

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ
CAMPUS MACAÉ “PROFESSOR ALOÍSIO TEIXEIRA”
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso

Título

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO DE MELHORIA CONTÍNUA EM UMA
EMPRESA DO SETOR AUTOMOBILÍSTICO**

Aluna

Luiza Maciel Gonçalves

Orientador

Prof. Carlos Eduardo Lopes da Silva, D.Sc.

Macaé, 18 de outubro de 2021

Luiza Maciel Gonçalves

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO DE MELHORIA CONTÍNUA EM UMA
EMPRESA DO SETOR AUTOMOBILÍSTICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé, como requisito parcial para o título de engenheira.

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Lopes da Silva

Macaé, 18 de outubro de 2021

Luiza Maciel Gonçalves

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO DE MELHORIA CONTÍNUA EM UMA
EMPRESA DO SETOR AUTOMOBILÍSTICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para o título de engenheira.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Thiago Gomes de Lima, M.Sc - UFRJ

Luísa Lemos Vilaça, M.Sc. - FeMASS

Carlos Eduardo Lopes da Silva, D.Sc - UFRJ (orientador)

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho contou com o apoio e ajuda de diversas pessoas, dentre as quais, eu agradeço:

Ao Gerente de Melhoria Contínua e orientador do projeto na Empresa X, pela confiança que depositou em mim, pelo apoio e pela autonomia que me deu ao longo deste projeto.

Ao tutor acadêmico da ENIM, pela disponibilidade, acompanhamento, conselhos e pelas contribuições em meu projeto.

Ao Sr. Carlos Eduardo Lopes, professor orientador da UFRJ, que me auxiliou durante este projeto e em tantos outros momentos da minha formação. Sem dúvidas a oportunidade de ter trabalhado no CRIOS-UFRJ fez grande diferença na minha formação profissional e no meu crescimento pessoal.

À UFRJ e a todos os professores que fizeram parte desta caminhada pela qualidade do meu ensino. Me sinto eternamente grata e orgulhosa pela oportunidade de estudar numa universidade de tamanha excelência.

À minha mãe que sempre foi meu maior exemplo e minha maior incentivadora. Juntas conseguimos conquistar esse sonho e vencer todos os desafios. É com imensa felicidade que eu dedico essa vitória a você, mãe!

À minha amiga Yohana Carvalho que esteve ao meu lado durante a maior parte da minha vida acadêmica, tornando todo esse processo mais leve com a sua companhia, me dando apoio e conforto nos momentos de dificuldade. E, claro, compartilhando momentos memoráveis e de muita felicidade.

Ao meu namorado por ser meu grande incentivador, por ter me ajudado em tantos momentos de dificuldade e por sempre acreditar em mim.

Por fim, gostaria de agradecer a toda a minha família e amigos por estarem sempre presentes e por todo incentivo.

RESUMO

Este estudo descreve um projeto de melhoria contínua implementado em uma empresa do setor automobilístico com o objetivo de elevar a Taxa de Rendimento Global de cinco linhas de produção de válvulas eletrônicas. A metodologia utilizada foi baseada no método *Total Productive Maintenance* (TPM), além da utilização de diversas ferramentas como Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, PDCA e 5 Porquês. Entre os desafios encontrados na implementação deste projeto, evidencia-se a dificuldade da identificação da causa raiz de um problema e da proposição das soluções num contexto real, a complexidade das linhas e a variabilidade e o dinamismo do sistema de produção. Em relação aos resultados alcançados, destaca-se que houve uma melhora expressiva na performance de quatro das cinco linhas de produção em que este projeto foi aplicado.

PALAVRAS-CHAVE: melhoria contínua; TRG; TPM; setor automobilístico; linhas de produção

ABSTRACT

This study describes a continuous improvement project implemented in a company in the automotive sector with the objective of increasing the Overall Equipment Effectiveness of five electronic valve production lines. The methodology used was based on the Total Productive Maintenance (TPM) method, in addition to the use of several tools such as Pareto Diagram, Ishikawa Diagram, PDCA and 5 Whys. Among the challenges encountered in the implementation of this project, the difficulty of identifying the root cause of a problem and proposing solutions in a real context, the complexity of the lines and the variability and dynamism of the production system are highlighted. Regarding the results achieved, it is noteworthy that there was a significant improvement in the performance of four of the five production lines in which this project was applied.

KEYWORDS: continuous improvement; OEE; TPM; automotive industry; production lines

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pilares do método TPM.....	16
Figura 2 – Decomposição do TRG e TRS.....	18
Figura 3 – Representação Diagrama de Pareto.....	21
Figura 4 - Representação do Diagrama de Ishikawa	23
Figura 5 - Layout da Fábrica	26
Figura 6 - Vista cortada de compressor automobilístico.....	26
Figura 7 - À esquerda, válvula mecânica e à direita, válvula eletrônica	26
Figura 8 - Representação da linha de produção TICO.....	28
Figura 9 - Meios de coleta de dados e informação	30
Figura 10 - Quadro de comunicação da zona eletrônica.....	31
Figura 11 - Gráfico de evolução do tempo de intervenção devido aos erros de posicionamento dos adesivos por semana	34
Figura 12 - Análise 5P do problema 6.1	36
Figura 13 – Peças com o adesivo	37
Figura 14 - Cilindro que posiciona os adesivos.....	37
Figura 15 - Detalhe dos erros da máquina analisados com auxílio do gráfico de Pareto	38
Figura 16 - Bandeja onde o PP-tray é posicionado para ser colocado na máquina .	39
Figura 17 - PP-tray danificado.....	39
Figura 18 - bacia vibratória do O-ring B com os principais pontos destacados.....	39
Figura 19 - Análise 5P do problema 6.2	40
Figura 20 - Bacia vibratória da linha SDPS 2 com o sensor posicionado acima da barreira.....	41
Figura 21 – Foto da máquina com os principais pontos indicados: mesa giratória, suportes e aspirador.....	42
Figura 22 - Análise do problema 6.3 com o auxílio do Diagrama de Ishikawa.....	44
Figura 23 - Gráfico para análise do nível de contaminação de óleo nos Rods em função de duas análises.....	47
Figura 24 – Número de erros na máquina Plunger Caulking nas três linhas TICO..	49
Figura 25 - Valve Rod com fragmentos após usinagem.....	50
Figura 26 - Evolução das intervenções da equipe de manutenção	51

Figura 27 - Bacia vibratória com os principais pontos indicados.....	52
Figura 28 - Análise de 5P do problema 6.5.....	53
Figura 29 - Resultado geral TRG TICO 1.....	55
Figura 30 - Resultado geral TRG TICO 3.....	55
Figura 31 - Resultado geral TRG TICO 2.....	56
Figura 32 - Resultado geral TRG SDPS 1.....	56
Figura 33 - Resultado geral TRG SDPS 2.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Referências produzidas na zona eletrônica	27
Tabela 2 – Resumo das ações desenvolvidas	33
Tabela 3 - Quantidade de erros em cinco semanas na máquina Case Caulking.....	37
Tabela 4 –Ações definidas à partir da análise 5P para o problema 5.2	41
Tabela 5 - Tempo de parada por máquina devido à falta de componentes	43
Tabela 6 – Resumo do TRG médio para três meses anteriores ao início do projeto	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DPS	<i>Direct Pressure Sensing</i>
ECVC	<i>Electronic Control Valve Compressor</i>
ENIM	<i>Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz</i> ou Escola Nacional de Engenheiros de Metz
FIN/FdI	Ficha de Instruções
GMAO	<i>Software</i> de gestão de manutenção assistida por computador
NG	<i>No good</i> ; não conforme
PP-Tray	Bandeja de polipropileno
OP	Operador(a)
O/R	<i>O-ring</i> em inglês; Anel de vedação, em português
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
SDPS	<i>Small Direct Pressure Sensing</i>
SECVC	<i>Small Electronic Control Valve Compressor</i>
SSECV	<i>Stainless Steel Electronic Control Valve</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TRG	Taxa de Rendimento Global
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
5P	5 Porquês

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	Melhoria contínua	14
3.2	<i>Total Productive Maintenance</i>	15
3.3	Taxa de Rendimento Global	17
3.4	Método PDCA	19
3.5	Diagrama de Pareto	20
3.6	Diagrama de Ishikawa	21
3.7	Método dos 5 Porquês	23
4	CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	24
4.1	A empresa	25
4.2	Os produtos	26
4.3	A zona eletrônica	27
5	METODOLOGIA	29
5.1	Coleta de dados	29
5.2	Gerenciamento e monitoramento do desempenho da produção	31
5.2.1	<i>Painel de comunicação na zona eletrônica</i>	31
5.2.2	<i>Reunião de produção diária</i>	32
5.2.3	<i>Reunião semanal</i>	32
5.3	As ferramentas utilizadas	32
6	APLICAÇÃO DO PROJETO DE MELHORIA CONTÍNUA	33
6.1	Problema de regulação após troca do rolo de adesivos	34
6.2	Taxa de erro elevada na máquina <i>Case Caulking</i>	37
6.3	Problema de avanço de componentes dentro do sistema de alimentação vibratório	43
6.4	Taxa de erro elevada na máquina de <i>Plunger Caulking</i>	49
6.5	Problema de disfunção na bacia vibratória de <i>Spring B</i>	51

7 RESULTADOS.....	54
8 OBSERVAÇÕES FINAIS.....	57
9 CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS	61
ANEXOS	65

1 INTRODUÇÃO

A indústria automotiva sempre foi um importante impulsionador da economia francesa. A França foi de fato um país pioneiro, líder em volume de produção até 1909 antes de ser destronada pelos Estados Unidos e Henry Ford. Também foi considerado um líder tecnológico até 1939 com personalidades inovadoras como André Citroën e Louis Renault (CCFA, 2019).

Esta indústria abrange fabricantes especializados na produção de veículos e também fabricantes de equipamentos. Um fornecedor de equipamentos é uma empresa industrial especializada na fabricação de componentes automotivos específicos que atende a dois mercados: equipamento original e mercado de reposição.

A indústria francesa de equipamentos automotivos é impulsionada pelo dinamismo dos dois fabricantes nacionais, PSA e Renault. Os grupos franceses fazem parte dos dez maiores produtores mundiais e detêm cerca de 70% da produção total (CCFA, 2019). Além disso, o país ocupa o nono lugar no mundo e o terceiro na Europa entre os principais países produtores. (OICA, 2019). Em 2019, os fabricantes franceses produziram cerca de 7,3 milhões de carros, ou mais de 8% da produção mundial de automóveis (CCFA, 2020).

Para acompanhar o dinamismo do setor e atender às demandas do mercado, é cada vez mais urgente que as empresas possam investir na melhoria de seus produtos, por meio de investimentos em tecnologias de alto nível e qualidade. Mas também é necessário reduzir seus custos, otimizar recursos e alcançar a melhoria contínua em seus processos de fabricação.

É neste contexto que este projeto foi desenvolvido numa empresa de equipamentos automotivos, especificamente no serviço de Melhoria Contínua (AMC) e Redução de Custos com o objetivo de implementar ações destinadas a aumentar a Taxa de Rendimento Global das linhas de montagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo estabelecer um projeto de melhoria contínua que visa elevar a Taxa de Rendimento Global (TRG) de cinco linhas de montagem de válvulas eletrônicas e apresentar as principais etapas da sua implementação, evidenciando os desafios desta abordagem, as ações executadas, bem como os resultados alcançados pelo projeto.

2.2 Objetivos Específicos

- Atingir um TRG estabilizado em 65% para todas as linhas de montagem.
- Estabelecimento de indicadores diários para acompanhamento do desempenho das linhas de produção.
- Análise das fontes de parada e desaceleração das linhas de montagem.
- Investigação das causas raízes dos problemas encontrados.
- Proposição de soluções.
- Acompanhamento dos planos de ação definidos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Melhoria contínua

O conceito de melhoria contínua foi originado no Japão após a Segunda Guerra Mundial, aplicado como uma abordagem e filosofia de melhoria de desempenho e não apenas como iniciativas isoladas. Tornando-se então, uma das bases do sucesso da manufatura japonesa (SINGH E SINGH, 2015). Conforme destacado por Sanchez e Blanco (2014), algumas das primeiras definições de melhoria contínua surgiram em 1982 e 1989 pelos autores Deming e Imai, respectivamente. A partir do qual, é destacado a sua característica iterativa e o envolvimento dos diferentes níveis na organização.

No Japão essa filosofia foi chamada de *Kaizen* e seu significado deriva de duas palavras de origem japonesa *Kai* (que significa mudança) e *Zen* (que significa bom), ou seja, *Kaizen* é uma mudança para melhor. Em outras palavras, *Kaizen* significa melhoramentos contínuos envolvendo todo mundo – administradores e trabalhadores igualmente (IMAI, 1986).

O conceito de melhoria contínua está relacionado à capacidade de resolução de problemas (BESSANT et al., 2001) por meio de pequenos passos e ciclos curtos de mudança (BESSANT et al., 1994). Esses ciclos de mudança são causados pela alternância de momentos de ruptura e de controle do desempenho. Ruptura significa mudar os padrões de desempenho para níveis melhores e controle pode ser conceituado como aderência ao padrão, levando à manutenção do status quo. Essas duas atividades complementares entre si possibilitam à organização implementar mudanças e perpetuá-las ao longo do tempo (JURAN, 1995).

A definição de melhoria contínua defendida por Yen-Tsang et al (2012) é que este conceito pode ser entendido como a capacidade da empresa na busca para alcançar uma meta organizacional em particular. Para que esse objetivo seja alcançado, atividades de melhoria contínua devem ser coordenadas e fundamentadas numa série de tarefas desenvolvidas pelos recursos organizacionais. O resultado da capacidade de melhoria contínua deve ser recorrente e intencional.

3.2 Total Productive Maintenance

A execução deste projeto é baseada no método *Total Productive Maintenance* (TPM). Bufferne (2011, p. 3) afirma que: “TPM é um processo global de melhoria permanente dos recursos de produção voltado para o desempenho econômico das empresas”.

O TPM surgiu no Japão no início da década de 1960. Na época, as empresas japonesas apenas utilizavam técnicas de manutenção corretiva, passando a atuar no equipamento somente após uma falha, o que representava um custo e um obstáculo para obtenção da qualidade e da melhoria do desempenho. Além disso, é uma forma de desperdício, retrabalho, perda de tempo e esforço humano e também de prejuízo financeiro. (TAKASHI, 1993)

O TPM é uma evolução dos métodos de manutenção americanos, Manutenção Preventiva (PM), para melhorar o desempenho das máquinas a partir de um processo de prevenção de paradas das máquinas (quebras, micro paradas, etc.). A principal mudança é a inclusão de uma abordagem participativa para envolver os operadores nesses métodos de prevenção. Posteriormente, o TPM evoluiu para uma abordagem global de progresso e gestão do desempenho industrial, depois para um sistema de produção voltado para o desempenho econômico da empresa. Ele é considerado como um processo de melhoria contínua. (BUFFERNE, 2011)

A sigla TPM surgiu em 1971, criada pelo JIPM (*Japan Institute of Plant Management*) nas fábricas do grupo Nippondenso. Posteriormente, ela foi formalizada por um dos integrantes do JIPM, Seiichi Nakajima. (HOHMANN, 2020).

De acordo com Takashi (1993), o significado de TPM, para cada uma das letras (T, P e M) é o seguinte:

T = Total: no sentido do ciclo de vida útil total do sistema de produção; considere todos os aspectos e envolva a todos.

P = Produtivo: considerar não só melhoria da produtividade, mas também alcançar eficiência graças a zero acidentes e zero falhas.

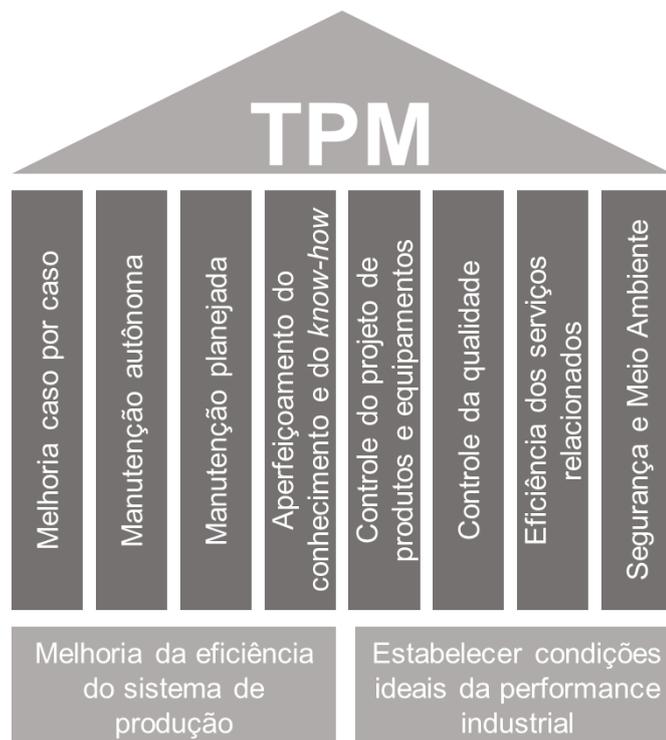
M = Manutenção: manter em bom estado; é a relação entre manutenção e operação; almejar a melhoraria da disponibilidade e da confiabilidade do material.

De acordo com Willmott e McCarthy (2001), o conceito de TPM está no cerne de todas as seguintes abordagens para a eficiência de fabricação:

- Desenvolvimento de recursos humanos;
- Limpeza, ordem e disciplina no ambiente de trabalho;
- Acompanhamento da melhoria contínua;
- Prioridade ao cliente;
- Fazer certo da primeira vez, sempre.

Bufferne (2011) propõe dois eixos estratégicos principais nos quais a abordagem TPM deve se basear: 1. Melhorar a eficiência do sistema de produção; e 2. Melhorar o sistema para atingir as condições ideais. Além disso, nesses eixos, há oito pilares que constituem e permitem direcionar o processo para alcançar os resultados esperados. A figura 8 mostra um resumo dos eixos e pilares que constituem o processo de pilotagem do método TPM.

Figura 1 – Pilares do método TPM



Fonte: Adaptado de Bufferne (2011)

No eixo número 1:

- Pilar 1 - Melhoria de cada caso individualmente ou a eliminação das causas de perdas: o desafio deste pilar é conseguir eliminar as causas raízes dos problemas para evitar perdas.

- Pilar 2 - Manutenção autônoma: este pilar visa eliminar todas as causas especiais de redução da confiabilidade do equipamento. Seu objetivo é responsabilizar os operadores pela qualidade de seus equipamentos, respeitando os padrões e detectando qualquer mudança nas condições ou no comportamento do equipamento o mais cedo possível. Nesse caso, a equipe operacional é treinada em manutenção de "rotina", como limpeza ou inspeção.
- Pilar 3 - Manutenção planejada: visa eliminar a manutenção curativa. O objetivo é implementar métodos de prevenção baseados na estimativa da confiabilidade dos componentes.
- Pilar 4 - Aperfeiçoar o conhecimento e o *know-how*: O compartilhamento, a formação e a estruturação do conhecimento são essenciais. Não só para os operadores, mas também para os técnicos de manutenção e para os supervisores.

No eixo número 2:

- Pilar 5 - Controle do projeto de produtos e equipamentos: a melhoria contínua também é usada no projeto de produtos, projetando máquinas que são fáceis de fabricar e equipamentos que são fáceis de usar e manter.
- Pilar 6 - Controle de qualidade ou manutenção: manter o nível de qualidade dos produtos resultante do processo e sua melhoria. Obter o máximo desempenho dos recursos de produção, eliminando as causas da não qualidade (zero falha e zero defeito).
- Pilar 7 - Eficiência dos serviços relacionados: visa integrar todos os serviços de suporte da empresa na abordagem TPM. Ou seja, os serviços técnicos e administrativos devem ter como objetivo fornecer à produção as informações e o suporte necessários para melhorar a eficiência.
- Pilar 8 - Segurança, condições de trabalho e meio ambiente: eliminar qualquer causa de problema de segurança, melhoria das condições de trabalho e respeito ao meio ambiente.

3.3 Taxa de Rendimento Global

A Taxa de Rendimento Global (ou *Overall Equipment Effectiveness*) é uma métrica quantitativa originada da metodologia *Total Productive Maintenance*,

desenvolvida por S. Nakajima. Este indicador pode ser expresso como a proporção da saída real do equipamento dividido pelo máximo de saída do equipamento sob a melhor condição de desempenho (ALMEANAZEL, 2010).

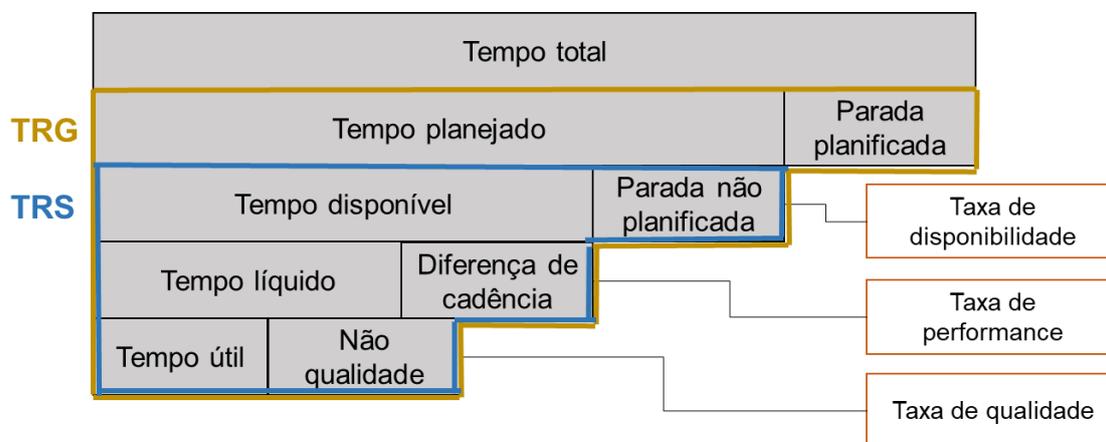
Esse indicador faz parte de uma abordagem do processo de melhoria contínua que envolve todas as partes interessadas na empresa. (LASNIER, 2007). O TRG corresponde à decomposição da parte não produtiva, ou seja, é quantificação das perdas de produção e sua comparação com o tempo total disponível oferece ao gerenciamento da produção e da manutenção uma visão do desempenho real da fábrica e ajuda a focar a melhoria nas perdas mais significativas (ALMEANAZEL, 2010).

Segundo Hohmann (2020), o TRG é um indicador-chave, cuja análise fornece tanto a medição de desempenho (indicador de resultado) quanto planos de ação para melhoria (indicador de gestão). Ele é construído a partir de diferentes elementos e proporciona uma visão abrangente e simples que auxilia na gestão e gerenciamento da empresa. O autor destaca que o indicador condensa o desempenho de três componentes:

- Disponibilidade da máquina → taxa de disponibilidade
- O desempenho da máquina em condições normais → taxa de desempenho
- A qualidade que é capaz de fornecer → índice de qualidade

A figura 9 mostra a decomposição dos parâmetros de influência:

Figura 2 – Decomposição do TRG e TRS



Fonte: 1 – Adaptado de Hohmann (2020)

3.4 Método PDCA

O ciclo PDCA é uma abordagem de gestão proposta por cientistas japoneses e melhorada e amplamente divulgada pelo Dr. Deming, um cientista americano (WANG, 2017). Campos (1996, p.262) define o ciclo PDCA como: “um método de gerenciamento de processos ou de sistemas. É o caminho para se atingirem as metas atribuídas aos produtos dos sistemas empresariais”.

De acordo com Andrade (2003), o ciclo PDCA é projetado para ser usado como um modelo dinâmico em que a conclusão de um ciclo irá fluir no começo do próximo ciclo, e assim sucessivamente. Essa metodologia que tem como função básica o auxílio no diagnóstico, análise e prognóstico de problemas organizacionais, sendo extremamente útil para a solução de problemas. Poucos instrumentos se mostram tão efetivos para a busca do aperfeiçoamento quanto este método de melhoria contínua, tendo em vista que ele conduz a ações sistemáticas que agilizam a obtenção de melhores resultados com a finalidade de garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações (QUINQUIOLO, 2002).

Além disso, de acordo com o CTE (1994), a aplicação contínua e integral deste método permite um real aproveitamento dos processos gerados na empresa, visando à redução de custos e o aumento da produtividade.

O termo "ciclo" sugere que, após o monitoramento dos resultados, se a meta não for atingida, as lacunas precisam ser interpretadas e as tendências compreendidas. O ciclo se desdobra novamente com um novo propósito, até que os novos resultados sejam alcançados e compreendidos (CHARDONNET; THIBAUDON, 2014).

O Ciclo PDCA está dividido em quatro fases bem definidas e distintas, e que de acordo com Andrade (2003), pode ser descrito da seguinte forma:

Plan (Planejar): estabelecer os objetivos e os processos necessários para fornecer resultados de acordo com os requisitos do cliente e respeitando as políticas da organização. Esta etapa compreende a identificação do problema, o estabelecimento de uma meta, a análise do fenômeno (utilizando diagramas estatísticos), a análise do processo (utilizando do diagrama de causa e efeito) e a elaboração do plano de ação;

Do (Fazer): implementar os processos, ou seja, executar as ações estabelecidas no plano de ação definidas na fase anterior, sendo realizadas no cronograma determinado, tendo todas as ações registradas e supervisionadas;

Check (Checar): executar a verificação da eficácia das ações tomadas na fase anterior. Comparar os resultados (planejados e executados), listar os efeitos secundários (oriundos das ações executadas), verificar a continuidade ou não do problema (eficácia das ações tomadas);

Act (Agir): padronizar os procedimentos implantados na fase “*Do*”, ou seja, sendo o resultado satisfatório deve-se transformar essas ações em procedimentos padrão. Para realizar essa padronização é feita a elaboração ou alteração do padrão, que deve ser comunicado a todos os envolvidos, além da realização de treinamentos e o acompanhamento dessa implementação. A conclusão do projeto também ocorre nessa fase, sendo que poderão ser estipuladas novas metas futuras para que o processo de melhoria contínua possa ser desencadeado.

3.5 Diagrama de Pareto

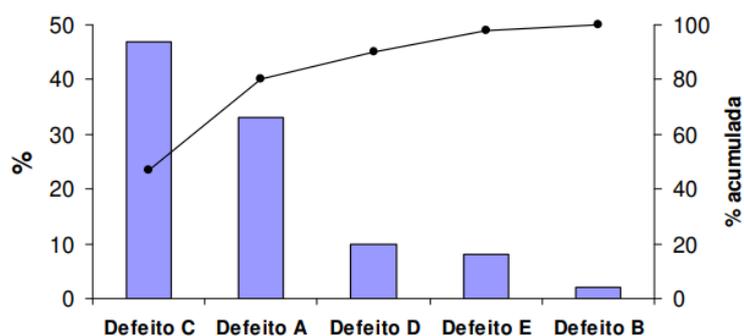
O Princípio de Pareto foi formalizado no século XIX pelo economista italiano Vilfredo Pareto que desenvolveu métodos para estudar e descrever a distribuição desigual das riquezas no país. Como resultado de seus estudos, Pareto chegou à conclusão de que 20% da população detinha 80% das riquezas produzidas. Anos mais tarde, com a contribuição de Joseph Juran, o Princípio de Pareto se transformou em uma das 7 Ferramentas da Qualidade, utilizando-se da relação 80/20 para a análise dos problemas. Com o uso da ferramenta, é possível estudar e identificar quais ocorrências são mais relevantes e, com isso, devem ter a tratativa priorizada (Forlogic, 2016).

Segundo Slack (2002), o diagrama de Pareto é uma técnica de melhoria contínua que tem por objetivo priorizar os problemas ou as causas dos problemas, ou seja, distinguir o que é mais importante do que é menos importante. É uma técnica direta e pode ser usada para destacar áreas ou problemas que podem necessitar de investigações adicionais. Segundo Campos (2004), o diagrama é composto por um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências em ordem decrescente, e permite a localização de problemas vitais e a eliminação de futuras perdas.

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta muito utilizada pelas empresas, sendo fundamental para o bom desempenho de um projeto. Sua utilização proporciona para a empresa uma maior eficiência organizacional, um melhoramento na sua produtividade e um aumento na rentabilidade. Além disso, funciona como uma ferramenta de gestão da qualidade, aumentando sua eficiência de uma forma geral, utilizando para isso relações entre causas com seus efeitos, indicando posteriormente ações prioritárias para a solução de problemas. (SILVA et al, 2019)

Observa-se que o gráfico mostrado na figura 3 é representado por barras dispostas em ordem decrescente onde no lado esquerdo do diagrama tem-se a frequência absoluta, e do lado direito a frequência acumulada. Cada barra representa uma causa mostrando o grau de importância da causa com a contribuição de cada uma em relação ao total.

Figura 3 – Representação Diagrama de Pareto



Fonte: MARQUES et al

3.6 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também chamado de Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe, é um diagrama que tem como objetivo estabelecer a relação entre o efeito e todas as causas de um processo. Cada efeito possui várias categorias de causas, que, por sua vez, podem ser compostas por outras causas (RODRIGUES, 2006).

Segundo de Saeger e Feys (2015), o método Ishikawa é uma ferramenta de planejamento de negócios que visa analisar graficamente e de forma estruturada e

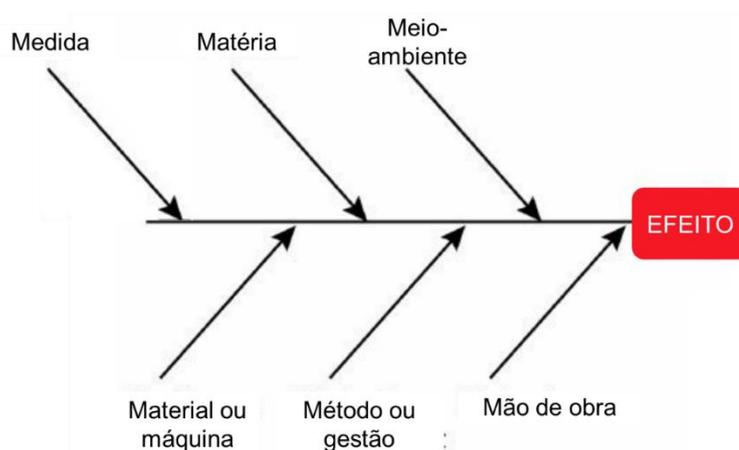
sintética as ligações entre causa e efeito de um problema específico. O modelo também pode ser usado como uma ferramenta analítica na gestão de projetos (e mais particularmente na gestão de riscos), bem como na busca pela qualidade. Esta ferramenta permite não omitir certas causas de um problema encontrado e fornecer os elementos necessários para o estudo de possíveis soluções. Este diagrama é considerado uma ferramenta de gerenciamento de qualidade.

O método foi desenvolvido em 1953 no Japão por Kaoru Ishikawa e é uma representação gráfica que permite visualizar facilmente a cadeia de causas e efeitos do problema. O diagrama mostra a relação entre as características da qualidade e os fatores e representa a relação entre o efeito de todas as possibilidades de causas que contribuem para esse efeito. Para cada um dos efeitos existem inúmeras causas dentro das categorias como: método, mão-de-obra, matéria-prima, máquinas, medida e meio ambiente. Através de uma lista de possíveis causas as mais prováveis são identificadas e selecionadas para uma melhor análise. O objetivo deste diagrama é identificar e solucionar as falhas. (MARQUES et al, 2012)

Saeger e Feys (2015) classificam as diferentes causas de um problema em cinco grandes famílias, chamadas os 6 Ms, da seguinte forma:

- Matéria-prima: é tudo o que é consumível ou útil para o projeto, como matéria-prima, papel, água, eletricidade, entre outros.
- Meio - ambiente: esta noção corresponde ao ambiente, ao contexto que pode ter impacto no projeto (como local de trabalho).
- Método (e Gestão): inclui os procedimentos existentes, o fluxo de informação, pesquisa e desenvolvimento, os modos de operação utilizados, etc.
- Material ou Máquina: diz respeito ao material necessário utilizado para o projeto. Por exemplo: quaisquer instalações, peças sobressalentes, equipamentos, hardware de computador, software, tecnologias, máquinas ou grandes ferramentas. Esta categoria geralmente requer investimento.
- Mão de obra: refere-se aos recursos humanos envolvidos no projeto e as qualificações da equipe envolvida.
- Medida: corresponde a tudo o que pode ser quantificado para obter o efeito.

Figura 4 - Representação do Diagrama de Ishikawa



Fonte: adaptada de Saeger e Feys (2015)

3.7 Método dos 5 Porquês

Esse simples método foi desenvolvido no sistema Toyota de Produção também conhecido como Lean Manufacturing ou ainda Produção Enxuta na década de 80, na fábrica de automóveis da Toyota. Esse modelo e as constantes revoluções tecnológicas e filosóficas fizeram da Toyota uma líder nesse segmento de mercado. A técnica consiste em perguntar 5 vezes o motivo da ocorrência de algum problema (RIGONI, 2010).

É uma ferramenta simples e efetiva para auxiliar a identificar e compreender as razões (ou causas) da ocorrência de problemas. A técnica se inicia através do estabelecimento do problema a ser analisado, em seguida, é questionado "por que o problema ocorreu?". Uma vez que as primeiras causas da ocorrência do problema tenham sido identificadas, é feita novamente a pergunta "por que essas causas ocorreram?" e assim por diante. Esse procedimento é repetido pelo menos 5 vezes, e continua até que as causas raízes do problema analisado sejam identificadas. Somente então é feita a pergunta "Como fazer para resolver este problema?" para que as causas raízes do problema sejam eliminadas ou controladas (Slack et al, 1997; Shingo, 1988).

4 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho foi realizado numa empresa fabricante de válvulas reguladoras de pressão para climatizadores automobilísticos situada na região leste da França, representada neste trabalho como Empresa X. O estudo foi desenvolvido durante o programa de mobilidade acadêmica entre a Universidade Federal do Rio de Janeiro e a *Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz* ao longo de cinco meses e foi acompanhado pelo responsável pela melhoria contínua na empresa, e pelo tutor acadêmico da ENIM.

Devido à necessidade de melhorar o desempenho produtivo para atender às demandas dos clientes com qualidade e eficiência, a empresa propôs um projeto de melhoria contínua que visa elevar a Taxa de Rendimento Global (TRG) das cinco linhas de montagem de válvulas eletrônicas. No início do projeto, o TRG oscilava entre 45% e 61%, dependendo da linha de produção, e a meta final foi estabelecida em atingir um TRG estabilizado em 65% para todas as linhas de montagem.

Para isso, foram definidas as seguintes missões: i) Confiabilidade dos instrumentos de coleta de dados de desempenho e a formalização dos indicadores diários; ii) Observação e análise de fontes de paradas e desacelerações das linhas; e iii) Formalização, acompanhamento e animação dos planos de ação.

Para a realização deste projeto, foram aplicados conhecimentos adquiridos em diversas disciplinas durante o curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio de Janeiro, são elas: Gestão da Qualidade e Produtividade, Gestão da Manutenção, Tempos e Métodos e Planejamento e Controle da Produção I e II. Além disso, este estudo relata as análises e as buscas pelas causas raízes dos problemas confrontados através da utilização de diferentes ferramentas e métodos como TPM, PDCA, 5 Porquês, Diagrama de Pareto e Diagrama de Ishikawa.

Sendo assim, neste trabalho estão descritos o método de trabalho realizado, os diferentes projetos executados, o desenvolvimento das ações e os resultados obtidos.

4.1 A empresa

A Empresa X, fornecedora automotiva, com sede no leste da França, foi criada em 1998 e é especializada na fabricação de válvulas reguladoras de pressão, mecânicas e eletrônicas, também chamadas de válvulas de controle, destinadas a fabricantes de compressores para ar condicionado do setor automotivo. Focada nessa produção, a empresa fabrica mais de sete milhões de peças por ano que são exportadas principalmente para Hungria, Polônia, Alemanha, Estados Unidos, Brasil, México, Coréia e China.

A empresa emprega atualmente 195 pessoas (das quais 80% são mulheres) e gera um faturamento de 65 milhões de euros, dos quais 61 milhões são provenientes das exportações. (Números de 2018).

O grupo fundador da empresa é líder mundial no mercado de válvulas reguladoras de pressão mecânicas e eletrônicas. A empresa detém mais de 60% do mercado de válvulas mecânicas e mais de 80% do mercado de válvulas eletrônicas.

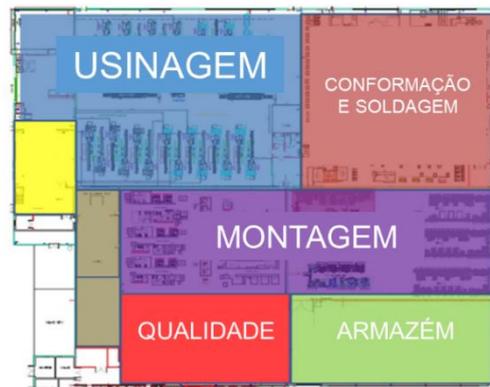
Inicialmente, apenas a montagem das peças para a composição das válvulas era realizada na Empresa X. Depois, por questões estratégicas, a empresa decidiu produzir alguns componentes que compõem as válvulas. Desta forma, foram acrescentadas extensões (áreas de usinagem e conformação) para garantir a produção interna dos *bellows* e, posteriormente, dos componentes usinados, de forma a obter o monitoramento do processo e da qualidade dos produtos, além de reduzir os custos de fabricação. O layout da fábrica com a identificação das principais áreas descritas abaixo é apresentado na figura 5.

- **Zona de usinagem:** produção de quatro tipos de componentes utilizados na montagem (*Valve Rod*, *Center Post*, *Valve Body* e *Plunger*).

- **Zona de conformação e soldagem:** fabricação de *bellows* (foles), peças de cobre em contato direto com o fluido refrigerante: conformação, soldagem e tratamento térmico.

- **Zona de montagem:** dividida em duas partes, uma para montagem de válvulas mecânicas e outra para montagem de válvulas eletrônicas em sala branca (ambiente controlado para evitar contaminação, impurezas nos produtos podem ocasionar em falhas técnicas no médio a longo prazo).

Figura 5 - Layout da Fábrica



Fonte: Empresa X

4.2 Os produtos

As válvulas são montadas com os componentes fabricados internamente por usinagem e conformação, bem como outros componentes adquiridos de fornecedores externos (como *o-rings*, bobinas, *case*, *cover*, adaptadores, *mold coil*, filtros, etc.).

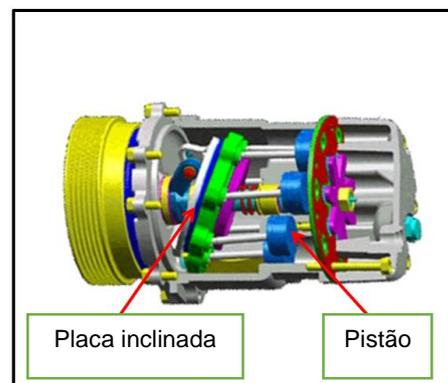
Existem dois tipos de válvulas: mecânicas e eletrônicas (apresentadas na figura 6). Estas últimas, mais recentes, combinam o efeito da pressão da válvula mecânica com o efeito elétrico de um eletroímã. Dentro do compressor de um ar condicionado, a válvula reguladora de pressão é responsável por garantir a posição angular da placa inclinada no compressor (figura 7). Assim, ela controla o curso dos pistões, portanto, o deslocamento do compressor e a quantidade de frio produzida.

Figura 7 - À esquerda, válvula mecânica e à direita, válvula eletrônica



Fonte: Empresa X

Figura 6 - Vista cortada de compressor automobilístico



Fonte: Adaptado de Empresa X

4.3 A zona eletrônica

A zona eletrônica conta com seis linhas de montagem responsáveis pela produção de válvulas eletrônicas de diferentes referências. As linhas são divididas da seguinte forma:

- **1 linha DPS**
- **3 linhas TICO:** TICO 1, TICO 2 e TICO 3
- **2 linhas SDPS:** SDPS 1 e SDPS 2

Cada linha é atribuída à fabricação de famílias e referências específicas de produtos, conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1 - Referências produzidas na zona eletrônica

ZONA ELETRÔNICA	Linhas	Famílias	Referências
	TICO 1 e 2	ECVC	L 7550
			L 5200
			LE 060
			CGKB 180
	TICO 1, 2 e 3	SECVC	MC 0750
			MC 0790
			JB 010
			CGJB 010
			JB 020
CGJB 020			
JB 570			
SDPS	SSECV	MQB	
		Chrysler	
		Honda	
		PSA	
DPS	DPS	Euro 5	
		HM	

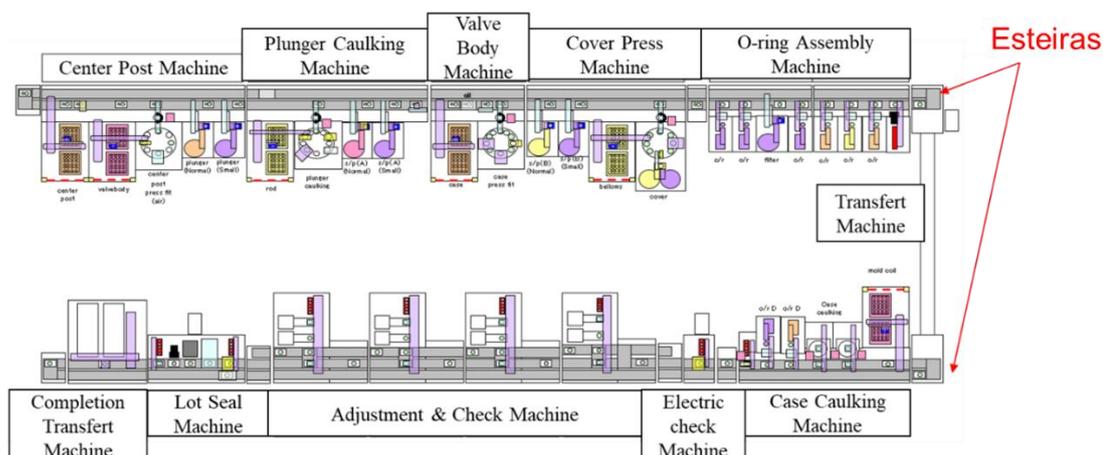
Fonte: próprio autor

A linha DPS não será analisada neste trabalho, pois a mesma não esteve em operação durante este projeto. Desta forma, apenas as linhas TICO e SDPS devem ser consideradas.

As linhas de montagem são compostas em média por onze tipos diferentes de máquinas (o número de máquinas varia conforme a linha) que realizam, em cadeia, as várias etapas de montagem e as etapas de ajustes e controle das válvulas eletrônicas. As peças são movidas entre as diferentes máquinas graças a uma esteira (em cinza na figura 8).

Apesar da diferença entre as referências, as linhas são muito semelhantes entre si, principalmente em relação a montagem. A principal distinção são os diferentes tipos de escolha de soluções tecnológicas utilizadas no projeto das linhas. A parte que mais difere entre elas é a etapa de ajuste e controle. Nestes processos, a modelagem das filas, o funcionamento e o número de máquinas variam para cada linha, o que altera, por exemplo, o tempo de ciclo.

Figura 8 - Representação da linha de produção TICO



Fonte: Adaptado de Empresa X

Na etapa de ajuste e controle, a válvula é ajustada para seu valor P_s (sucção por pressão) e a conformidade do seu funcionamento é verificado. Esta etapa é a mais lenta do processo de fabricação de válvulas eletrônicas, dessa forma, a produção é limitada à capacidade e velocidade dessas máquinas, sendo considerada o gargalo do sistema produtivo.

No final de cada linha, um operador verifica visualmente os produtos acabados e os embala. Também repara pequenas falhas nas máquinas (micro paradas). As micro paradas são paradas breves e sua duração é inferior a um minuto. Normalmente, o operador só precisa reiniciar a máquina, sem grande intervenção. Por outro lado, as falhas geralmente duram mais e requerem intervenção da equipe

de manutenção para realizar ações corretivas, como a substituição de uma peça defeituosa.

5 METODOLOGIA

Segundo Thiollent (2009), em Metodologia da Pesquisa-ação, pode-se definir a pesquisa-ação como: ... " um tipo particular de pesquisa participante e de pesquisa aplicada que supõe intervenção participativa na realidade social. Quanto aos fins é, portanto, intervencionista".

Barbier (2002) afirma que:

A pesquisa-ação obriga o pesquisador de implicar-se. Ele percebe como está implicado pela estrutura social na qual ele está inserido e pelo jogo de desejos e de interesses de outros. Ele também implica os outros por meio do seu olhar e de sua ação singular no mundo (BARBIER, 2002, p. 14).

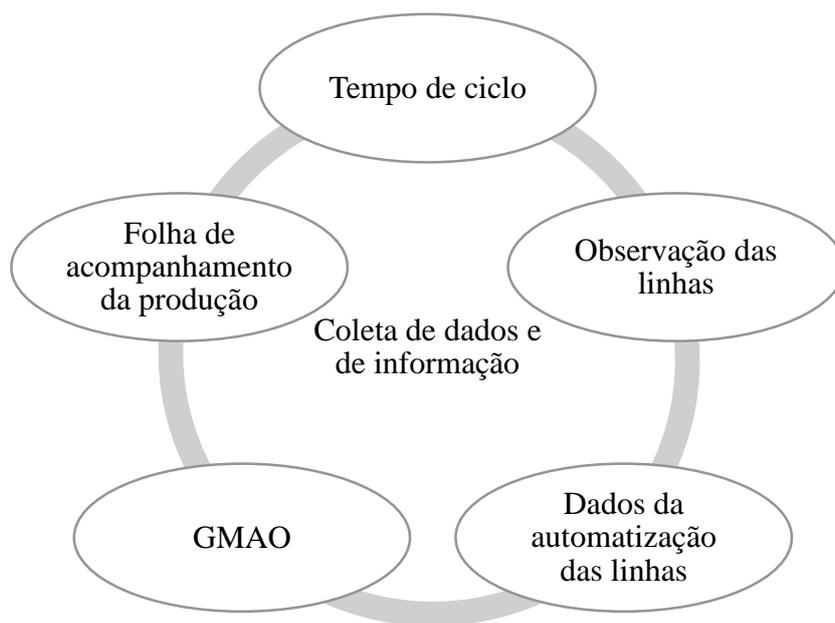
Thiollent (2009), por sua vez, destaca que:

Na pesquisa-ação os pesquisadores desempenham um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas [...] que consiste em organizar a investigação em torno da concepção, do desenrolar e da avaliação de uma ação planejada [...] necessária para que haja reciprocidade por parte das pessoas e grupos implicados nesta situação (THIOLLENT, 2009, p.17 e 18).

5.1 Coleta de dados

A fim de estabelecer a monitorização do desempenho das instalações, e obter toda a informação necessária para alimentar o indicador escolhido, é necessário dispor de meios eficazes e precisos para a coleta de dados. Dessa forma, são apresentadas na figura 9 todas as ferramentas de coleta de dados e informações utilizadas para a elaboração de indicadores (TRG), para a construção dos gráficos de Pareto e também para o desenvolvimento de ações com base no método TPM.

Figura 9 - Meios de coleta de dados e informação



Fonte: Próprio autor

Tempo de ciclo: uma leitura diária é feita através do cronômetro, a fim de comparar o tempo de ciclo real com a meta prevista.

Observação das linhas: a observação é muito importante, permite detectar anomalias, disfunções e problemas ocultos.

GMAO: verificação das intervenções realizadas pelos técnicos de manutenção.

Dados da automatização das linhas: Parte dos dados utilizados vem diretamente da automatização de cada linha. Estes são extraídos e formatados diariamente em planilhas do Excel. É possível ver a taxa de produtividade, a taxa de rejeitos de cada máquina, o número de micro paradas por máquina e o tempo de “erro”, “componentes faltantes” e “desligado” por máquina (ver anexo 1).

Folha de acompanhamento da produção: para obter uma visão geral de todos os acontecimentos em uma jornada de trabalho e para poder recolher informações adicionais, tem-se uma ficha de acompanhamento da produção que deve ser preenchida a cada jornada em cada uma das linhas de produção. Os operadores preenchem os vários problemas que encontram durante as horas de trabalho. Os campos que podem ser preenchidos são: manutenção, ajustes, troca de série, limpeza, falta de componente, calibração, pausas, falhas, micro paradas, diversos. A

zona de comentários permite inserir informações mais detalhadas sobre a natureza da parada (consultar o anexo 2). Por exemplo, para a categoria de falha, além da duração da intervenção de manutenção, outras informações interessantes são coletadas, como a máquina em questão, a natureza da falha, o tempo de não produção, etc.

Um projeto para a instalação de um software de controle da produção está em andamento e permitirá um acompanhamento mais preciso dos indicadores de desempenho e acesso ao acompanhamento da produção sem necessariamente ter que recorrer às folhas de papel, o que tornará este processo mais rápido e simples.

5.2 Gerenciamento e monitoramento do desempenho da produção

5.2.1 Painel de comunicação na zona eletrônica

Os resultados da produção diária e semanal (anexo 3) são apresentados e atualizados diariamente em tabelas na área de produção, bem como as ações a serem implementadas pelos técnicos de manutenção. A figura 10 mostra o quadro de comunicações onde as informações dos resultados e das ações são anexadas.

Figura 10 - Quadro de comunicação da zona eletrônica



Fonte: Próprio autor

5.2.2 Reunião de produção diária

Diariamente, integrantes dos diversos setores da empresa se reúnem para fazer um balanço do funcionamento das instalações, discutir os resultados da véspera e definir as principais ações do dia.

Para a parte de produção, nesta reunião são apresentados todos os resultados do dia anterior (número de peças boas produzidas por turno, a porcentagem de TRG e as principais perdas de produtividade, as ações realizadas, o controle do número de erros por máquinas, etc.). Em seguida, as ações do dia são propostas e discutidas (ver exemplo no anexo 4).

5.2.3 Reunião semanal

Esta reunião ocorre todas as quartas-feiras e ela é formada pelo diretor da fábrica, o gerente técnico, o gerente de melhoria contínua e o gerente de produção, além de todos os que são afetados pelos projetos desenvolvidos. O objetivo deste encontro é acompanhar os projetos de melhoria de desempenho das instalações no curto e médio prazo. O status dos planos de ação é apresentado (através do método de gestão PDCA) permitindo, assim, a troca de informações e a tomada de decisões em consulta com os diversos participantes.

5.3 As ferramentas utilizadas

A partir da coleta de dados já explicada acima, o próximo passo é a modelação dos dados, construindo os Gráficos de Pareto. Este método permite identificar as problemáticas mais importantes a serem analisadas, ajudar na tomada de decisão e determinar as prioridades nas ações.

Uma vez que os problemas são definidos, é necessário encontrar as causas raízes associadas e, para isso, utiliza-se o método dos 5 Porquês ou o Digrama de Ishikawa. Estes métodos permitem identificar as causas fundamentais (raízes) de uma disfunção ou situação problemática para, em seguida, serem propostas soluções eficazes.

Em paralelo, é preciso observar o funcionamento da cadeia produtiva e trocar informações com os integrantes em diversos níveis, desde operadores até gestores

técnicos e de melhoria contínua. É um trabalho dinâmico que requer a colaboração e o empenho de toda a equipe.

Uma vez analisados os problemas, as soluções são formalizadas. Em seguida, é definido um plano de ação específico para cada problema que será desenvolvido e gerenciado de acordo com as diretrizes do método PDCA. Seu objetivo é solucionar problemas seguindo as quatro fases indicadas pela sigla (*Plan, Do, Check e Act* = planejar, executar, verificar e agir). Por ser uma ferramenta cíclica, também promove a melhoria contínua do processo.

6 APLICAÇÃO DO PROJETO DE MELHORIA CONTÍNUA

As ações apresentadas neste capítulo são aquelas que foram desenvolvidas a médio e longo prazo. É importante ressaltar que a cada dia pequenas ações de curto prazo eram definidas e devolvidas como essas que serão apresentadas. Ações de curto prazo são aquelas que não requerem um estudo muito aprofundado do problema, como mau funcionamento relacionado as pinças do robô desajustadas, suportes mal posicionados, ajuste de sensores, correção do tempo de ciclo e outras pequenas ações diárias (ver exemplo no anexo 5).

A tabela 2 fornece um resumo do que será discutido nos próximos capítulos. Nele estão as informações sobre a problemática a ser abordada, o capítulo em questão, a linha de produção onde o assunto foi estudado e o ganho em TRG associado.

Tabela 2 – Resumo das ações desenvolvidas

Capítulo	Problemática	Linha	Impacto	Ganho TRG
6.1	Problema de regulagem após troca do rolo de adesivos	TICO 1,2 e 3	Disponibilidade	2%
6.2	Taxa de erro elevada na máquina <i>Case Caulking</i>	SDPS 1	Performance	3%
6.3	Problema de avanço de componentes dentro do sistema de alimentação vibratório	SDPS 1 e 2	Performance	4%
6.4	Taxa de erro elevada na máquina <i>Plunger Caulking</i>	TICO 1,2 e 3	Disponibilidade/ Performance	3%
6.5	Problema de disfunção na bacia vibratória de Spring B	TICO 1	Disponibilidade/ Performance	1%

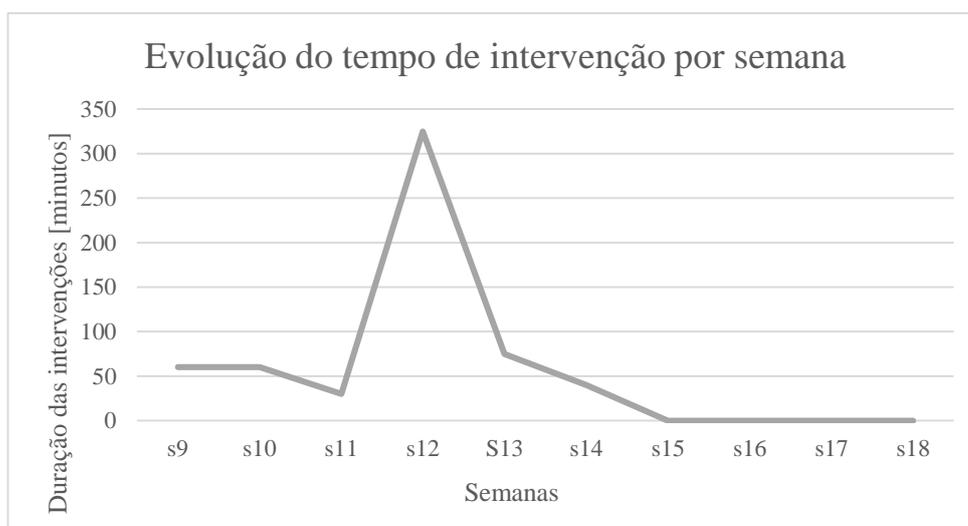
Fonte: Próprio autor

6.1 Problema de regulação após troca do rolo de adesivos

Certas referências produzidas pelas linhas TICO exigem a adição de adesivos na válvula, como mostrado na figura 11. Este adesivo é colocado em uma das etapas finais da produção, na máquina *Lot Seal*. O rolo de adesivos é fornecido por um fornecedor externo e, normalmente, é o operador que troca o rolo quando ele termina. Porém, se houver algum problema durante ou após a troca, como um problema de ajuste do rolo (como adesivo não posicionado, posicionado em duplicata ou posicionado incorretamente, por exemplo) é a equipe de manutenção que deve intervir. Neste caso, a intervenção é tratada como uma falha de máquina.

Durante um determinado período, identificou-se que após os operadores realizarem a troca de um rolo, surgiam vários erros na máquina relacionados ao posicionamento dos adesivos. Este problema foi recorrente em todas as linhas TICO, mas sem demandar grandes intervenções. No entanto, observou-se que as intervenções foram se tornando mais constantes e longas. A figura 12 mostra o tempo de intervenção da equipe de manutenção para problemas relacionados ao posicionamento dos adesivos para a linha TICO 2. Observa-se que entre as semanas 9 e 11, o tempo de intervenção varia entre 30 e 60 minutos, porém, na semana 12 este tempo aumenta para 325 minutos.

Figura 11 - Gráfico de evolução do tempo de intervenção devido aos erros de posicionamento dos adesivos por semana



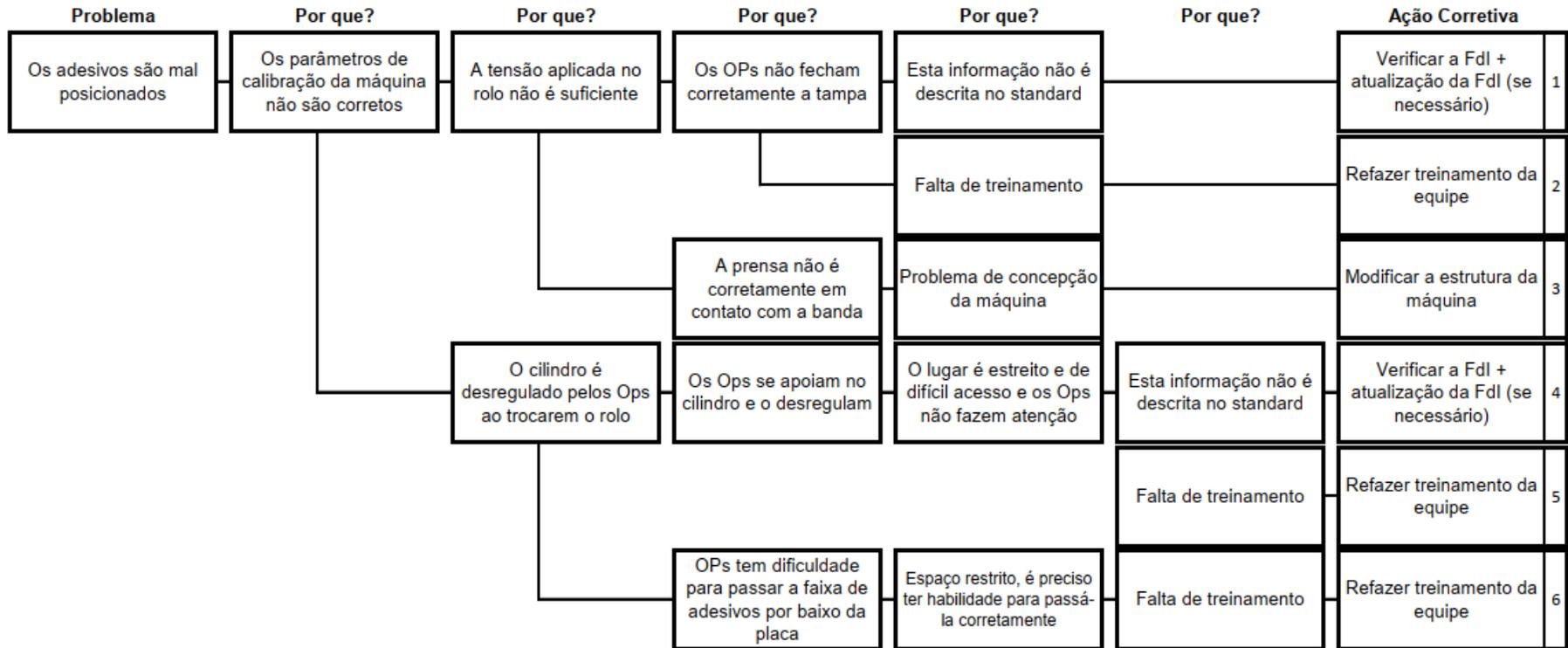
Fonte: Próprio autor

Para evitar as intervenções da equipe de manutenção, optou-se por realizar uma análise dos 5 Porquês para solucionar este problema. A partir de uma troca de rolo realizada por um operador, foi possível observar as principais dificuldades encontradas e os principais pontos que influenciavam no desajuste do rolo no momento da troca. Também se realizou uma troca de informações entre os demais operadores e os técnicos da equipe de manutenção, para que fosse possível estabelecer a análise dos 5 Porquês mostrada na figura 12.

Ao final desta análise, foi definida a principal causa do problema: ao trocar os rolos dos adesivos, os operadores se apoiavam no cilindro da máquina ou encostavam nele passando a tira de adesivos por baixo do cilindro (que é muito sensível ao toque e requer um ajuste muito preciso) desalinhando-o.

Como essa informação não foi destacada na Ficha de Instruções (Fdl), nem explicada durante o treinamento, os operadores não tinham conhecimento de que isso poderia gerar problemas de regulagem dos adesivos. Conseqüentemente, como ação de resposta, a ficha de instruções foi modificada indicando os cuidados a serem tomados com o cilindro e os chefes de equipe também refizeram o treinamento dos operadores (ações 4, 5 e 6 na análise dos 5P).

Figura 12 - Análise 5P do problema 6.1



Fonte: Próprio autor

As ações 1, 2 e 3 não foram consideradas relevantes. De fato, a tensão aplicada ao rolo não influencia no funcionamento da máquina.

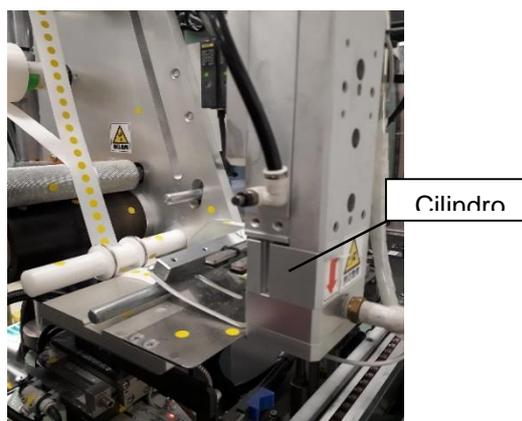
As ações corretivas foram colocadas em prática a partir da semana 12 e podemos observar (figura 12) que de fato o número de ocorrências e o tempo das intervenções diminuíram, chegando a 0 intervenções a partir da semana 15.

Figura 13 – Peças com o adesivo



Fonte: Próprio autor

Figura 14 - Cilindro que posiciona os adesivos



Fonte: Próprio autor

6.2 Taxa de erro elevada na máquina *Case Caulking*

Identificou-se que na linha SDPS 1, a máquina *Case Caulking*, entre todas as outras máquinas, foi a que mais produziu micro-paradas. É possível verificar essa afirmação consultando a Tabela 3 que indica a quantidade de erros de cada máquina para o mês de março (da semana 9 a 13). Esta máquina é responsável pela montagem do *mold coil*, do *case* e do *o-ring D*. De forma a mitigar este problema, foi definido um plano de ação para identificar as principais causas raízes que deu origem a mau funcionamento da máquina.

Tabela 3 - Quantidade de erros em cinco semanas na máquina *Case Caulking*

Máquina Semana	Valve Press	VB Press	Case Press	OR Assy	Filter OR Assy	Filter Assy OR inspection	Case Caulking	Pressure setting 1	Pressure setting 2	Pressure setting 3	Pressure setting 4	Completion Transfer
s9	256	122	281	46	20	23	326	22	100	24	172	227
s10	86	164	181	89	244	9	372	44	51	26	131	154
s11	82	178	176	65	391	43	318	20	33	29	105	146
s12	117	328	106	15	241	10	266	52	61	30	19	104
s13	78	205	84	26	11	42	334	147	70	48	68	126
TOTAL	619	997	828	241	907	127	1616	285	315	157	495	757

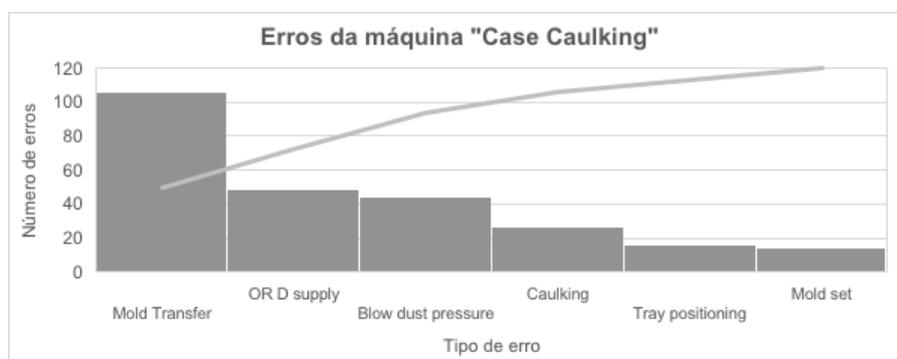
Fonte: Próprio autor

Na tabela acima, é possível identificar o número de erros por máquina em sua totalidade, o que não nos dá uma resposta mais aprofundada quanto ao tipo de erro de cada máquina. Portanto, a primeira etapa do plano de ação era identificar cada tipo de erro e, em seguida, analisá-los por meio do gráfico de Pareto.

A figura 15 mostra o resultado do gráfico de Pareto produzido a partir dos dados da máquina *Case Caulking* durante três dias seguidos.

Embora a coleta de dados tenha sido realizada em um curto período de tempo, por meio de observações diárias verificou-se que esses erros ainda eram os mais frequentes mesmo para os demais dias.

Figura 15 - Detalhe dos erros da máquina analisados com auxílio do gráfico de Pareto



Fonte: Próprio autor

Podemos ver que os três erros mais importantes são: a. "*Mold Transfer*"; b. "*O/R D supply fault*"; e c. "*Blow dust pressure fault*". O desenvolvimento das ações para cada tipo de erro é comentado a seguir.

- Erro "*Mold Transfer*":

Por meio de observações na linha, foi possível identificar que o que gerou os erros de "*Mold Transfer*" na máquina foram os *PP-trays* de *mold coil* danificados (figura 16). Esta não conformidade impede a fixação dos *PP-trays* na bandeja, nas guias brancas conforme mostrado na figura 17. Como eles não são fixados corretamente, quando o robô coleta os *mold coils*, a bandeja se move, causando um deslocamento no posicionamento das peças, o que ocasiona erros de transferência. Para resolver este problema, foi realizada uma triagem dos *PP-trays* não conformes e novos materiais foram encomendados. Além disso, foi proposto um treinamento

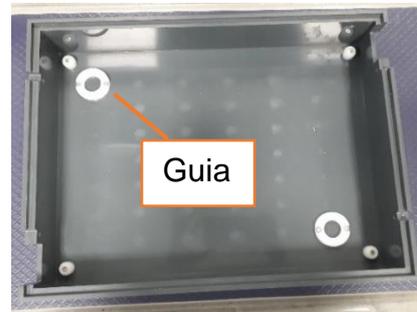
sobre o correto posicionamento de estocagem e empilhamento dos *PP-trays*, de forma a evitar a deterioração do material.

Figura 17 - PP-tray danificado



Fonte: Próprio autor

Figura 16 - Bandeja onde o PP-tray é posicionado para ser colocado na máquina

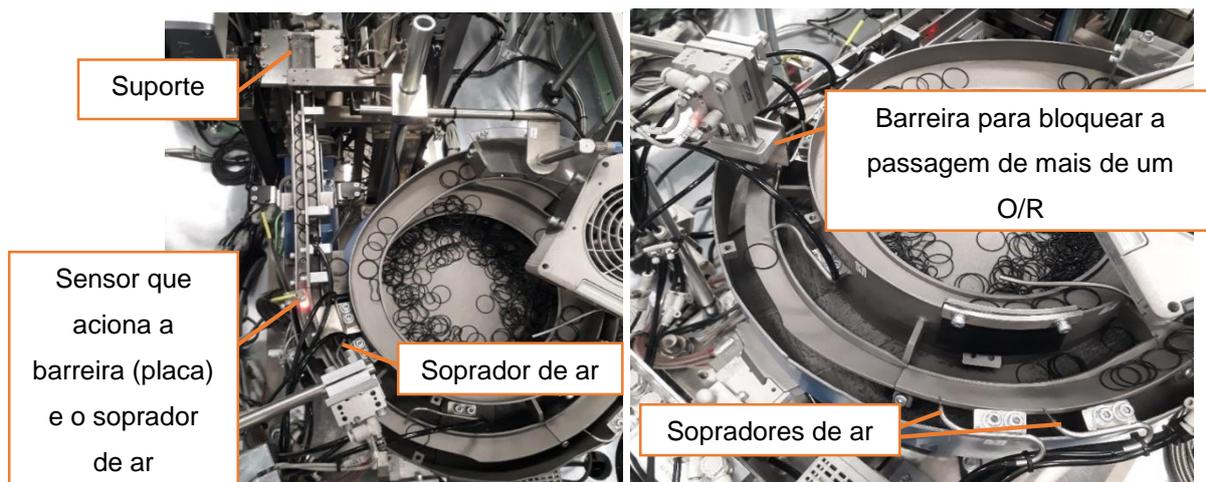


Fonte: Próprio autor

- Erro “O/R D supply fault”:

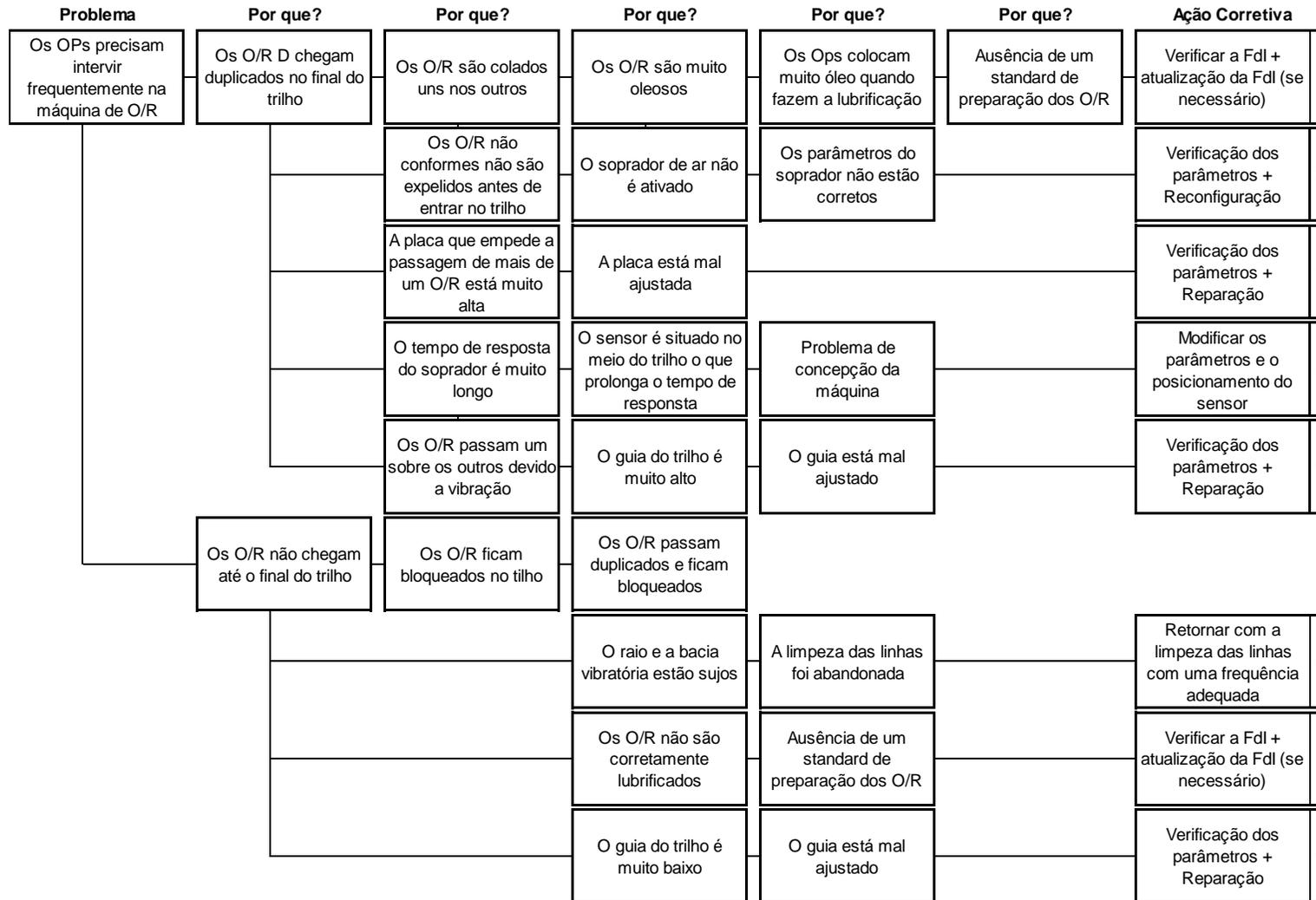
Este erro ocorre porque o *o-ring D* não chega ao suporte para ser posicionado no *mold coil* ou não chega corretamente (em duplo ou mais). Para encontrar soluções relacionadas este problema em questão, foi realizada uma análise de acordo com o método 5 Porquês, conforme mostrado na figura 19. Na figura 18 tem-se a bacia vibratória do *o-ring D* com os principais pontos da máquina que são comentados na elaboração do 5P e das ações propostas.

Figura 18 - bacia vibratória do O-ring B com os principais pontos destacados



Fonte: Próprio autor

Figura 19 - Análise 5P do problema 6.2



Fonte: Próprio autor

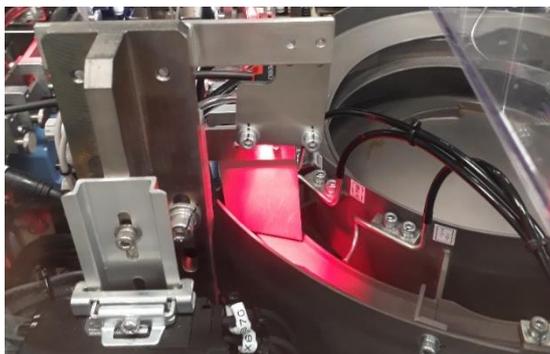
As ações definidas a partir da análise 5P estão definidas na tabela abaixo:

Tabela 4 –Ações definidas a partir da análise 5P para o problema 5.2

Número da ação	Descrição da ação
1 e 7	Para problemas de lubrificação do O/R D, uma ficha de instruções foi feita indicando a quantidade apropriada de óleo a ser usada.
2, 3, 5 e 8	Para os problemas relacionados aos parâmetros da máquina, todos foram reparados pela equipe de manutenção.
6	Em relação à limpeza das máquinas, esse foi um problema que afetava de forma sistemática todas as linhas. A limpeza foi sendo abandonada com o tempo e as instalações estavam se deteriorando, impactando a qualidade do produto. Por esse motivo, foi elaborado um cronograma (anexo 6) para todas as linhas, para colocar em prática a limpeza das máquinas uma vez por semana.
4	Quanto à modificação do sensor: atualmente, a placa e os sopradores de ar são acionados por um sensor localizado no meio do trilho. Se em 40 segundos o sensor não detecta a passagem do <i>o-ring D</i> , a barreira (placa) subirá e o soprador será acionado, expelindo assim todos os <i>o-rings D</i> que ali estão bloqueados. O problema é que eles são muito finos e, quando ficam presos, as vibrações da tigela, com o tempo, fazem com que eles grudem uns aos outros e possam passar por baixo placa, mas eles ficam presos no trilho. O tempo de resposta do sensor não é suficiente para impedi-los de ultrapassar a barreira de forma não-conforme. Propôs-se, portanto, modificar o posicionamento do sensor, removê-lo do meio do trilho e colocá-lo no topo da placa. Com o objetivo de detectar a presença do <i>o-ring D</i> ali bloqueado por 10 segundos antes do acionamento do soprador de ar. Na figura 20, podemos observar a tigela da linha SDPS 2, que segue o princípio proposto. A ideia era usar o mesmo sistema da linha 2 da linha 1. A linha 2 tem muito menos problemas para posicionar os <i>o-rings</i> no suporte. A proposta está sendo analisada pelo gerente técnico.

Fonte: Próprio autor

Figura 20 - Bacia vibratória da linha SDPS 2 com o sensor posicionado acima da barreira

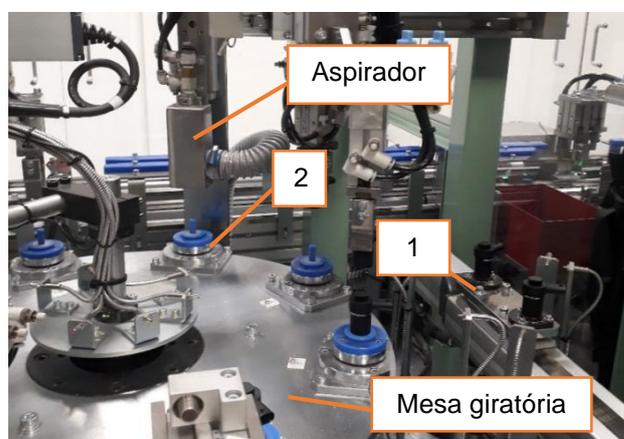


Fonte: Próprio autor

- Erro "**Blow dust pressure fault**":

Para montar o *o-ring D* no *mold coil*, a máquina realiza esta montagem em várias etapas. O primeiro robô recolhe os *mold coils* nos *PP-trays* e os coloca em um suporte de transferência (ponto 1 indicado na figura 21). Em seguida, outro robô pega esses componentes e os coloca em outros suportes (ponto 2) de uma mesa giratória onde, nas etapas seguintes, o *o-ring D* será encaixado nos *mold coils*. Antes de posicionar os *mold coils*, os suportes passam por uma etapa de limpeza que é feita por um aspirador.

Figura 21 – Foto da máquina com os principais pontos indicados: mesa giratória, suportes e aspirador



Fonte: Próprio autor

Em alguns momentos, este aspirador parava de funcionar, produzindo um erro "*Blow dust pressure fault*", que desliga toda a máquina. Assim, o operador deveria ir até esta máquina para reiniciá-la e colocá-la novamente em funcionamento, o que impactava no tempo de ciclo da linha de produção.

Uma investigação foi conduzida para analisar a causa raiz dessa disfunção. Após troca de informações com os operadores e técnicos de manutenção, foi identificada uma possível causa, o reservatório do aspirador, que há muito não era limpo. Na verdade, estava muito sujo e até entupido, mas a limpeza não diminuiu o número de paradas para esse tipo de erro.

Uma segunda tentativa consistiu em verificar o correto funcionamento dos sensores e da pressão de alimentação, comparando os padrões descritos no manual com os parâmetros da máquina. Efetivamente, verificou-se que a pressão de alimentação estava abaixo do esperado para o bom funcionamento do aspirador.

Portanto, foi feita uma solicitação de intervenção da manutenção para restaurar a pressão adequada. Assim, aumentou-se a pressão de 0,1 MPa para 0,3 Mpa.

Outra ação estabelecida foi verificar o programa definido pelo robô para verificar se ele estava em conformidade com os padrões definidos. Verificou-se que havia uma falha no programa. Há um outro aspirador na mesma máquina (para limpar os paletes na esteira) e, quando ambos eram acionados ao mesmo tempo, o programa ficava perdido. Desta forma, o programa foi corrigido e reconfigurado.

Após as duas últimas intervenções, o problema foi resolvido, sem produzir nenhuma parada de máquina dessa natureza.

6.3 Problema de avanço de componentes dentro do sistema de alimentação vibratório

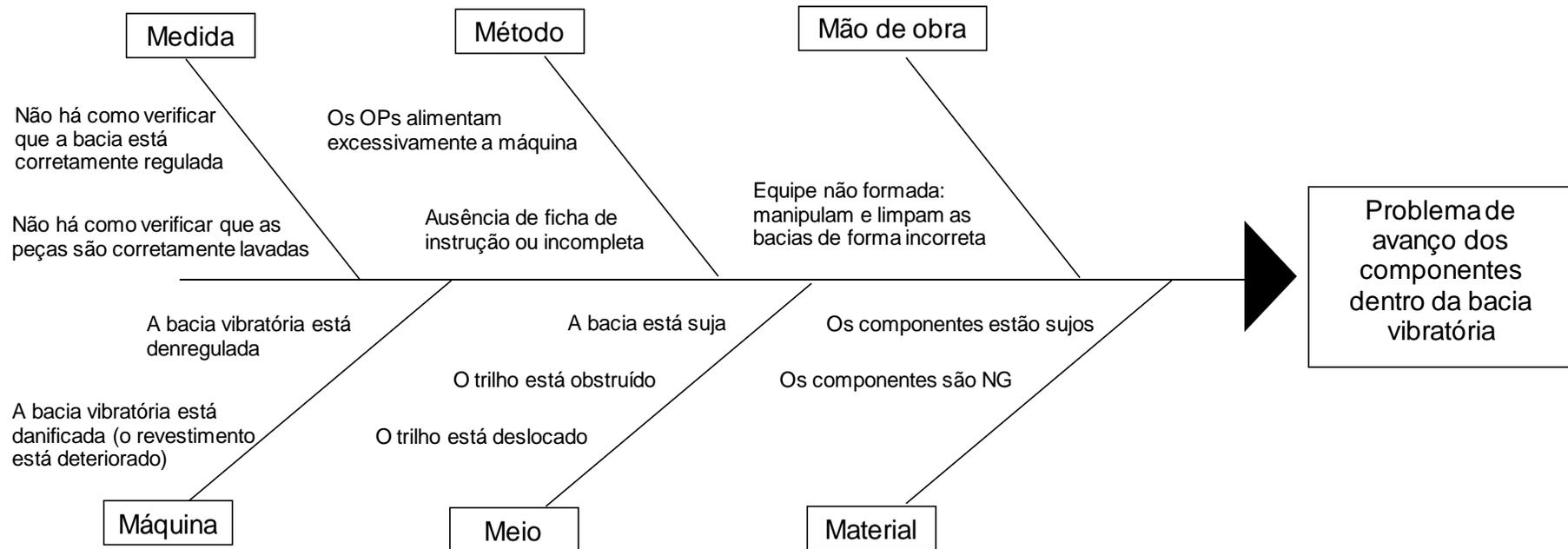
Muitos alimentadores vibratórios são usados nas linhas de montagem, especialmente para transportar os *adapters V* e os *rods* nas linhas SDPS. Esses componentes são previamente lavados a granel em uma máquina da própria fábrica, a máquina Kataoka. Muito frequentemente, era observado que os componentes não avançavam nas bacias vibratórias, sendo assim, a máquina não detecta a alimentação adequada das bacias (como se estas estivessem vazias), causando paradas na produção. A tabela abaixo mostra o tempo de inatividade da máquina em horas para as máquinas *Valve Press* e *VB Press*, devido ao problema de avanço dos componentes, respectivamente, *Adapters V* e *Rods* em uma semana.

Tabela 5 - Tempo de parada por máquina devido à falta de componentes

Dia da semana	Problema	Tempo de parada por máquina (em horas)	
		<i>Valve Press</i>	<i>VB Press</i>
Segunda	Falta de componente	0:24	0:12
Terça		0:21	0:08
Quarta		0:49	0:25
Quinta		1:08	2:17
Sexta		1:01	0:55
Sábado		2:37	3:07
Domingo		0:47	2:15
TOTAL		8:36	9:56

Fonte: Próprio autor

Figura 22 - Análise do problema 6.3 com o auxílio do Diagrama de Ishikawa



Fonte: próprio autor 1

Pode-se observar que o tempo de parada da máquina por falta de componentes ultrapassa mais de 8 horas nessa semana, o que tem um impacto considerável no desempenho da linha.

Para resolver esse problema, realizou-se um estudo a partir do desenvolvimento do Diagrama de Ishikawa (mostrado na figura 22), onde foram identificadas as causas que influenciam no avanço dos componentes nas bacias. As ações para cada causa identificada são comentadas a seguir.

1. Parâmetros de vibração da bacia:

- 1.1. Não há como verificar que a bacia está corretamente regulada;
- 1.2. A bacia vibratória está desregulada.

Para testar essas hipóteses, foi realizado um teste com vibrômetro. Os parâmetros “aceleração”, “velocidade” e “distância” foram verificados de acordo com três níveis diferentes de alimentação do recipiente: baixo, médio e alto.

Foi verificado que apesar da distinção entre os resultados com os diferentes parâmetros, nenhuma das amostras apresentaram problemas de avanço na bacia.

Por outro lado, a equipe de manutenção realizava ajustes regularmente quando o problema ocorria, causando grandes varrições nos parâmetros de calibração das bacias vibratórias. Então, uma das primeiras ações foi a padronização dos parâmetros nas máquinas e no sistema de manutenção.

2. Metodologia de alimentação e limpeza da bacia:

- 2.1. Os operadores alimentam excessivamente a máquina;
- 2.2. Ausência de ficha de instruções ou incompleta;
- 2.3. Equipe não formada: manipulam e limpam a bacia de forma incorreta;
- 2.4. A bacia está suja.

Durante as observações, foi detectado que os operadores utilizavam álcool e/ou água com sabão para a limpeza das peças e das bacias. Isso vai contra as normas de qualidade, pois altera o tratamento químico realizado nas peças durante a lavagem e também danifica o revestimento da bacia. Além disso, a limpeza com água

e sabão era crítico, pois o produto permanecia na bacia e formava uma espécie de pasta, contaminando os componentes.

Para solucionar esta irregularidade de forma imediata, foi realizada uma campanha de informação aos operadores sobre a proibição do uso de álcool e água com sabão na limpeza dos componentes e das bacias, bem como a fixação de um alerta na máquina indicando o nível correto de alimentação das máquinas. Posteriormente, os padrões de alimentação e limpeza foram modificados na ficha de instruções.

3. A conformidade dos componentes (limpeza e dimensões)

3.1. Os componentes estão sujos;

3.2. Os componentes são NG.

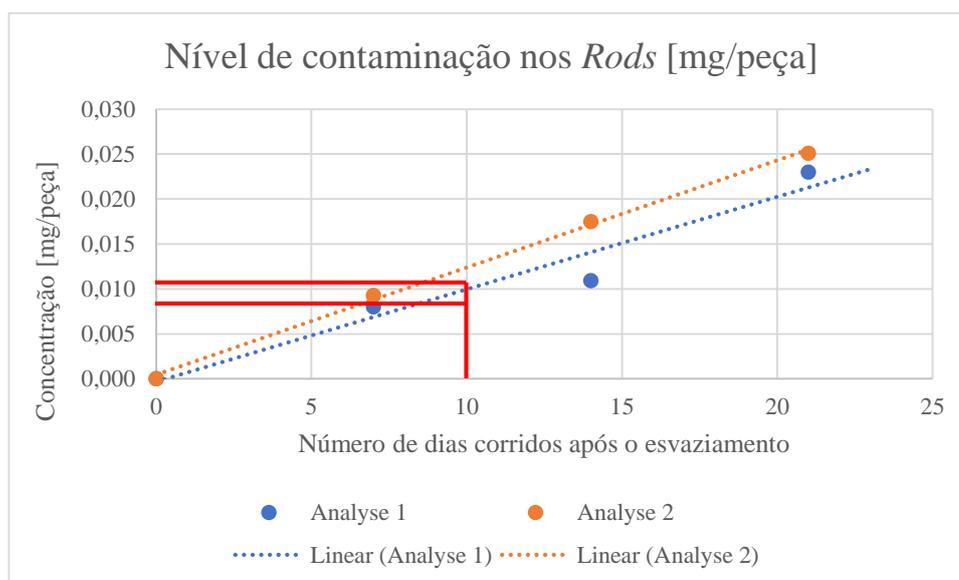
De modo efetivo, observou-se que os componentes ficavam mais oleosos após serem lavados na máquina de lavar e que o grau de oleosidade aumentava com o tempo, estando relacionado com o esvaziamento da máquina (ou seja, com a troca de toda a água e componentes químicos presentes). Em outras palavras, foi verificado que quanto mais antigo era o último esvaziamento da máquina, mais oleosos eram os componentes.

Desta forma, algumas análises foram realizadas para confirmar a relação entre a contaminação na máquina de lavar e o problema de avanço dos componentes. E, se essa hipótese fosse verdadeira, seria preciso determinar qual seria o limite máximo de óleo considerado aceitável para não impactar o correto funcionamento da linha, definindo assim uma nova frequência de esvaziamento da máquina.

No início, esta investigação foi feita por meio da análise comparativa do peso dos componentes *Rods* e *Adapters V* antes e após a lavagem na máquina Kataoka. Ao longo de um mês completo, foram realizadas cerca de vinte análises comparativas de peso. Os resultados foram inconclusivos porque o método escolhido (análise comparativa do peso entre as duas amostras) não foi adequado. A balança utilizada teve precisão insuficiente e, além disso, como a variação do nível de contaminação se distribuiu de forma heterogênea, foi difícil encontrar resultados precisos e concretos.

Uma nova estratégia foi definida para verificar o nível de contaminação, novas análises utilizando um instrumento de medição espectrométrica foram realizadas. Essas análises foram realizadas uma vez por semana durante dois meses seguidos, durante dois esvaziamentos diferentes da máquina. Os resultados são apresentados na figura 23.

Figura 23 - Gráfico para análise do nível de contaminação de óleo nos Rods em função de duas análises



Fonte: Próprio autor

Além disso, verificou-se que quanto mais se aproximava o final da segunda semana, mais a situação se agravava e o problema com o andamento dos componentes piorava.

Paralelamente, foi realizado outro teste, utilizando duas amostras diferentes:

- A. Os componentes foram lavados na primeira semana após o esvaziamento do Kataoka;
- B. Os componentes foram lavados na terceira semana após o esvaziamento do Kataoka;

Assim, a bacia vibratória foi esvaziada e limpa, então as duas amostras foram testadas em dois momentos diferentes sem alterar as configurações da bacia. De fato, a amostra 1 avançou normalmente, enquanto a amostra 2 teve problemas de deslocamento dos componentes, impactando o desempenho da linha.

Foi realizada uma análise dimensional das duas amostras (as mesmas citadas acima) e os resultados mostraram que as duas amostras eram compatíveis, não havendo diferença dimensional entre elas. Além disso, foi planejada uma análise espectrométrica para determinar o nível de óleo entre as amostras, mas por falta de material (solvente) para realizar a análise, o teste foi interrompido.

4. A conformidade da bacia:

- 4.1. O trilho está obstruído;
- 4.2. O trilho está deslocado;
- 4.3. A bacia está danificada (o revestimento está deteriorado).

Também foi verificado que o revestimento da bacia vibratória poderia influenciar no andamento dos componentes, uma vez que o material se encontrava muito desgastado e também danificado pela má manutenção (uso de álcool e água com sabão). Neste caso, foi proposta a substituição dos revestimentos.

Em relação às hipóteses "o trilho está obstruído" e "o trilho está deslocado", foi feita uma solicitação para a equipe de manutenção e eles verificaram que não havia mau funcionamento do trilho.

Em conclusão, foi possível verificar que o problema de avanço dos componentes está relacionado ao nível de contaminação causado pelo óleo proveniente da máquina de lavar Kataoka. Como ação imediata, foi estabelecida uma nova frequência para realização do esvaziamento da máquina, que foi reduzida de 30 dias (aproximadamente) para 10 dias. Isso representa um nível de contaminação em torno de 0,010 mg, conforme mostra a figura 24. Essa solução representa mais custos para a empresa e não resolve realmente a causa raiz do problema. Atualmente, a empresa não realiza controle de qualidade quanto ao grau de contaminação da máquina de lavar ou das peças nela lavadas. Isso compromete a confiabilidade do grau de limpeza dos componentes utilizados na montagem das válvulas, comprometendo a qualidade do produto.

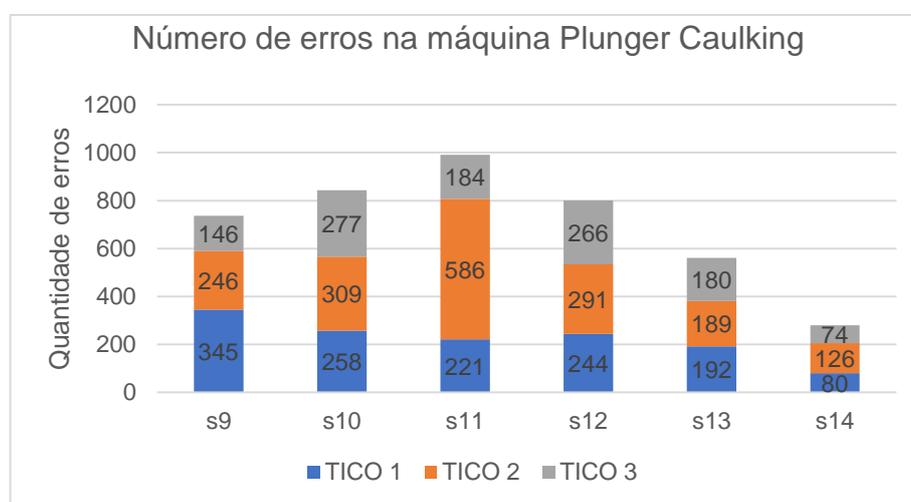
Portanto, decidiu-se contratar um laboratório de análises industriais a fim de obter análises mais aprofundadas acerca desta problemática. O objetivo esperado é

encontrar um método para controlar o nível de contaminação diretamente nos banhos da máquina de lavar e, a partir daí, definir as ações de TPM.

6.4 Taxa de erro elevada na máquina de *Plunger Caulking*

Verificou-se que o número de erros na máquina *Plunger Caulking* era alto nas três linhas de produção da TICO, especialmente na TICO 2. Na figura 24 tem-se o número de erros por linha durante um período de seis semanas.

Figura 24 – Número de erros na máquina *Plunger Caulking* nas três linhas TICO



Fonte: Próprio autor

Esta máquina é responsável pelo encaixe de dois componentes de fabricação própria, o *plunger* e o *valve rod*. Ao observar as linhas, identificou-se que os componentes fabricados na área de usinagem chegavam na área eletrônica com erros de fabricação, com dimensões não conformes. Assim, o encaixe sob pressão entre o *valve rod* e o *plunger* não era dificultado ou impossível, causando vários erros da máquina.

Muitos desses problemas não eram relatados ao setor de usinagem. Observou-se que os operadores não estavam acostumados a trocar o lote não conforme quando o problema surgia, ou quando o faziam, não havia um retorno oficial formalizado pelos chefes de equipe. Assim, o primeiro passo para solucionar esse problema foi repassar as informações para a área de usinagem, alertando os chefes de equipe para a importância do retorno oficial dos lotes problemáticos.

Desta forma, foi colocado em prática um plano de controle, em que foi coletado a cada jornada de trabalho durante duas semanas todo o refugo desta máquina das três linhas de produção para identificar os problemas de fabricação dos componentes e também para determinar se os problemas registrados do dia anterior pela automatização da máquina foram causados por problemas de máquina ou componente.

Diariamente, todas as não-conformidades eram discutidas com os responsáveis do setor de usinagem e com a equipe de manutenção. Ao final desta investigação, em relação ao problema de encaixe entre os dois componentes, foi detectado que havia um problema na dimensão dos componentes. Sendo assim, a usinagem corrigiu as dimensões do *valve rod*, para reduzir o diâmetro de contato com o *plunger*. Essa mudança começou gradativamente a partir da semana 12. De fato, verifica-se na figura 24 que após essa mudança o número de problemas relacionados a essa não conformidade diminuiu.

Além disso, outras falhas de usinagem também foram identificadas (as mais frequentes são os fragmentos de usinagem que permanecem nas peças, ver figura 25) e relatadas ao responsável pelo setor que implementou as ações de melhoria. Em paralelo, todos os dias os suportes e as pinças dos robôs eram monitorados para garantir que as configurações da máquina estavam corretas. Se uma anomalia era observada, uma solicitação de intervenção era rapidamente solicitada.

Figura 25 - *Valve Rod* com fragmentos após usinagem



Fonte: *Próprio autor*

Uma outra ação foi a elaboração de um processo de tomada de decisão em formato de fluxograma com os principais erros da máquina para auxiliar os operadores na tomada de decisão e também para facilitar o trabalho dos chefes de

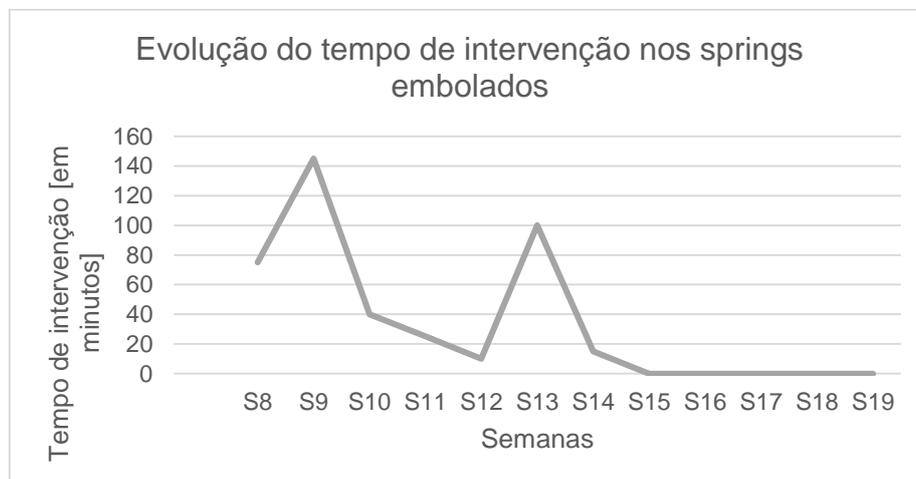
equipe e da manutenção, podendo distinguir se o erro foi causado por problemas de conformidade de componentes ou mau funcionamento da máquina. Os organogramas encontram-se no Anexo 7.

6.5 Problema de disfunção na bacia vibratória de *Spring B*

O *Spring B* é um tipo de mola utilizada na montagem das válvulas. Esses tipos de componentes são alimentados na máquina por meio de bacias vibratórias, representada na figura 27. Em um determinado período, as intervenções da equipe de manutenção tornaram-se frequentes, pois as molas se emaranharam e bloqueavam a tubulação que conecta a bacia vibratória ao desembolador.

A figura 26 mostra o tempo de intervenção da equipe de manutenção para o problema dos *Springs B* emaranhados na tubulação da linha TICO 1. Pode-se observar que a manutenção realizou intervenções prolongadas, principalmente nas semanas 9 e 13.

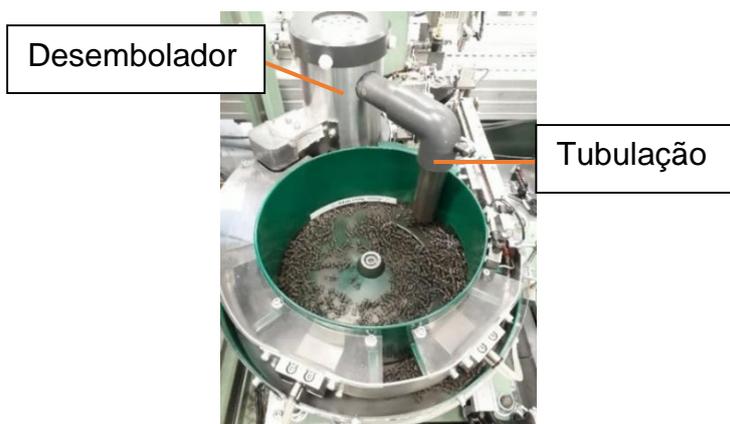
Figura 26 - Evolução das intervenções da equipe de manutenção



Fonte: Próprio autor

A partir da observação da máquina e da troca de informações com os operadores e técnicos da equipe de manutenção, foi possível estabelecer a análise dos 5 Porquês mostrada na figura 28.

Figura 27 - Bacia vibratória com os principais pontos indicados



Fonte: Próprio autor

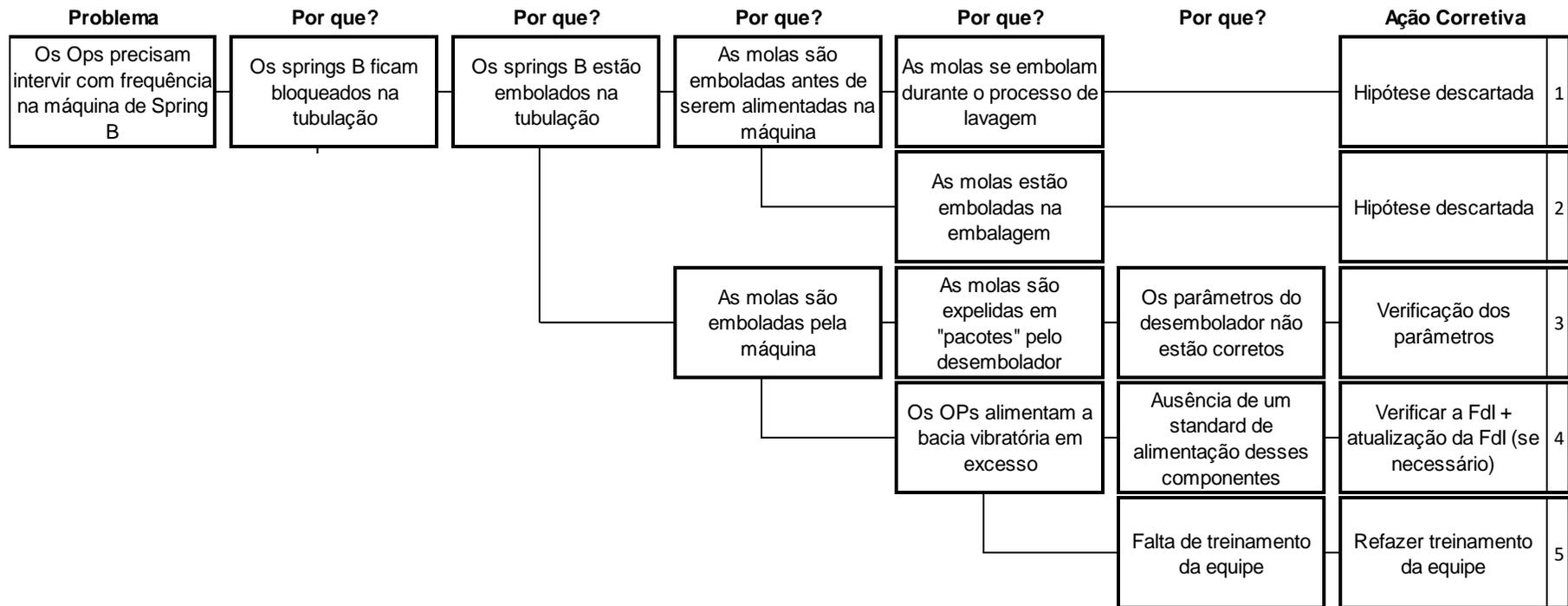
Ao final deste processo, as principais causas do problema foram definidas:

- **A taxa de alimentação do componente:** Os operadores colocavam uma quantidade excessiva de componentes no recipiente para alimentar a máquina. Essas informações não foram especificadas e padronizadas na Ficha de Instruções (FDI). Portanto, como uma ação de resposta, uma ficha temporária foi anexada na máquina indicando a taxa de preenchimento correta. Em paralelo, a ficha de instruções foi modificada e os chefes de equipe também repassaram as instruções corretas aos operadores (ações 4 e 5 na análise dos 5 Porquês acima).

- **Os parâmetros do desembolador:** De fato, a equipe de manutenção verificou os parâmetros e constatou que o sentido de rotação do disco do desembolador e sua programação não estavam corretos. O disco nem sempre era ativado quando as molas passavam por ele, fazendo com que as molas embolassem cada vez mais e formassem “emaranhados” de molas.

As ações 1, 2 não foram consideradas, pois foi verificado que as molas chegavam à linha de produção em condições normais, sem molas emboladas dentro das embalagens. As ações 4 e 5 foram colocadas em prática a partir da semana 10 e a ação 3 foi realizada na semana 13. Pode-se observar (figura 26) que de fato o número de ocorrências e o tempo das intervenções diminuíram, chegando a 0 intervenção a partir da semana 15.

Figura 28 - Análise de 5P do problema 6.5



Fonte: Próprio autor

7 RESULTADOS

Este projeto de melhoria contínua foi desenvolvido a partir da necessidade de melhorar o desempenho das linhas de montagem das válvulas eletrônicas, a fim de atender às demandas dos clientes com qualidade e eficiência. A tabela abaixo mostra o TRG médio para os três meses anteriores (novembro, dezembro e janeiro) ao início do projeto para cada linha de produção. Observa-se que o TRG variou entre 45,9% e 60,6%, e o objetivo final era atingir um índice estabilizado de 65% para todas as linhas de montagem.

Tabela 6 – Resumo do TRG médio para três meses anteriores ao início do projeto

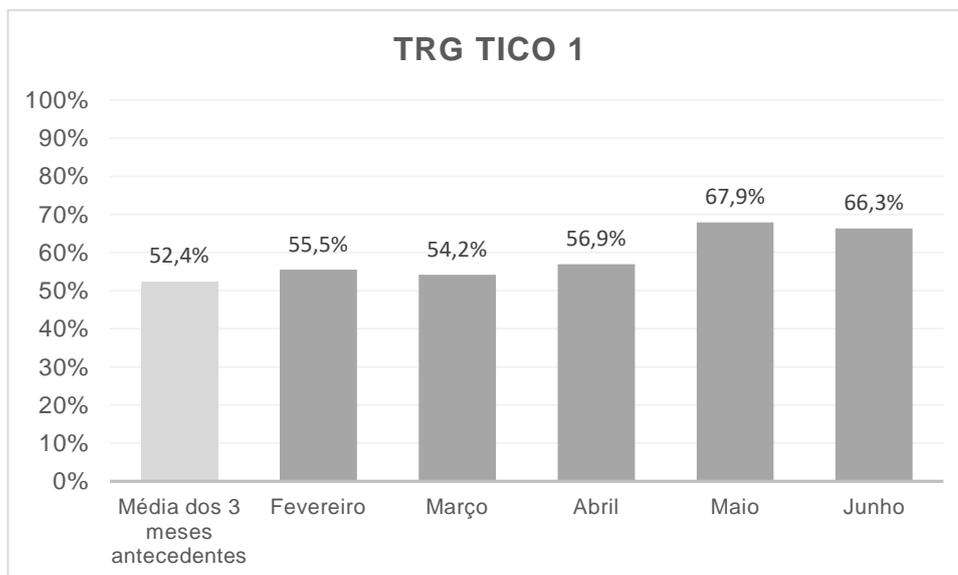
Linha	TRG
TICO 1	52,4%
TICO 2	60,6%
TICO 3	60,3%
SDPS 1	45,9%
SDPS 2	46,4%

Fonte: Próprio autor

Os resultados de fevereiro a junho das linhas TICO e SDPS são apresentados e comentados a seguir.

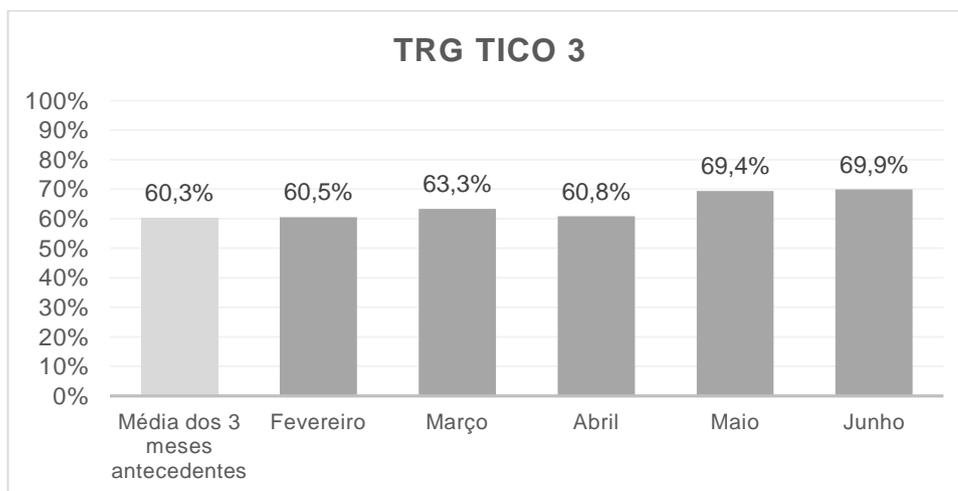
Verifica-se que de fevereiro a junho (resultados parciais, incluindo apenas as duas primeiras semanas deste mês), as três linhas TICO apresentaram melhoria no desempenho, com aumentos expressivos do índice TRG. A TICO 1 aumentou de 52,4% para 66,3% (figura 30), representando um aumento de 13,9% e a TICO 3 aumentou seu TRG em 8,9% (figura 31), atingindo 69,2%. Desta forma, ambas as linhas atingiram a meta definida, com mais de 65% do TRG.

Figura 29 - Resultado geral TRG TICO 1



Fonte: Próprio autor

Figura 30 - Resultado geral TRG TICO 3

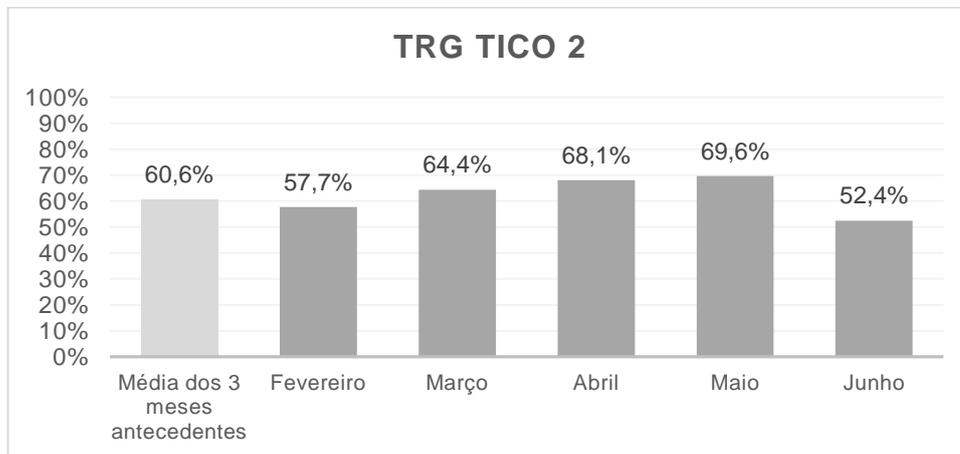


Fonte: Próprio autor

A linha TICO 2 teve uma melhora crescente no TRG desde fevereiro e atingiu 69,6% em maio (figura 31). Porém, no início de junho, sofreu quedas significativas devido à falta de um dos componentes de fabricação própria. A área de produção de *bellows* (foles) tinha muitas máquinas paradas por falhas, comprometendo o abastecimento das referências produzidas por esta linha, o que atrasou a produção e impactou o TRG. Sendo assim, em junho a linha exibiu um TRG de 52,4% porque perdeu 10% e 15% na primeira e segunda semanas, respectivamente. Então, esta foi

uma linha que teve grandes evoluções, mas infelizmente teve um TRG de 52,4% fora da meta no final deste projeto.

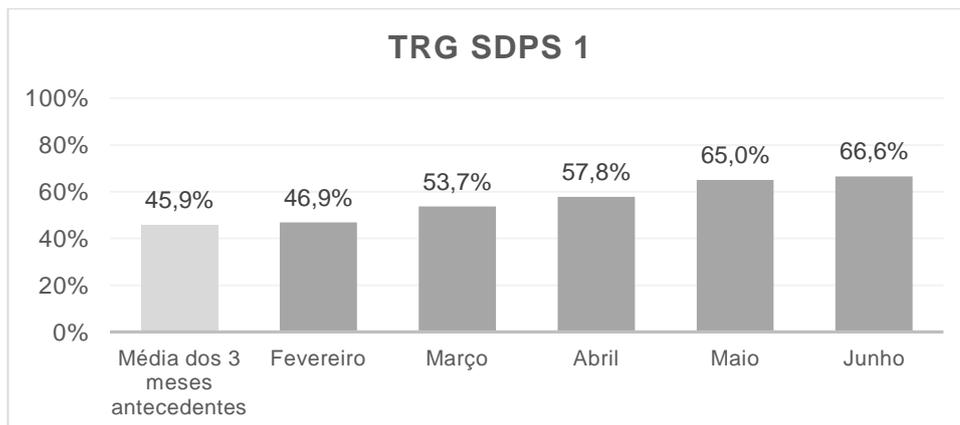
Figura 31 - Resultado geral TRG TICO 2



Fonte: Próprio autor

A linha SDPS 1 é a que apresentou as alterações mais significativas. Com um TRG de apenas 46,9% em fevereiro, a linha apresenta em maio, um TRG com ganho de quase 20%, chegando a 66,6% (figura 32). Assim, os resultados para esta linha também estão dentro dos objetivos definidos anteriormente.

Figura 32 - Resultado geral TRG SDPS 1

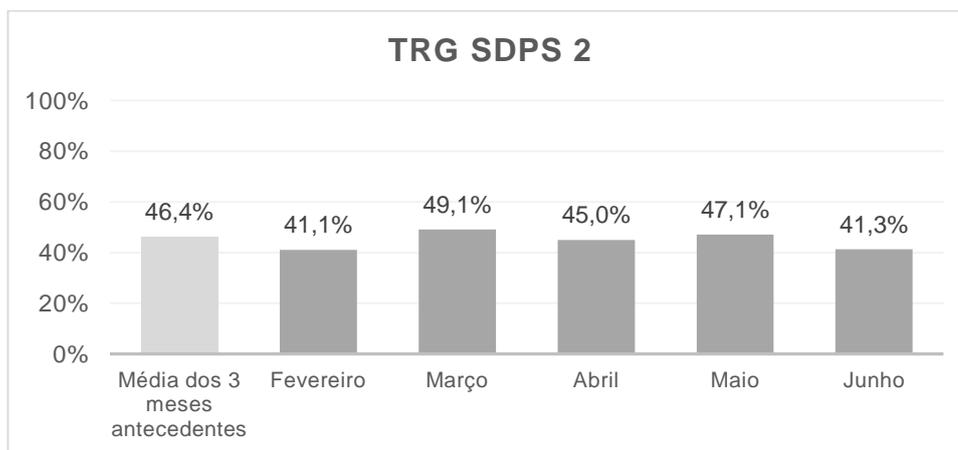


Fonte: Próprio autor

Por outro lado, como pode-se observar, a linha SDPS 2 mostra resultados inferiores em relação às outras linhas e não apresentou nenhum progresso e melhora

no TRG (figura 33). Isso se deve a duas máquinas de ajuste e controle que ficaram fora de serviço desde o início do projeto devido a uma peça danificada que tem um longo prazo de entrega. Conforme mencionado anteriormente, essas máquinas executam etapas críticas no processo de montagem da válvula. Portanto, o não funcionamento dessas máquinas tem um grande impacto no tempo do ciclo de produção, o que leva a um desempenho ruim, como mostram os resultados.

Figura 33 - Resultado geral TRG SDPS 2



Fonte: Próprio autor

8 OBSERVAÇÕES FINAIS

A riqueza deste projeto consiste em acompanhar diariamente os resultados das linhas de produção, consolidar todos os dados e informações, identificar oportunidades de melhoria, conhecer os problemas frequentes, definir e gerir ações, trabalhar com os diferentes membros da empresa, trocar informações com os operadores, motivá-los etc.

Este projeto e todas as ações desenvolvidas resultou em resultados positivos, aumentando a performance de grande parte das linhas e atingindo (em parte) o objetivo previsto. Por outro lado, por se tratar de um sistema de produção muito dinâmico, esse trabalho deve ser contínuo e frequente para que os resultados se mantenham e/ou evoluam.

Ainda existem muitos pontos de melhoria a serem levados em consideração para elevar os índices de desempenho das linhas de produção, eles estão listados abaixo:

- O nível de ocorrências de manutenção corretiva é muito maior do que as ações de manutenção preventiva e preditiva. É preciso reverter esse cenário e investir na Gestão da Manutenção como um todo.

- Normalmente, o que impacta as panes são as peças de reposição com prazos de entrega longos, porque a maioria são peças específicas que vêm do Japão. É necessário analisar este problema para formar um estoque de peças de reposição. Dessa forma, as ações da equipe de manutenção serão mais rápidas e eficientes, reduzindo atrasos, como as máquinas de ajuste e controle que não estão funcionando há mais de sete meses por causa de uma peça defeituosa. É preciso realizar uma análise mais eficiente contra as falhas mais comuns, identificar as peças mais críticas e formar um estoque de segurança com essas peças.

- A equipe de manutenção é reduzida em relação ao número de panes que a empresa possui atualmente, o que deixa o setor sobrecarregado e sem tempo para realizar ações que não fazem parte da manutenção corretiva. Em muitos momentos deste projeto, a causa de um determinado problema já havia sido investigada, mas a manutenção demorou muito para intervir.

- Até junho não havia gerente de manutenção, o que gerava sobrecarga de trabalho para o gerente técnico. Além disso, isso gerou problemas de gestão significativos no departamento. É fundamental que a empresa tenha esse especialista para gerenciar todas as ações do setor e torná-las mais eficientes e ágeis.

- Para melhorar o compartilhamento da informação, a equipe de manutenção poderia ser mais detalhada no lançamento das intervenções realizadas no software GMAO. Frequentemente, faltam informações adicionais.

- Ainda existem grandes oportunidades de melhoria na comunicação entre todos os setores e todas as equipes.

- Deve-se rever o processo de treinamento de novos operadores, investir em treinamento e qualificação para aumentar o desempenho da produção. É necessário que os operadores possam desenvolver competências para que se tornem mais autônomos, produtivos e saibam reagir de forma adequada aos pequenos problemas das linhas.

- É necessário fortalecer a cultura de cooperação e integração entre setores e diferentes equipes. Investir em mudanças no clima organizacional afetará positivamente a performance da empresa, além de melhorar a comunicação e manter os colaboradores satisfeitos, motivados e produtivos.

- Infelizmente a fábrica ainda é muito dependente de sua matriz no Japão, principalmente no que diz respeito às máquinas. Os manuais técnicos estão todos em japonês, o que dificulta a compreensão.

- A zona eletrônica é diretamente afetada por problemas em outros setores (componentes não conformes, componentes faltantes (*bellow* e *mold coil*). Por isso, é preciso que a empresa também implante projetos de melhoria contínua nestes setores.

9 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste estudo possibilitou a aplicação de um projeto de melhoria contínua baseado no método *Total Productive Maintenance* com o auxílio de diversas ferramentas de qualidade como Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, método PDCA, além da utilização do método dos 5 Porquês para analisar a causa raiz dos problemas encontrados. O indicador chave utilizado no desenvolvimento deste projeto foi a Taxa de Rendimento Global, que permitiu um acompanhamento diário do desempenho das linhas, além de auxiliar nas ações de melhoria através da análise dos impactos relacionados à disponibilidade, performance e qualidade das linhas de produção.

Dessa forma, este projeto permitiu identificar os principais problemas das linhas de produção que causam perdas de produtividade e desempenho e definir sua causa raiz. E, a partir disso, encontrar soluções, planejar e implementar as ações necessárias para a eliminação do problema em questão. Em seguida, avaliar os resultados obtidos e aperfeiçoá-los.

A implementação deste projeto evidenciou desafios como a busca pela identificação da causa raiz de um problema e a proposição das soluções que não são tão evidentes num contexto real, com linhas de produção complexas inseridas em um sistema dinâmico e com grande variabilidade. Destaca-se também a resistência às

mudanças das pessoas envolvidas no projeto não só a nível operacional, mas também a nível gerencial.

Em relação aos resultados obtidos, verifica-se que a implementação deste projeto garantiu uma melhora expressiva no desempenho das linhas. Foi possível elevar os índices TRG em mais de 13% para a linha TICO 1, alcançar um aumento de 8,9% para a linha TICO 3, além de obter um ganho de quase 20% para a linha SDPS 1. As linhas TICO 2 também apresentou melhoria significativas, mas sofreu impactos na disponibilidade da produção devido à falta de um dos principais componentes utilizados na montagem da válvula. Além disso, a linha SDPS 2 também foi afetada durante todo o projeto pela falha de duas máquinas críticas do processo de fabricação.

Sendo assim, este trabalho contribui para aqueles que buscam compreender como funciona um projeto de melhoria contínua na prática e quais são as principais etapas para implementá-lo. Além disso, o estudo também elucida o cotidiano de um engenheiro de produção numa fábrica e quais são os principais desafios enfrentados.

REFERÊNCIAS

Arquivo da Empresa X.

ALMEANAZEL, O.T.R. (2010), "Total productive maintenance review and overall equipment effectiveness measurement", Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering (JJMIE), Vol. 4 No. 4, pp. 517-522.

ANDRADE, F.F.D. O método de melhorias PDCA. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica - EP: São Paulo, 2003.

BARBIER, R. A pesquisa-ação. Trad. Lucie Didio. Brasília: Liber Livro, 2002.

BESSANT, J.; CAFFYN, S.; GILBERT, J.; HARDING R; WEBB, S. Rediscovering continuous improvement. Technovation. v. 14, n. 1, p. 17-29, 1994.

BESSANT, J., CAFFYN, S.; GALLAGHER, M. An evolutionary model of continuous improvement behaviour. Technovation. v. 21, n. 1, p. 67-77, 2001.

BUFFERNE, Jean. « Le guide de la TPM: Total Productive Maintenance » 2 éditon. Paris : Eyrolles, 2011, 282 p.

CAMPOS, V.F. Gerenciamento pelas diretrizes. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

CAMPOS, V. F. Qualidade Total: Padronização de Empresas. Brasil: INDG, 2004.

CCFA. Comité des Constructeurs Français d'Automobiles. (2019). L'industrie automobile française: analyse et statistiques 2019. Disponível em: <https://ccfa.fr/wp-content/uploads/2019/09/ccfa-2019-fr-web-v2.pdf>. Acesso em: 07, agosto 2021.

CCFA. Comité des Constructeurs Français d'Automobiles. (2020). L'industrie automobile française: analyse et statistiques 2020. Disponível em: <<https://ccfa.fr/edition-2020/>>. Acesso em: 07, agosto 2021.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES – CTE. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: SindusCon-SP, 1994.

CHARDONNET, André; THIBAUDON, Dominique. PDCA et performance durable : 60 fiches pratiques de mise en œuvre . 2e édition revue et augmentée. Paris: Eyrolles, 2014. Print.

Forlogic. DIAGRAMA DE PARETO. Ferramentas de Qualidade, 2016. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/diagrama-de-pareto/>>. Acesso em: 25, outubro 2021.

HOHMANN, Christian. Les huit piliers de la TPM. Christian Hohmann, 2020. Disponível sur : <<http://christian.hohmann.free.fr/index.php/portail-maintenance-productive/les-basiques-de-la-maintenance-productive/234-les-huit-piliers-de-la-tpm>>.

IMAI, M. Kaizen: the key to japan's competitive success. McGraw-Hill, 1986.

JURAN, J. M. Managerial breakthrough. New York: McGrawHill, 1995.

Lasnier, Gilles. Le lean-manufacturing. La revue des sciences de gestion. (2007): 99–107.

MARQUES, José Carlos et al. Ferramentas da Qualidade. Universidade da Madeira, 2012. Disponível em: <http://www.mccpconsultoria.com.br/wp-content/uploads/arquivos/downloads/11-Ferramentas_da_Qualidade.pdf>. Acesso em: 25, outubro 2021.

OICA. Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. (2019). 2019 Production Statistics. Disponível em: <<https://www.oica.net/category/production-statistics/2019-statistics/>>. Acesso em: 07, agosto 2021.

QUINQUIOLO, J.M. Avaliação da eficácia de um sistema de gerenciamento para melhorias implantado na área de carroceria de uma linha de produção automotiva. 107f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Universidade de Taubaté –UNITAU, Taubaté, 2002.

RIGONI. Análise de causas- 5 porquês, por que não 6? (2010). Disponível em: <<http://www.totalqualidade.com.br/2010/01/analise-de-causas-cinco-porques-porque%20%20.html>> Acesso em: 27, outubro 2021

RODRIGUES, Marcus Vinicius. Ações para Qualidade, Gestão Integrada para Qualidade. Rio de Janeiro. Editora: Qualitymark. 2006.

SAEGER, Ariane; FEYS, Brigitte. Le diagramme d'Ishikawa et les liens de cause à effet : comment remonter à la source d'un problème? . 50Minutes, 2015.

SHINGO S. Poka-yoke: Improving product quality by preventing defects. Nikkan Kogyo Shimbun/Factory Magazine, (Ed.). Portland, Oregon: Productivity Press, 1988.

SANCHEZ-RUIZ, L.; GOMEZ-LOPEZ, R; BLANCO, B. (2020), "Barriers to effectively implementing continuous improvement in Spanish firms", Total Quality Management and Business Excellence, Routledge, Vol. 31 No. 13–14, pp. 1409–1426.

SINGH, J.; SINGH, H. (2013), "Continuous Improvement Strategies: An Overview", IUP Journal of Operations Management, Vol. 12 No. 1, pp. 32–57.

SLACK N. et al., Administração da Produção. São Paulo, Brasil. Editora Atlas S.A. 1997.

SLACK, N.; CHAMBER, S. e JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2002.

SILVA, S. B. et al. Diagrama de Pareto: verificação da ferramenta de qualidade por patentes. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 11., 2019, São Cristóvão, SE. Anais [...]. São Cristóvão, SE, 2019. p. 234-243.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. « TPM / MPT – Manutenção Produtiva Total » 1^ª edição. São Paulo: Instituto IMAN, 1993, 322 p.

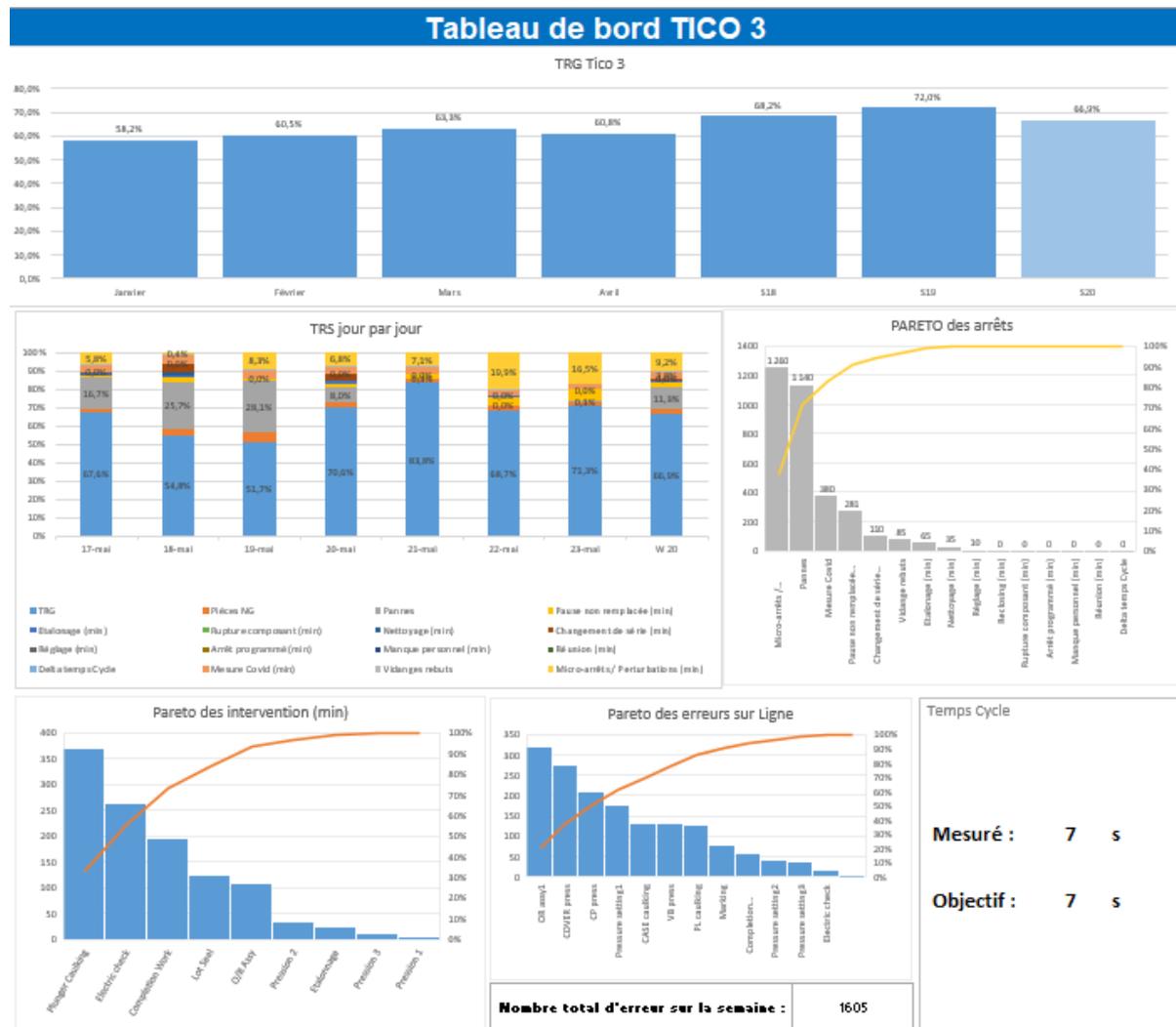
THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez, 2009.

WILLMOTT, Peter ; MCCARTHY, Dennis. « TPM a route to world-class performance » 2^ª edição. Oxford ; Boston : Butterworth-Heinemann, 2001, 265 p.

WANG, Yunliang. "Mine Management System Based on PDCA Cycle." AIP Conference Proceedings. Vol. 1890. N.p., 2017.

Yen-Tsang, C., Csillag, J. M., Siegler, J. (2012). Theory of reasoned action for continuous improvement capabilities: a behavioral approach. RAE-Revista de Administração de Empresas, 52(5), 546-564.

Anexo 3 – TRG semanal de uma linha



Anexo 4 – Tabela com os resultados da véspera de uma linha de produção

				17-juin		ACTIONS (18/06)	
	Matin	Midi	Nuit	TOTAL	TRG (%)		
TICO 2							
Résultat	2040	2750	2800	7590	72,9%	CP Press : affichage pour signaler aux OP de faire un retour à l'usinage si le PP-tray est endommagé : Revoir Fdl	
Objectif 85%	2949	2949	2949			VB Press : relancer demande et voir délai avec M. LOSSON par rapport à solution proposée pour les PP-tray de VB	
Ecart	-909	-199	-149			Cover : régler le bol	
Micro-arrêts	CP Press : chuck up/down, VB Press: chuck up/down et O/R Assy: O/R A transfer + FL chuck up/down					Cover : régler le bol	
Pannes	CP Press: chuck up/down (2h30)	CP Press: chuck up/down (20min)		Crash Plunger Caulking : sensibiliser les OP à l'importance de vérifier la tête d'emmanchement en cas de panne "tête d'emmanchement" avant de redémarrer la machine; Contrôler les supports			
Pressions			P1: valve leak; P4 : warm-up				
Autres	Covers bloquant dans le bol	P2 : à l'arrêt 1h		O/R Assy : interv sur les pinces : O/R A transfert fault + FL chuck up/down			

Anexo 5 – Recorte de um plano de ação

Amélioration du TRS zone électronique TICO										JUN		
Ligne	Machine	Problème	Action	Info GMAK	Pilote	Date début	Date fin	PDC	Remarques	Légende		
										○ Sans action	● Plan	● Check
										● Do	● Act	
Tico 1	Plunger Caulking	taux de rebut length check No élevé	Démontage du cache (touche de mesure)		Maint	11-jun	15-jun	●				
Tico 1	P4	taux rebut valve leak élevé	Intervention		Maint	11-jun	11-jun	●				
Tico 1	O/R Assy	sif paillet passé à l'élevé	Vérifier le programme et capteurs		Maint	11-jun	22-jun	●	à surveiller			
Tico 1	O/R Assy	maatrine passe pas			Maint	21-jun	22-jun	●	à surveiller			
Tico 1	P4	Chang série trop long	Observation, présence support technique lors du prochain chargement -> ressortir la Feil de chang de série et mettre un temps sur chaque opération		Luita	17-jun	18-jun	●				
Tico 1	P4	S'arrête sans défaut toute seule au niveau de la pince après le contrôle camera sans défaut	Mettre la camera en place pour identifier le problème		Luita	16-jun	16-jun	●				
Tico 1	Case Caulking	Pb au niveau des stoppers: nouvelles palettes avec semelle blanche mise dans la machine alors que palette NOK	Tri		Luita	17-jun	17-jun	●				
Tico 1		connecteur hoisting SOL error -> pièces qui passent sans être vérifiées	Remettre en état		Luita	21-jun	21-jun	●				
Tico 1		Beaucoup de panne lié aux PP-trays endommagés	Identifier l'origine du pb sur electric check Relancer demande et voir délai avec M. LOSSON par rapport à solution proposée pour les PP-tray de VB		Maint	17-jun		○				
Tico 2	Electric check	Les covers n'avancent pas dans le bol	régler le bol		Maint	18-jun	18-jun	○				

Anexo 6 – Planejamento para limpeza das linhas

Planning Nettoyage des Lignes TICO et SDPS

- Le nettoyage doit être fait aux jours de la semaine et horaires définis pour chaque ligne par l'OP de la ligne et les deux Jockers présents.
- Il faut remplir et suivre les consignes décrits sur « CHECK-LIST CONTRÔLE PROPRETE LIGNE »
- Les jours et horaires définis pour chaque ligne:

Ligne	Jour	Horaire
TICO 1	Lundi	14h00
DPS		14h30
TICO 2	Mardi	14h00
TICO 3	Mercredi	14h00
SDPS 1	Jeudi	14h00
SDPS 2	Vendredi	14h00

