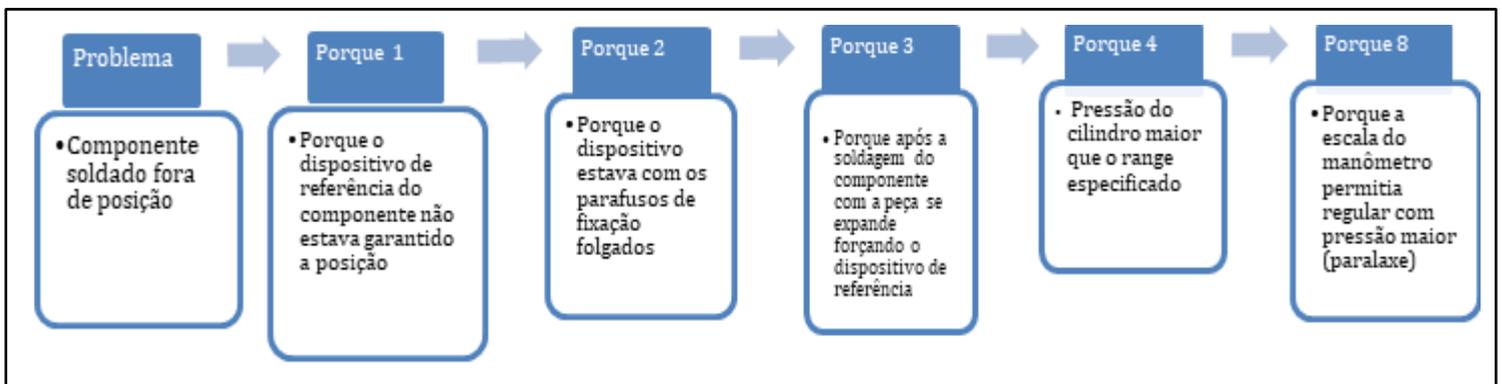
Figura 31: Rascunho do componente – compreensão do fenômeno



Fonte: Autora

Com o intuito de averiguar a causa raiz do problema, os 5 Porquês foram elaborados e descobriu-se o motivo de a geometria do componente estar fora do especificado. A Figura 32 apresenta a explicação do problema.

Figura 32: 5Porquês



Fonte: Autora

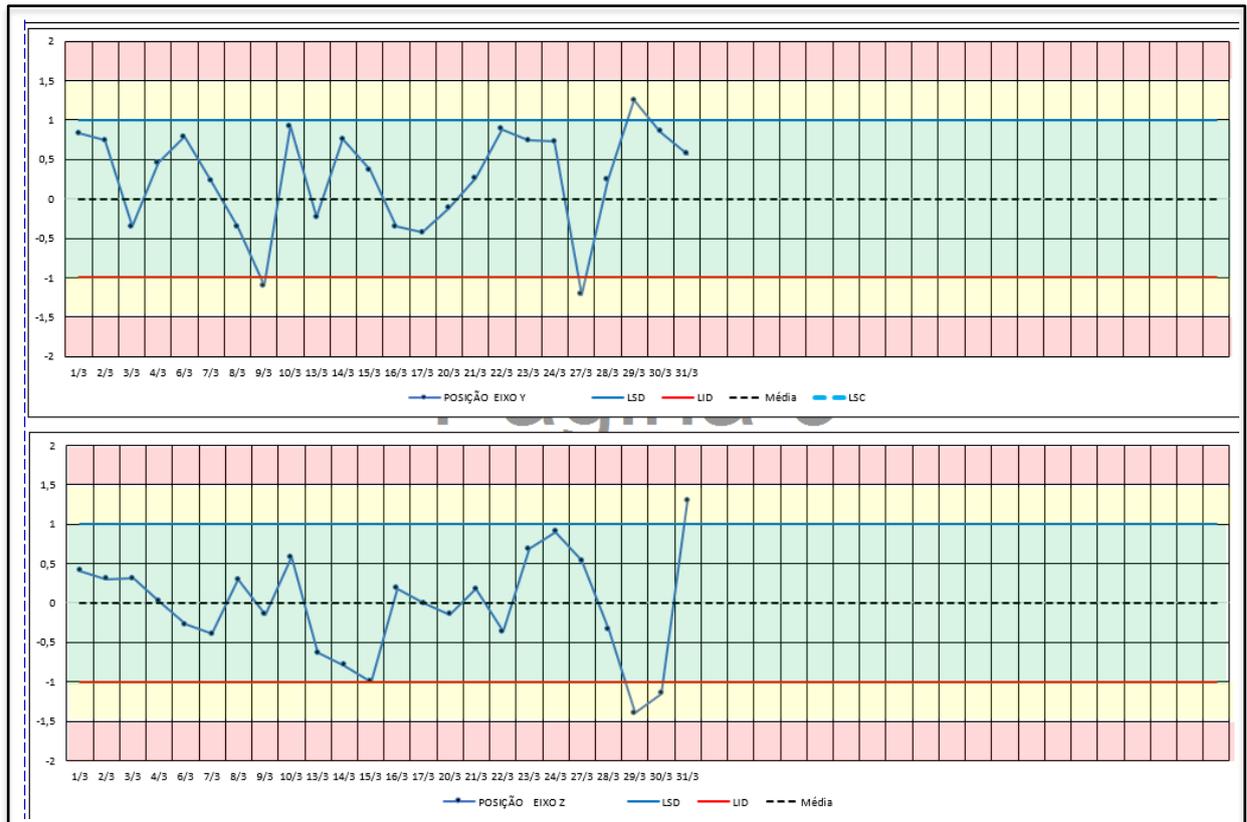
Após identificação da causa raiz que foi o manômetro permitir maior pressão do que o especificado, viu-se que ele era analógico. Então foi desenvolvido um *kaizen* para dificultar ao máximo uma nova ocorrência desse modo de falha. Primeiramente, substituiu-se o manômetro analógico por um digital (Figura 33), esperando que, dessa forma, não houvesse grandes variações no componente. Em seguida, começou-se a controlar o componente que se expandiu através de uma carta de controle.

Figura 33: Substituição de monômetro analógico por digital



Fonte: Autora

Figura 34: Carta de Controle



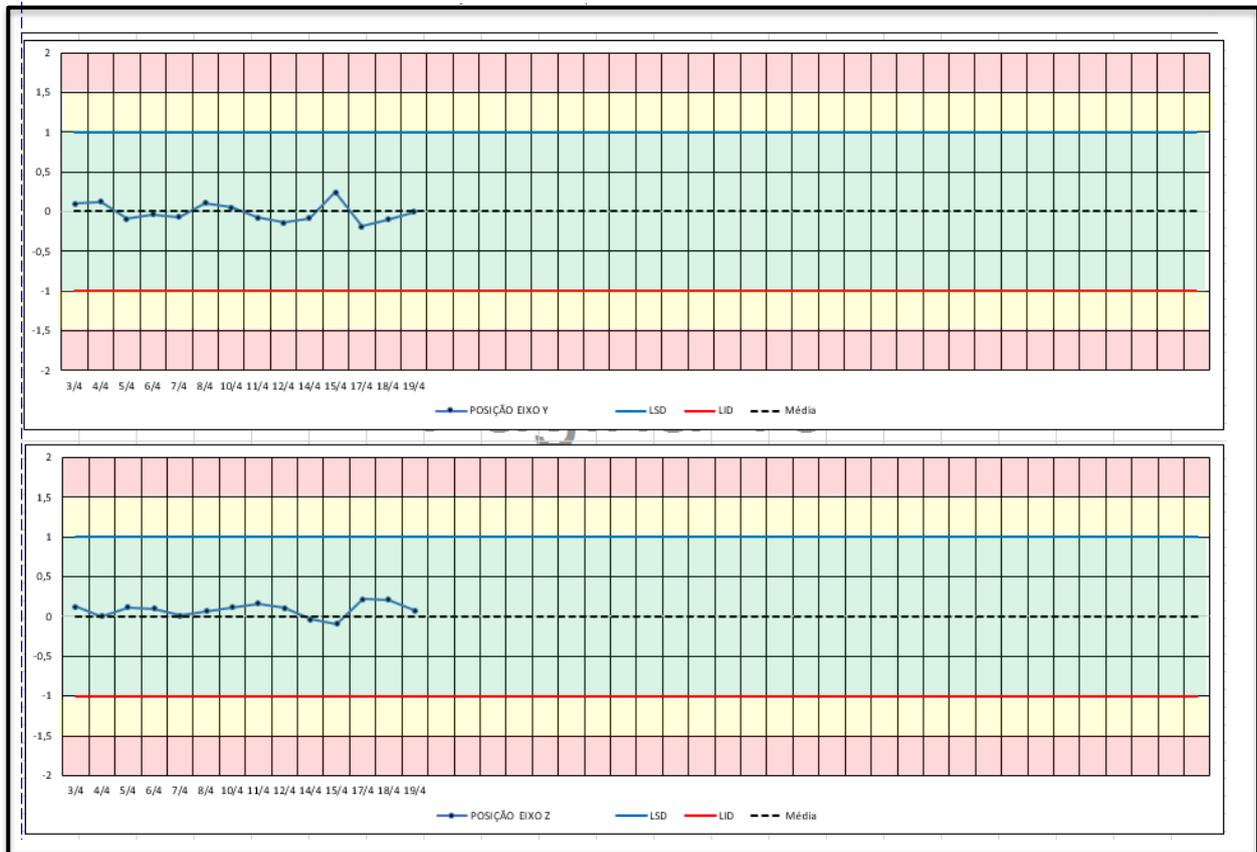
Fonte: Autora

A Figura 34 apresenta uma carta de controle produzida para identificar a variação do componente. Os limites inferior e superior foram designados em 1 mm, ou seja, o componente poderia variar até 1 mm no eixo y ou no eixo z. Ao observar a carta de controle nota-se que mesmo após modificar o manômetro para um digital, o componente continuou a variar em mais de 1 mm para os dois eixos. Portanto, essa ferramenta corroborou para compreender que a solução não foi eficaz e reprovada na fase *Check*, sendo assim, é necessário voltar à fase *Plan*.

Ao reiniciar o ciclo PDCA e novamente usar as ferramentas 5G e diagrama de causa e efeito, notou-se que havia um problema na máquina, pois um dispositivo que prendia um cilindro tinha uma folga que permitia variação no componente. Sendo assim, restaurou-se a condição de base desse dispositivo diminuindo a folga, que causava variação no componente e uma nova carta de controle foi implementada.

Como o processo apresentou-se robusto, os limites inferior e superior da nova carta de controle foram diminuídos a 0,5 mm. Adicionalmente, podemos classificar esse *kaizen* implementado como *standard kaizen*, pois foi necessário um time técnico mais experiente com analistas e análises mais complexas. A Figura 35 demonstra a nova carta de controle.

Figura 35: Nova carta de controle – limites inferior e superior de 0,5 mm



Fonte: Autora

Através das ferramentas utilizadas foi possível descrever o problema, entender o fenômeno e encontrar as causas raiz para que a solução proposta fosse eficaz e os problemas não voltassem a ocorrer. Associado a isso, com a padronização as informações coletadas não serão perdidas e poderão ser utilizadas no dia a dia, pois caso algum problema parecido ocorra, já é compreendido como este foi resolvido anteriormente.

Colaboradores devem compreender a cultura da empresa e as ferramentas que são usadas através de treinamentos e reciclagens. Além disso, com a Qualidade Total, todos são responsáveis pela qualidade na empresa, sendo condição essencial o envolvimento e incentivo da alta direção.

5 CONCLUSÕES

Os problemas acontecem em diversos setores da indústria. Eles nem sempre são no setor de qualidade, porém a influenciam se não forem tratados adequadamente. Por isso, o trabalho teve o intuito de apresentar ferramentas e metodologias para tratar os problemas e saber lidar com eles, garantindo uma produção estável com gerenciamento diário, sem precisar ficar “apagando incêndios”.

A ferramenta 5G é muito útil para entender problemas e identificar as falhas do processo. Se a falha não é devido à falta de condição de base, é necessário desenvolver uma melhoria (*kaizen*). No trabalho em questão, foram descritos exemplos em que foram necessários melhorias e outras condições que precisavam apenas restaurar condição de base.

O diagrama de causa e efeito originalmente refere-se aos 6M (material, máquina, mão de obra, método, meio ambiente e medição). Neste trabalho, desconsiderou-se o meio ambiente e a medição, porque todo o maquinário está submetido ao mesmo ambiente e as medições são realizadas pelos mesmos colaboradores e instrumentos.

Foram evidenciadas as 7 ferramentas da qualidade descritas por Ishikawa que são a base do Sistema de Gestão da Qualidade. Em seguida, o método do WCM foi utilizado como metodologia principal para solucionar problemas, sendo possível evidenciar as 7 ferramentas de Ishikawa nele. Portanto, ao evidenciar um problema, deve-se observar o local que ele ocorre (5G), examinar o objeto, evidenciar os fatos, comparar com a teoria, seguir os padrões. Utilizar as ferramentas 5W1H para determinar o fenômeno e a ferramenta 5Porquês para saber qual a causa desse problema. Caso ele não seja um problema de condição de base, desenvolver um *kaizen*. Tudo isso aplicado ao ciclo PDCA corrobora para resolução do problema e é constatado pelo *Check*.

6 TRABALHOS FUTUROS

O próximo passo do trabalho é documentar a execução de uma sistemática com KPIs para o 5S. A ferramenta 5S é implementada na fábrica atualmente, e mantém o ambiente limpo, organizado, padronizado, garantindo a disciplina; todavia é necessário definir uma sistemática

para atribuir KPIs. A ideia é estabelecer perguntas com pontuação em um questionário para que os encarregados e supervisores o utilizem com uma frequência definida em calendário. Esse questionário valeria 100 pontos e o KPI teria como meta atingir 82 pontos.

Adicionalmente, a maneira correta de deixar a estação de trabalho deverá ser padronizada através de documentação e, para tanto, os colaboradores devem ser treinados. Auditorias podem ser planejadas semanalmente para obtenção de dados e garantir que as atividades sejam realizadas a contento. Ao encontrar anomalias nas auditorias, haveria um outro questionário para registro e o encarregado deverá utilizar esses dados para realizar devidas correções. Além disso, a gestão dos dados poderá ser realizada de forma automatizada através do Power BI, onde qualquer colaborador poderia verificar o desenvolvimento de suas atividades de manutenção autônoma (5S).

7 CRONOGRAMA

Figura 36: Cronograma

ATIVIDADE	W26	W27	W28	W29	W30	W31	W32	W33	W34	W35	W36	W37
Definir tema e objeto de estudo;	OK											
Estipular problema de pesquisa;		ok										
Determinação dos objetivos;			ok									
Formular hipótese e justificativa do trabalho;				ok								
Definição do instrumento de coleta de dados;				ok								
Leituras dos temas;	ok											
Fazer fichamentos;	ok											
Desenvolver revisão bibliográfica;			ok									
Coleta de dados;					ok	ok	ok					
Análise e interpretação dos dados;								ok	ok	ok	ok	
Redação do TCC;			ok									
Revisar cumprimento de normas da ABNT;			ok									
Revisar texto do trabalho;			ok									
Revisar ortografia;			ok									
Revisão do orientador;									ok	ok	ok	
Fazer ajustes solicitados pelo orientador.										ok	ok	
Fazer slides de apresentação;											ok	
Entregar TCC;												ok
Apresentar o trabalho.												X

Fonte: Autora

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS JÚNIOR, C. (2019). Definição e implantação de indicadores-chave de desempenho (KPI - *Key Performance Indicator*): Estudo de caso em uma empresa do ramo fotográfico da cidade de Guarapuava-PR. *Universidade Federal do Paraná*.

ANUNCIACÃO, Amélio Akioshi Tokimatu da et al. Proposta de uma sistemática de análise de maturidade de um sistema WCM. 2021.

BENTO, Alexandre Rodizio; ROMERO, Almir Rogerio; FREITAS, Lucas. Implantação da pirâmide de heinrich na prevenção de acidentes em uma indústria automotiva. In: **69º Congresso anual da ABM–Internacional e ao 14º ENEMET–Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica de Materiais e de Minas**.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro et al. **Gestão da qualidade**. EDa Atlas SA, 2012.

CARVALHO, Alexandre Brondani; DE ABREU, Ivonisa Maria Castagna; PEDROZO, Ivonete Foletto. Fluxograma como ferramenta de aperfeiçoamento e de controle em instituições públicas. **Revista de Administração da UFSM**, v. 6, n. 2, p. 373-394, 2013.

CASTRO, Gilson Guimarães. Treinamento 5G. 2023.

COSTA, T. B. S.; MENDES, M. A. Análise da causa raiz: utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura. In: Simpósio de engenharia de produção de Sergipe, 10., 2018, São Cristóvão, SE. Anais [...]. São Cristóvão, SE, 2018. p. 1 – 11.

DA FONSECA, A. V.; MIYAKE, Dario Ikuo. Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade. **XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 1-9, 2006.

DE QUEIROZ, A.; DE OLIVEIRA, L. A Ferramenta Kaizen na Solução de Problemas Em Uma Indústria Automobilística. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 3, n. 2, 10 abr. 2018.

DE SOUSA, Rosane Sales; LOOS, Maurício Johnny. Aplicação do Ciclo PDCA e Ferramentas da Qualidade na redução de Custos e Perdas em uma Distribuidora de Hortifruti. **Journal of Perspectives in Management–JPM**, v. 4, p. 68-83, 2020.

DE SOUZA SANTOS, Edimar; OKADA, Roberto Hirochi. Sugestão de melhoria no processo de forjamento de uma empresa com a utilização da ferramenta de qualidade diagrama de Ishikawa. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 1, p. 500-512, 2021.

DELGADILLO, S. M. L. T.; OLIVEIRA, E. Repensando o método 5S para arquivos. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, [S. l.], v. 11, n. 22, p. 71-90, 2006. DOI: 10.5007/1518-2924.2006v11n22p71. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2006v11n22p71>. Acesso em: 16 maio. 2022.

DOS SANTOS, FILIPE VIEIRA. Ferramentas da qualidade para prevenções de falhas aplicadas à indústria automotiva. 2016.

FABRIS, Caroline Bertinatto. Aplicação das ferramentas da qualidade em um processo produtivo em uma indústria de ração. 2014. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

FREITAS, I., & BARROS FILHO, L. (2016). Diagnóstico da implantação da Metodologia de Gestão Estratégica World Class Manufacturing (WCM) nas indústrias de Pernambuco. *Revista De Engenharia E Pesquisa Aplicada*,3(1).

FONSECA, MARIA HELENA DA. Proposta de ações redutoras de anomalias por meio do plano de ação 5W1H. 2016. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.

FORNARI JUNIOR, C. C. M. Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde. São Paulo: INGEPRO, 2010.

GABRIEL, Cristiana Rodrigues. Melhoria de processos através do programa World Class Manufacturing: o caso de uma empresa da indústria automóvel. 2014.

GAIGHER, Hitalo Antunes; DE CASSIA FERONI, Rita. Aplicação da metodologia de análise e resolução de problemas (masp) em uma indústria montadora automotiva: application of

analysis and problem solving methodology (masp) in an automotive assembly industry. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 7, n. 5, p. 183-193, 2021.

GALDINO SV, REIS Érica MB dos, SANTOS CB, SOARES FP, LIMA FS, CALDAS JG, PIEDADE MACR, OLIVEIRA A de S. Ferramentas de qualidade na gestão dos serviços de saúde: revisão integrativa de literatura. Rev. G&S [Internet]. 29º de julho de 2016 [citado 11º de fevereiro de 2023];(supl.): Pág. 1023-1057. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rgs/article/view/3569>.

GOMES, Paulo JP. A evolução do conceito de qualidade: dos bens manufacturados aos serviços de informação. **Cadernos Bad**, v. 2004, n. 2, p. 6-18, 2004.

GONÇALVES, Leandro Rogério; GASPAROTTO, Angelita Moutin Segoria. Um estudo sobre gestão pela qualidade total na indústria de máquinas e equipamentos. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 2, p. 428-440, 2019.

GUALDA, L. C. G.; PETRECHEN, G. P.; DORES , L. S. R.; OTAKI , L. K.; FERREIRA , M. S. Seis sigma e ferramentas da qualidade: Projeto de melhoria na diminuição dos índices de defeitos de guarnições automotivas. **Revista Processando o Saber**, v. 14, n. 01, p. 181-197, 18 maio 2022.

INTERNATIONAL AUTOMOTIVE TASK FORCE. IATF 16949:2015: Quality management systems - Requirements for automotive production and relevant service parts organizations. 1st ed. International Automotive Task Force, 2016.

ISO. International Organization for Standardization. ABNT NBR ISO 9001:2015. Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos. Genebra: ISO, 2015.

ISHIKAWA, Hiroyuki. **Marelli Manufacturing Continuous Improvement Book**. South America: Internacional Information, 2021.

LAUBE, Luiz Fernando Trega et al. Aplicação da metodologia World Class Manufacturing (WCM) com foco no pilar Workplace Organization (WO) em um posto de montagem. **Anais do VII SIMPROD**, 2015.

LIMA, Shirley Barbosa Ortiz et al. Ferramentas da qualidade aplicadas à conferência do carro de emergência: pesquisa de métodos mistos. **Escola Anna Nery**, v. 25, 2020.

LINS, Bernardo FE. Ferramentas básicas da qualidade. **Ciência da Informação**, v. 22, n. 2, 1993.

MAEKAWA, Rafael; CARVALHO, Marly Monteiro de; OLIVEIRA, Otávio José de. Um estudo sobre a certificação ISO 9001 no Brasil: mapeamento de motivações, benefícios e dificuldades. **Gestão & Produção**, v. 20, p. 763-779, 2013.

MARQUES, José Carlos et al. Ferramentas da qualidade. **Universidade da Madeira**, 2012.

MINAS, Fabiana Figueiredo Gonçalves PUC; MINAS, Igor Augusto Dantas Guimarães PUC; MINAS, Raoni Barros Bagno PUC. Manufatura de classe mundial (WCM) como uma jornada de mudança organizacional: o caso de uma rede de fornecedores da indústria automobilística, 2018.

OLIVEIRA, Otávio J. **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. Cengage Learning, 2020.

SANTOS, Alexandre Paixão et al. Utilização da ferramenta Diagrama de Pareto para auxiliar na identificação dos principais problemas nas empresas. 2020.

SANTOS, Danilo Fernandes; CASAGRANDE, Diego José. FERRAMENTAS DA QUALIDADE COM ÊNFASE EM CARTA DE CONTROLE. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 2, p. 784-795, 2021.

SILVA, Sergio Barbosa et al. Diagrama de Pareto: verificação da ferramenta de qualidade por patentes. **Anais do XI SIMPROD**, 2019.

SOBRAL, Raoni Aragão. Análise do Controle de Qualidade em Baterias Automotivas com Base no Pilar de Qualidade da Metodologia de Manufatura de Classe Mundial A182 F22. 2018.

SOUZA FILHO, Jorge Luiz da Silva. Reformulação e padronização no processo de solução de problemas de qualidade em uma indústria automotiva. 2022.

TOSTES, Maria Fernanda do Prado; GALVÃO, Cristina Maria. Lista de verificação de segurança cirúrgica: benefícios, facilitadores e barreiras na perspectiva da enfermagem. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 40, 2019.

YAMASHINA, Hajime. Challenge to world-class manufacturing. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 17, n. 2, p. 132-143, 2000.

WECKENMANN, Albert. AKKASOGLU, Goekhan. & WERNER, Teresa. **Quality management–history and trends**, p. 281-293, 2015.