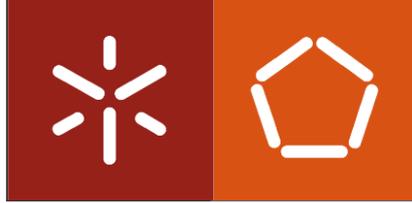




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Yhagor dos Santos Cesar

**Aplicação de técnicas do sistema
Toyota de produção para a melhoria
de performance de um departamento
de soldadura**



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Yhagor dos Santos Cesar

Aplicação de técnicas do sistema Toyota de produção para a melhoria de performance de um departamento de soldadura

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Industrial
Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva Sousa

Outubro de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



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

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Senhor Jesus Cristo por ter me dado a oportunidade de desenvolver este projeto e de sempre guiar os meus caminhos e me fazer passar pelas tribulações com a honra e orgulho de sempre tê-lo ao meu lado.

A minha mãe por sempre ter confiado que um dia eu me tornaria um filho digno e por ter me dado a estrutura e ensinamentos que formaram a base do meu caráter.

A minha esposa e filhas por entenderem e me apoiarem nos momentos em que eu não pude estar presente pelo fato de eu estar trabalhando ou me dedicando aos meus estudos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rui Sousa pelo aconselhamento e ensinamentos necessários para que fosse possível o desenvolvimento de minha dissertação.

Ao Mestre Vicente pelo suporte na execução do projeto e análises realizadas.

Ao Engenheiro Francisco Neto pelo suporte na execução do projeto e análises realizadas.

A Administradora Janaina Felix pela revisão e controle das ações e resultados obtidos com a implementação deste projeto.

Para finalizar, agradeço a todos que de certa forma contribuíram para a conclusão deste projeto.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Aplicação de técnicas do sistema Toyota de produção para a melhoria de performance de um departamento de soldadura

RESUMO

Em função da alta competitividade do mercado brasileiro de motocicletas, diversas empresas do setor utilizam os conceitos do *Lean Manufacturing* como alicerce, em busca de se produzir mais, com a utilização de cada vez menos recursos. A partir destas premissas, esta investigação, que foi executada dentro de um departamento de soldadura de uma fábrica japonesa de motocicletas, tem como objetivo a melhoria da performance do departamento, por meio do aumento dos índices de seus indicadores principais: de entrega de produto acabado (meta $\geq 85\%$), e do indicador de *Overall Equipment Effectiveness* (meta $\geq 85\%$). O motivo dessa intervenção, se dá em razão do desempenho insuficiente (abaixo da meta) do departamento, nos primeiros meses do ano de 2022, em média, respectivamente: 77,67% e 71,33%. Inicialmente, foi realizada a análise dos indicadores citados, onde seguiu-se com o esmiúço de dados, com a utilização do Gráfico de Pareto, para cada aspecto que necessitou de mais detalhe. Em sequência, utilizou-se as ferramentas, *Brainstorming*, Diagrama de Ishikawa, Análise de valor, e 5 Porquês, com objetivo de se prover e organizar ações para tratamento dos problemas encontrados. Após analisados vários aspectos de performance do processo de soldadura, a conclusão que se chega é que tanto o *layout* das linhas de fabricação do tanque, quanto a metodologia utilizada para ensinar os colaboradores do processo, apresentam pontos falhos que acabam por gerar desperdícios, e por conseguinte, o baixo desempenho. Na fase de desenvolvimento e implementação das melhorias planejadas, utilizou-se as ferramentas 5W2H e A3 Report. As ações foram implementadas com base em planejamento e de acordo com os problemas que foram identificados na fase de diagnóstico. Como resultados, esta investigação atendeu ao objetivo geral, com o melhoramento do departamento de soldadura. Através do alcance das metas dos indicadores de entrega de produto acabado (alcançado 86%), e do indicador de *Overall Equipment Effectiveness* (alcançado 88%). Pontuam-se como resultados adicionais de melhoria, a redução no tempo de *setup*, a eliminação de 4 mão de obra, e o estabelecimento de uma nova metodologia de treinamento para o departamento de soldadura.

PALAVRAS-CHAVE: Desperdícios, *Lean Manufacturing*, Melhoria Contínua.

ABSTRACT

Due to the high competitiveness of the Brazilian motorcycle market, several companies in the sector use the concepts of Lean Manufacturing as a foundation, in search of producing more, using less and less resources. Based on these premises, this investigation, which was carried out within a welding department of a Japanese motorcycle factory, aims to improve the department's performance, by increasing the indexes of its main indicators: delivery of finished product (target $\geq 85\%$), and the Overall Equipment Effectiveness indicator (target $\geq 85\%$). The reason for this intervention is due to the department's insufficient performance (below target) in the first months of 2022, on average, respectively: 77.67% and 71.33%. Initially, the analysis of the indicators was carried out, followed by the analysis of data, using the Pareto Chart, for each aspect that required more detail. In sequence, the tools, Brainstorming, Ishikawa Diagram, Value Analysis, and 5 Whys were used, in order to provide and organize actions to deal with the problems found. After analysing various aspects of the performance of the welding process, the conclusion reached is that both the layout of the tank manufacturing lines, as well as the methodology used to teach the collaborators of the process, present flaws that end up generating waste, and therefore low performance. In the development and implementation phase of the planned improvements, the 5W2H and A3 Report tools were used. The actions were implemented based on planning and in accordance with the problems that were identified in the diagnosis phase. As a result, this investigation met the general objective, with the improvement of the welding department. By achieving the goals of the finished product delivery indicators (achieved 86%), and the Overall Equipment Effectiveness indicator (achieved 88%). Additional improvement results include the reduction in setup time, the elimination of 4 manpower, and the establishment of a new training methodology for the welding department.

KEYWORDS: Continuous Improvement, Lean Manufacturing, Waste.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Organização da dissertação.....	5
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1 O Sistema Toyota de Produção (TPS).....	7
2.2 Evolução do TPS para o <i>Lean Manufacturing</i>	8
2.3 <i>Muda, Muri e Mura</i>	8
2.3.1 <i>Muda</i>	9
2.3.2 <i>Muri</i>	10
2.3.3 <i>Mura</i>	10
2.4 Produzindo com processos <i>Lean</i>	10
2.4.1 <i>Just-In-Time (JIT)</i>	11
2.4.2 Nivelamento (<i>Heijunka</i>).....	11
2.4.3 Sistemas Puxados (<i>Pull System</i>).....	12
2.4.4 Autonomiação (<i>Jidoka</i>).....	13
2.4.5 Dispositivos anti-erro (<i>poka yoke</i>).....	14
2.4.6 <i>Single Minute Exchange Die (SMED)</i>	14
2.5 Gerenciamento de processos <i>Lean</i>	16
2.5.1 <i>Hoshin Kanri</i>	17
2.5.2 <i>Key Performance Indicator (KPI)</i>	17

2.5.3	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE).....	18
2.5.4	Gestão visual	19
2.6	Manutenção de processos <i>Lean</i>	20
2.6.1	O 5S	20
2.6.2	<i>Training Within Industry</i> (TWI)	21
2.6.3	Trabalho normalizado (<i>Standard Work</i>).....	22
2.7	Melhoramentos de processos <i>Lean</i> (<i>Kaizen</i>)	22
2.7.1	Relatório A3.....	23
2.7.2	Ciclo <i>Plan-Do-Check-Act</i> (PDCA)	24
2.8	Aplicação do TPS em investigações similares.....	25
2.8.1	Tema de Investigação 1: Implementação de uma rotina de trabalho padrão utilizando ferramentas <i>Lean Manufacturing</i>	26
2.8.2	Tema de Investigação 2: Implantação de linha de fluxo de peça única em empresa automotiva.....	26
2.8.3	Tema de Investigação 3: Implementação de ferramentas <i>Lean Manufacturing</i> na indústria metalúrgica.....	27
2.8.4	Tema de Investigação 4: Implementação de um sistema puxado em um sistema de produção de polímeros	27
2.8.5	Síntese das investigações similares.....	28
3.	Apresentação da Empresa	29
3.1	O Polo Industrial de Manaus (PIM).....	29
3.2	O Polo de Duas Rodas.....	31
3.3	A empresa e seu posicionamento estratégico.....	31
3.4	Estrutura organizacional do departamento de soldadura	33
4.	Diagnóstico do processo produtivo	35
4.1	Fluxo de produção do departamento de soldadura	35
4.2	Situação atual	38
4.2.1	Análise do indicador de entrega	38
4.2.2	Análise do indicador OEE.....	39
4.2.3	Análise de fatores do OEE.....	40

4.2.4	Sincronização	48
4.2.5	Tempo ciclo.....	49
4.2.6	Pesquisa operacional sobre método de treinamento.....	50
4.2.7	Estoque.....	51
4.3	Tratamento dos problemas identificados.....	52
4.3.1	<i>Brainstorming</i>	53
4.3.2	Diagrama de Ishikawa	54
4.3.3	O 5 Porquês.....	55
4.4	<i>O Layout</i> atual.....	55
4.5	Método de treinamento	56
4.6	Síntese da situação atual.....	57
5.	Desenvolvimento e implementação das propostas de melhoria	58
5.1	O Plano de implementação de melhorias (5W2H)	58
5.2	Propostas de novo <i>layout</i>	58
5.3	Metodologia de treinamento	60
5.4	Ações para a melhoria do <i>setup</i>	62
5.4.1	Máquina rotativa.....	62
5.4.2	Teste de estanqueidade.....	63
5.4.3	Prensa hidráulica.....	64
5.5	Ações para a melhoria da qualidade	65
6.	Resultados.....	68
6.1	Indicador de entrega	68
6.2	Indicador de OEE	69
6.3	Resultados adicionais	69
6.3.1	Sincronização do fluxo de fabricação.....	69
6.3.2	Tempo ciclo após a mudança	70
7.	Conclusões.....	73
7.1	Considerações finais	73
7.2	Trabalhos futuros	74

Referências Bibliográficas	75
APÊNDICES.....	78
APÊNDICE 1 – FERRAMENTA 5 PORQUES APLICADA AO PROJETO DE INVESTIGAÇÃO	78
APÊNDICE 2 – PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS (5W2H).....	79
APÊNDICE 3 – FERRAMENTA RELATÓRIO A3 APLICADA AO PROJETO DE INVESTIGAÇÃO	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Modelo de investigação adotado. Adaptado de Coutinho et al., 2009.	3
Figura 2- Analogia de etapas de implementação de Kaizen.....	4
Figura 3- As seis grandes perdas do OEE. Adaptado de Muchiri & Pintelon (2008).....	19
Figura 4- Distrito Industrial I e Distrito Industrial II. Polo Industrial de Manaus. (Google Earth, 2022)..	30
Figura 5- Selo do Polo Industrial de Manaus (PIM). Retirado de SUFRAMA, 2017.....	30
Figura 6- Organograma Geral do Departamento de Soldadura	33
Figura 7- Layout do departamento de soldadura.....	36
Figura 8- Fluxo das etapas do processo de fabricação	37
Figura 9- indicador de entrega do departamento de soldadura.....	39
Figura 10- Indicador de OEE do departamento de soldadura	40
Figura 11- Desmembramento dos fatores do OEE	41
Figura 12- Análise de valor do processo de soldadura do tanque de combustível	42
Figura 13- Análise de Pareto de atividades sem valor no processo.....	43
Figura 14- Análise de Pareto das atividades de setup da linha de soldadura do tanque de combustível	43
Figura 15- Análise de Pareto dos defeitos identificados no departamento de soldadura	45
Figura 16- Estratificação de defeitos por linha de fabricação.....	45
Figura 17- Estratificação de defeitos por modelo fabricado	46
Figura 18- Estratificação de defeitos do processo de soldadura do tanque	46
Figura 19- Detalhamento da análise de valor do departamento de soldadura	48
Figura 20- Layout do estado de sincronização entre os processos atual	49
Figura 21- Fluxograma de pesquisa operacional interna	50
Figura 22- Amostragem do estoque do departamento de soldadura.....	51
Figura 23- Análise de volume de estoque dos departamentos de soldadura, pintura e montagem	52
Figura 24- Brainstorming realizado pelos colaboradores do departamento de soldadura	54
Figura 25- Possíveis causas da produção dessincronizada e instável (diagrama de Ishikawa)	54
Figura 26- Propostas de Layout para departamento de soldadura do tanque.....	59
Figura 27- Desmembramento de um processo com TWI	61
Figura 28- Diagnóstico de situação. Etapa de Máquina Rotativa	62
Figura 29- Detalhamento da área de contato.....	63

Figura 30- Diagnóstico da situação. Etapa de teste de estanqueidade	64
Figura 31- Diagnóstico da situação. Etapa de prensa hidráulica	64
Figura 32- Mesa de apoio, setup da prensa hidráulica	65
Figura 33- Instrução de pontos de atenção da soldadura do tanque.....	67
Figura 34- Resultado no indicador de entrega do departamento de soldadura	68
Figura 35- Resultado no indicador de OEE do departamento de soldadura	69
Figura 36- Sincronização do fluxo de fabricação	70
Figura 37- Antes vs depois da máquina rotativa.....	71
Figura 38- Antes vs depois do teste de estanqueidade	72
Figura 39- Antes vs depois da prensa hidráulica	72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Técnicas do SMED. Adaptado de Shingo (1985).....	16
Tabela 2- Tempos despendido em Setups de Máquinas do Processo.....	44
Tabela 3- Tempo de Ciclo da Situação Atual do Processo.	50
Tabela 4- Relação de problemas identificados	53
Tabela 5- Análise Panorâmica do Layout Atual	56
Tabela 6- Comparação entre o layout atual, e as propostas 1 e 2	60
Tabela 7- Síntese Comparativa de Tempos de Ciclo.....	70
Tabela 8- Síntese de Benefícios Adicionais Alcançados	71

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

JI - *Job Instruction*

JIT - *Just in Time*

JM - *Job Method*

JR - *Job Relations*

KPI - *Key Performance Indicator*

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

PDCA - *Plan, Do, Check & Act*

SMED - *Single Minute Exchange Die*

TPS - *Toyota Production System*

TWI - *Training Within Industry*

VSM - *Value Stream Mapping*

WIP - *Work in Process*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o enquadramento do projeto e a motivação para a realização, os objetivos propostos, a metodologia de investigação utilizada e, por último, sobre a estrutura ao qual este trabalho está organizado.

1.1 Enquadramento

O segmento de motocicletas no Brasil é composto por aproximadamente 10 (dez) fabricantes que concorrem entre si. Apesar de o mercado, praticamente, ser dominado por uma única empresa, que detém aproximadamente 78% do *Market Share*, todas as demais compartilham do mesmo espírito de inovação, melhoria contínua e busca incessante da eliminação de defeitos.

Neste contexto, a empresa objeto deste projeto, realiza trabalhos internos com o objetivo de aumentar o valor agregado dos seus produtos e de melhorar a sua participação no mercado nacional de motocicletas tornando-se mais competitiva.

Como é típico das empresas japonesas, na empresa objeto deste projeto, estão altamente difundidos os conceitos do TPS, que de acordo com Ohno (1988), tem como princípio a eliminação de desperdícios e o de *Lean Manufacturing*, que segundo Womack *et al.* (1990), é a evolução do TPS. Para a elaboração deste trabalho, a proposta é, em termos gerais, identificar e avaliar o motivo dos desperdícios que estão resultando em um desempenho abaixo do esperado da linha de soldadura do tanque de combustível. Para isso, fatores como a sincronização, o indicador OEE, demais indicadores de desempenho e análises de valor dentro do processo, serão fundamentais para a definição, desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria.

A ideia deste projeto é de demonstrar, na prática, a metodologia e técnicas de resolução de problemas de uma empresa japonesa que tem como base produtiva os princípios do TPS. No momento de início de análise do problema do departamento de soldadura do tanque de combustível, o departamento apresenta problemas de sincronização dentro das suas linhas de produção, assim como não consegue atender as metas de OEE (definidas para o processo). Outro ponto que cabe ressaltar, é que atualmente, em função dos problemas encontrados dentro do departamento, para cumprir com a entrega (para o cliente), são realizadas horas-extras. E o departamento também mantém um elevado estoque de produto acabado com o objetivo de não parar a linha de montagem da empresa. Em função destes problemas, se fez necessário uma intervenção no processo para que ele fique de acordo com as metas da empresa.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste projeto de investigação é melhorar o desempenho de um departamento de soldadura, de uma empresa do ramo de motocicletas. Com especial foco na linha referente ao tanque de combustível (identificada, através de análises, como a mais problemática).

Ao que tange objetivos específicos, tomou-se como base o padrão métrico adotado pela empresa (comum a todos departamentos produtivos). Partindo disso, desdobram-se os objetivos específicos em metas operacionais estratégicas. Assim, no final do projeto, espera-se atender aos seguintes valores:

- a) Indicador de entrega: maior ou igual a 85%, e;
- b) OEE: maior ou igual a 85%.

1.3 Metodologia de investigação

Neste trabalho será aplicada a metodologia de “investigação-ação” que é apresentada na obra de Coutinho *et al.* (2009). Esta metodologia, gera um terreno propício para a investigação de problemas, com um diferencial importante e a reflexão gerada após a análise da situação atual traz benefícios não só no âmbito de resolução de problemas, mas também para a realização de alterações nas ações atuais com os objetivos de serem melhoradas. O trabalho em questão tem como objetivo um estudo de caso que visa investigar as causas dos problemas existentes ao mesmo tempo em que define ações para a eliminação deles, de uma forma estruturada e analítica. Todo o contexto é baseado em pesquisa experimentada através do uso de ferramentas difundidas no contexto de aplicações do TPS.

A pesquisa é uma atividade que possui regras próprias e consiste de um procedimento organizado, orientado e sistemático que permite a descoberta de indícios ou evidências de determinada área de conhecimento (Luz *et al.*, 2012). Portanto, a pesquisa baseada na metodologia de investigação-ação é a mais competente ao favorecimento de mudanças seja nos profissionais ou nas instituições (Coutinho *et al.*, 2009).

Segundo Koche (2011), o conhecimento científico é alcançado pelo homem através da racionalidade. E deste modo, o homem utiliza o conhecimento científico para evitar que seja apenas uma testemunha dos fenômenos que ocorrem ao seu redor. Considerando também, a ineficácia de explicação de fenômenos através de conhecimentos existentes. Portanto, a investigação científica se inicia, seja em função de uma dúvida que se encontra sem resposta, ou através do fato de se ter o entendimento de que o conhecimento atual sobre determinado problema não é suficiente para resolvê-lo.

Nesse contexto, para a realização da investigação, existem vários métodos que podem funcionar como base lógica para a resolução do problema ou resposta para a questão que se precisa responder, o método é, portanto, o caminho pela qual o pensamento será conduzido (Provdanov & Freitas, 2013).

Nesta dissertação, principalmente, será utilizado o método do tipo “experimental” pelo fato de que o objeto de estudo será submetido a variáveis experimentais, em situações controladas, para que se possa observar qual será o resultado produzido.

O modelo do processo metodológico que será utilizado nesta dissertação, é baseado (figura 1) no modelo de Whitehead (Coutinho *et al.*, 2009). Optou-se por este modelo, em virtude de se parecer, em parte, com o modelo aplicado na técnica de PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), já muito difundida em empresas japonesas.

No modelo de Whitehead, três perguntas cruciais são necessárias ser colocadas em todas as circunstâncias. Como primeira pergunta deve ser analisado o “o que está sendo feito”? Na segunda, é preciso verificar “o que é preciso que seja melhorado”? Como terceira pergunta, temos a necessidade de identificar “como isto pode ser melhorado”? Dessa forma, o enfoque do projeto fica concentrado na necessidade e vontade de aplicar as mudanças, assim como fica claro o motivo e o meio com o qual a mudança será realizada.

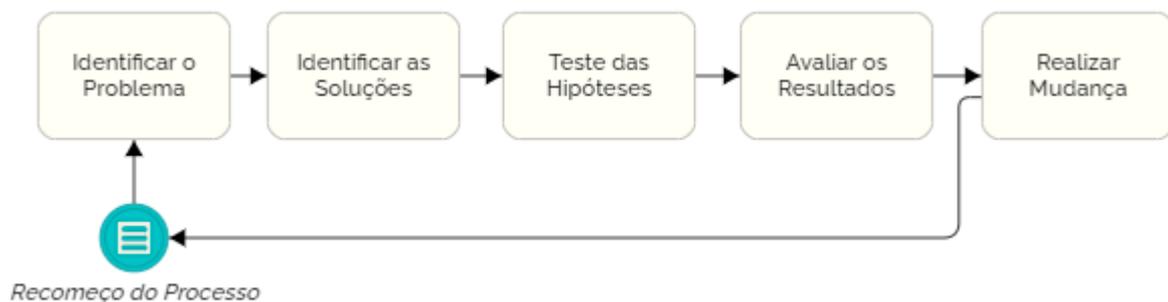


Figura 1- Modelo de investigação adotado. Adaptado de Coutinho *et al.*, 2009.

Conforme modelo descrito acima, a primeira etapa a ser realizada é “identificar o problema”. Neste momento, informações como, plano de produção, indicadores de qualidade, indicadores de atendimento de produção, entre outros, são fundamentais para que se possa realizar um diagnóstico preciso sobre a condição atual da empresa. De modo a comparar com o resultado que deveria ser o ideal. Nesta etapa, serão analisados: o “Fluxo do processo”, o indicador de “OEE”, e os Indicadores de entrega. Será realizada uma análise de valor teórico para avaliação dos desperdícios existentes no processo. Neste ponto, o foco é avaliar quais aspectos estão divergindo do desempenho estabelecido e isolar a causa raiz

dos problemas, através do uso de ferramentas do *Lean*. Tais ferramentas, também servirão de base para a definição das ações que serão utilizadas para o melhoramento do desempenho do departamento.

Na segunda etapa, para “identificar as soluções”, serão utilizadas técnicas e ferramentas de *Lean*, com o objetivo de que o melhoramento seja implementado na sua totalidade visando todos os *inputs* e *outputs* do processo em questão. Nesta etapa, o princípio de *Kaizen* será utilizado visando a implementação de ações que alcancem o melhoramento do processo como um todo, para atingimento de um objetivo final, conforme demonstrado na figura 2.

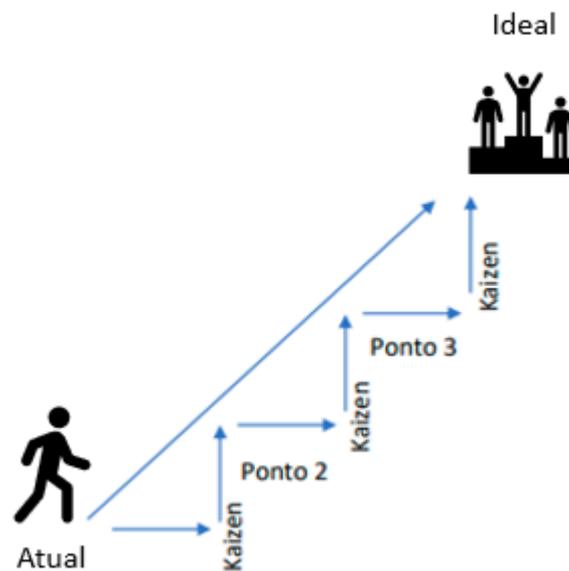


Figura 2- Analogia de etapas de implementação de Kaizen

Na terceira etapa, para o “teste de hipóteses”, todas as possibilidades de propostas que podem ser testadas, antes das modificações do processo, serão aplicadas. Podendo ser, em linha de produção ou através de simulação. Esta definição pode variar, dependendo do caso que se está sendo analisado. Esta etapa é caracterizada pelos *tryouts* (testes), onde são gerados relatórios de engenharia, de processo e de qualidade referente ao produto. Todas as hipóteses testadas precisam levar em consideração os efeitos relacionados aos 4M's (Método, Máquina, Mão-de-obra e Material) do processo.

Na quarta etapa, todos os resultados obtidos através dos *tryouts* realizados serão compilados e apresentados para uma banca interna, que, dependendo da magnitude da proposta do projeto, pode ser composta por chefes, gerentes ou diretores da empresa. A apresentação é realizada em um ambiente interno na fábrica, onde após uma ampla discussão é decidido sobre o “Go - no Go” (continua – não continua) do projeto. Este ponto é crucial para a continuação de todo e qualquer projeto que se queira implantar na empresa. Pois, caso não seja aprovado no crivo de análise de gestores estratégicos, o

projeto simplesmente precisa ser reestruturado ou revisto, para posterior reanálise. Ou seja, se não for aprovado, não pode ser implantado. No entanto, ao que remete a este projeto de pesquisa, houve aprovação unânime na reunião, sem restrições de execução nesta etapa.

Na quinta etapa, após a decisão de continuar com o projeto, as propostas aprovadas serão implementadas. Por conseguinte, ocorrerá o evento chamado de “validação”. Desta vez, fora da sala de reuniões. Isto é, no *Gemba* (chão de fábrica). Para aumentar o contato dos *Stakeholders* (partes interessadas), e possibilitar a avaliação das mudanças *in loco*. Há um segundo crivo de análise, para que mais uma vez, os gestores estratégicos possam dar seu parecer para a finalização do projeto.

Após a fase de validação do projeto, de acordo com o definido pela equipe de qualidade, o comportamento dos pontos alterados será monitorado por um período pré-determinado. E assim, o projeto tem aval para ser executado. De mesmo modo, ao que remete a este projeto de pesquisa, houve novamente aprovação unânime na validação, sem restrições de execução.

1.4 Organização da dissertação

Este projeto de dissertação está dividido em sete capítulos, organizados conforme estrutura apresentada nos parágrafos subsequentes.

No primeiro capítulo é possível entender sobre o tema deste projeto de dissertação, assim como os objetivos almejados com a sua implantação. Seguindo uma linha de raciocínio, também são apresentadas a metodologia de investigação que será utilizada neste projeto, e a estrutura da dissertação para tornar a leitura mais agradável e fácil de compreender.

No segundo capítulo, apresenta-se a revisão bibliográfica que embasa os conceitos e técnicas de *Lean*, utilizados neste projeto de dissertação sobre a melhoria de desempenho do departamento de soldadura. Neste capítulo, será realizada uma revisão breve sobre as principais ferramentas de *Lean* utilizadas nos processos da indústria do segmento duas rodas.

No terceiro capítulo, apresenta-se de forma discreta (por motivos de confidencialidade), tanto a empresa, quanto o seu sistema produtivo. O objetivo deste capítulo é de familiarizar o leitor quanto ao contexto, e tipo de produto e processos nos quais os conceitos de TPS estão sendo aplicados.

O quarto capítulo apresenta uma análise e o consequente diagnóstico, referente ao departamento de soldadura. Com o objetivo de identificar os problemas que afetam o departamento de soldadura. Aqui,

serão utilizadas ferramentas de diagnóstico, baseadas nas técnicas de *Lean Manufacturing*. Ainda neste capítulo, serão apresentados, de forma cronológica, os motivos e fatos que antecederam a mudança.

O quinto capítulo, discorre sobre o desenvolvimento e implementação das ações de melhoria, e irá apresentar, novamente, o uso de ferramentas do *Lean*. Porém, nesta etapa do projeto, as ferramentas terão o objetivo de desenvolver melhorias frente aos problemas que foram identificados no capítulo anterior.

O sexto capítulo será utilizado para, além de resumir e apresentar os resultados obtidos com a implementação das propostas, fazer um comparativo entre o “antes vs depois”, do projeto de melhoria do departamento de soldadura.

O sétimo capítulo apresenta as conclusões e considerações finais sobre o projeto, assim como as dificuldades encontradas no projeto e sugestões de trabalhos futuros.

Após o último capítulo, apresentam-se as referências de obras consultadas e lidas, para embasar este trabalho. E por fim, os apêndices.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será realizado o enquadramento teórico da proposta de dissertação, que terá como foco principal a descrição das principais ferramentas do *Lean Manufacturing*, aplicadas por empresas japonesas, para a realização, gerenciamento e melhoramento de um processo produtivo. Por concordância cultural e convencionalidade, os conceitos dispostos possuem ligação ao segmento de duas rodas, e às organizações com gestão de cunho japonês.

2.1 O Sistema Toyota de Produção (TPS)

Ao visitar fábricas do mundo que trabalhavam com conceito de produção em massa, Taiichi Ohno (gerente da empresa Toyota) identificou que os métodos produtivos possuíam diversos tipos de desperdícios que poderiam ser eliminados. E que além do operador ser o único que realmente agregava valor ao produto, ele ainda poderia fazer atividades que antes eram de responsabilidade do especialista (Womack *et al.*, 1990).

Ao retornar para a Toyota, Ohno iniciou os testes com os quais começou a tirar importantes conclusões que mais tarde, viriam a moldar o *Toyota Production System* (Sistema Toyota de Produção) ou TPS. Melhoria contínua e incremental, fazer a pergunta do “por que” a cada camada de problemas e autorizar os operadores a parar a linha em caso de problemas, são exemplos destas conclusões (Womack *et al.*, 1990).

O TPS é um sistema que foi desenhado para buscar o que há de melhor em termos de métodos para a realização de mudanças (Stewart, 2011). Tal afirmação vai de encontro aos estudos de Liker (2004), que remete que “a força do TPS vem do incessante investimento nas pessoas e da prática da melhoria contínua”.

O foco no chão de fábrica é um princípio essencial no TPS, pois lá é mostrado qual é a real prioridade da empresa e onde podem ser encontradas diversas oportunidades de melhoramento escondidas entre os mais variados desperdícios (Ledbetter, 2018). Porém, caso não haja o engajamento da liderança da empresa, em prol da eliminação dos desperdícios e das mudanças e inovações que serão necessárias para o melhoramento do processo, todos os esforços podem ser em vão, e os objetivos nunca serão alcançados. Quando a liderança se mostra disposta a mudar e está comprometida com a filosofia da empresa, os demais colaboradores entendem que essa mudança faz parte da cultura da empresa e entendem a importância disso, o que facilita a disseminação da cultura de eliminação de desperdícios.

De acordo com Ohno (1988), existem 7 desperdícios dentro dos processos de produção. São eles: Produção em Excesso (superprodução), Espera, Processamento Desnecessário (sobrep processamento), Estoque, Transporte, Movimentação e Correção (retrabalho ou defeito). Outrossim, quando se trata de desperdícios dentro do processo fabril, os dados colhidos dentro dos processos revelam muito a respeito de um problema. No entanto, os fatos que estão relacionados a sua ocorrência são ainda mais importantes. Uma vez que, podem levar à causa raiz do problema. Evitando, assim, que as ações tomadas para eliminação, sejam superficiais ao ponto de permitir uma reincidência.

2.2 Evolução do TPS para o *Lean Manufacturing*

De acordo com Womack *et al.* (1990) os precursores da sistemática do *Lean Manufacturing* foram Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, que trabalhavam na *Toyota Motor Company* no período após a segunda guerra mundial e todas as empresas que primeiro dominaram esta técnica se encontravam no Japão. O TPS é a base do conceito de *Lean* que passou a ser mais amplamente difundido a partir dos anos 90 (Liker, 2004).

Conforme Tošanovi'c & Štefani'c (2022) o *Lean* é uma evolução do TPS e uma das maiores metodologias para a implantação da melhoria contínua. Produzir com o conceito de *Lean* se resume em misturar e se utilizar o melhor dentre os conceitos de “produção para se produzir um produto único” com o de “produção em massa”. No primeiro, o processo produtivo requer muita habilidade humana e um alto custo de fabricação. E no último, a habilidade humana não necessita ser elevada, enquanto que os equipamentos utilizados no processo tem um objetivo único, e a tendência deste tipo de processo é a produção em altos volumes (Womack *et al.*, 1990). Neste contexto, entende-se que o poder dos sistemas de *Lean* é que ele traz os problemas e desperdícios à tona e faz com que as pessoas pensem em como eliminá-los para evitar que os processos parem (Liker & Meier, 2006).

2.3 *Muda, Muri e Mura*

Dentro do contexto de produção enxuta, e segundo Kato & Smalley (2011), nem todo o trabalho realizado gera valor agregado. E tudo que não é valor tem que ser eliminado, ou reduzido ao mínimo possível. Segundo Liker (2004), o termo *Muda* é a palavra japonesa que se traduz como desperdício e é o foco do *Lean Manufacturing*. Porém, outras duas palavras, como *Muri* (sobrecarga), e *Mura* (desbalanceamento) também possuem conceitos importantes, passíveis de compreensão. De modo geral, tanto *Muda*, quanto *Muri* e *Mura*, devem ser eliminados para que o sistema se complete e possa assim, gerar resultados.

2.3.1 Muda

Para o *Lean*, o *Muda* é considerado como atividades que não agregam valor ao produto, e nele estão inclusos sete tipos de desperdícios (Gao & Low, 2014). A precisão para determinar o tipo exato do desperdício é fundamental para se determinar a ação a ser tomada para que se possa eliminá-lo do processo de fabricação. Segundo Ohno (1988), e Stewart (2011), dentro do *Lean Manufacturing* são elencados 7 desperdícios, abaixo listados:

- 1- **Sobreprodução:** Ocorre quando se produz uma quantidade superior à necessária, ou mesmo, quando se produz antes do necessário.
- 2- **Espera:** Ocorre quando os colaboradores e/ou máquinas tem que esperar (falta de material, informação, ou desarranjo do tempo de ciclo, e outros). Deste modo, um processo tende a produzir a mais ou a menos do que outros, causando gargalos produtivos e conseqüentemente a espera se torna um desperdício.
- 3- **Super processamento:** É caracterizado por realizar mais processos do que o necessário em um produto, como quando se realiza operações de acabamento em partes que não são visíveis ao cliente final.
- 4- **Estoque:** É caracterizado pelo alto nível dos estoques de produto acabado, matéria-prima para processamento ou até mesmo peças aguardando processamento dentro do processo produtivo.
- 5- **Transporte:** Este desperdício é caracterizado pela movimentação, que não gera valor, de um produto entre estações de trabalho causando um prolongamento do tempo ciclo de processamento do produto devido ao tempo gasto com o manuseio. Quando identificado em produtos já acabados, este desperdício tende a gerar aumento nos custos com transporte e logística interna ou externa.
- 6- **Movimentação:** Quando o colaborador do processo produtivo precisa procurar ferramentas, em virtude da falta de 5S. Ou mesmo, quando precisa tirar uma dúvida com o líder, em virtude da falta de treinamento. Entre outros.
- 7- **Defeito:** Quando existe a necessidade de se realizar retrabalho em peças em função de problemas de qualidade. Os defeitos podem ser gerados por falhas no projeto, matéria-prima ou no processamento do produto.

De todos os desperdícios, a superprodução foi classificada como sendo a pior de todas, pois, causa a perda financeira, de tempo, de espaço, esperas, transportes desnecessários, movimentações

desnecessárias e aumento de inventário na fábrica (Chiarini, 2013). Além disso, significa produzir sem ter cliente para o produto. Outro ponto que vale ressaltar é que a superprodução pode fazer com que defeitos fiquem escondidos por mais tempo dentro de lotes ainda não finalizados ou entregues para o próximo processo.

Para o TPS, e dentro do contexto desse projeto de investigação, esses são os desperdícios que deverão ser identificados nos processos, e por conseguinte, que deverão ser estudados, e posteriormente, eliminados.

2.3.2 *Muri*

Em uma tradução literal, a palavra *Muri* significa “impossível”. No entanto, dentro da cultura *Lean*, pode ser interpretado como “sobrecarregado”. Esta sobrecarga se dá através do excesso de trabalho, em determinado posto. Podendo ser por diversos fatores, como: problemas de qualidade ou problemas de máquina que causam a necessidade de se fazer algo além do que o previamente planejado para o processo, causando o desperdício. Segundo Stewart (2011), a eliminação do *Muri* de dentro do processo produtivo faz que a produção possa fluir de uma forma consistente. E, faz com que o colaborador somente realize o esforço necessário para a fabricação do produto.

2.3.3 *Mura*

Na manufatura, o desbalanceamento pode ser gerado nos processos. Segundo Gao & Low, (2014) o *Mura* é identificado como sendo o momento em que colaboradores ou máquinas trabalham em um ritmo superior ou inferior quando se comparados com os demais. Em contrapartida, no *Mura*, o bom balanceamento de um processo ou volume de produção proporciona a possibilidade de se trabalhar com um mix variado de produtos.

2.4 Produzindo com processos *Lean*

Para Puchkova *et al.* (2015) existem vários pontos de mudanças que as empresas precisam gerenciar ou controlar, em função da necessidade de redução de custos e desperdícios que acompanham a melhoria contínua. Para que a mudança ocorra de forma sistêmica e duradoura é preciso que as técnicas utilizadas sejam fundamentadas e utilizadas de acordo com padrões já testados e aprovados cientificamente. Neste contexto, as subsecções a seguir visam apresentar as ferramentas de *Lean Manufacturing* que embasam a forma de produção da empresa objeto deste trabalho de investigação.

2.4.1 *Just-In-Time* (JIT)

Conforme Liker (2004), a força do JIT (*Just in time*) vem da resposta rápida que pode ser dada em caso de mudanças bruscas na demanda, que era o que a Toyota mais precisava quando criou o JIT. O conceito tem como regra realizar a produção de itens na hora e na quantidade em que podem ser considerados vendidos (Monden, 2012). Para Obara & Wilburn (2012), na Toyota, um ponto crucial entre todas as etapas de manufatura é a necessidade que cada processo tem de ser eficiente e efetivo, caso contrário, o método do JIT pode falhar em sua implementação prática. O objetivo principal do JIT é que a entrega do produto demandado seja feita no período mais curto possível, na hora necessária e na quantidade que é necessária fazendo assim, o sistema de produção puxada funcionar. Dentro da cadeia de produção da Toyota, cada processo é fornecedor do processo subsequente que é, conseqüentemente, cliente do processo anterior, dessa forma e com o conceito de produção puxada, demandas específicas dos clientes podem ser atendidas em tempo hábil, dentro do planejamento, e seguindo as premissas de produção puxada.

Para as empresas que desejam obter o JIT em seus processos é necessária a padronização e estabilidade das quantidades de peças que são demandadas diariamente, para que, além de se obter uma produção que flua suave e continuamente, possa se obter uma redução no *lead time* de produção (Monden, 2012). Neste caso a estabilidade pode, também, ser obtida através da sincronização tanto dos departamentos de uma empresa quanto dos processos dentro de um departamento. A sincronização é fundamental para que o JIT seja aplicado a um processo produtivo.

Quando adotada por toda a cadeia produtiva, a redução do *lead time* traz benefícios como: a) Curto período para implementar demandas no processo produtivo em caso de mudanças específicas no produto; b) A facilidade em se adaptar as mudanças minimiza os impactos no produto acabado em caso de alteração da demanda; c) Minimização do WIP (*Work in Process*); d) Quando um modelo muda, a quantidade de peças obsoletas no estoque é minimizada (Monden, 2012).

2.4.2 Nivelamento (*Heijunka*)

Segundo Liker (2004), o *Heijunka* é a base para o funcionamento de uma produção puxada e para se conseguir reduzir o tamanho do estoque em toda a cadeia produtiva. O nivelamento produtivo parte do conceito de que se precisa obter uma uniformidade do volume produzido. Isso se dá, através de uma programação cíclica de produção que se estende, por consequência, até a entrega de todos os elementos necessários para a realização do processo produtivo. O nivelamento e uniformidade do fluxo produtivo viabilizam a utilização do *Just in time* dentro do processo produtivo (Balabuch, 2017). Conforme Singh

& Kumar (2021), além de favorecer o uso do *Just in time*, o uso do *Heijunka* auxilia na eliminação do desperdício classificado como super produção. Esta afirmação vai de encontro ao estudo de Liker (2004), que reafirma que o uso do *Heijunka* faz com que a produção diária tenha uma variação mínima, favorecendo a produção e a entrega de produtos para o cliente.

De forma conclusiva, e a luz do trabalho dos autores Korytkowski *et al.* (2013), o *Heijunka* melhora o desempenho operacional de um processo. Proporcionando assim, o nivelamento produtivo de um cliente, que adota o conceito de produção puxada, que outrora possuía uma produção desnivelada.

2.4.3 Sistemas Puxados (*Pull System*)

Conforme Chiarini (2013), *Pull System* (sistema puxado ou sistema de produção puxada), é um sistema que tem como conceito produzir, desde o início do processo, somente a quantidade que será utilizada no fim do processo. Esta quantidade deverá ser definida previamente pelo cliente. Ou seja, só deve haver produção, se houver demanda. De acordo com Aartsengel & Kurtoglu (2013), adotar o conceito de *Pull System* em um sistema produtivo significa entender que todo processo de fabricação é considerado um cliente do processo anterior, que neste caso se torna um fornecedor. Tal definição vai se encontro ao trabalho de Filho *et al.* (2006), que remete que usar o *Pull System* significa que o fornecedor somente irá produzir quando houver uma demanda. Consoante a Monden (2012), que afirma que o volume da demanda de produtos que serão produzidos é equivalente a quantidade que foi retirada pelo cliente.

Conforme García-Alcaraz *et al.* (2022), existem diversas formas para fazer com que um processo produtivo utilize o *Pull System* como conceito. Mas, dada a dificuldade em se definir a forma ideal, isto faz com que o *Pull System* seja um princípio difícil de se adotar. Dentro dos processos produtivos, quando aplicadas as técnicas de balanceamento do tempo ciclo e *poka yoke* (anti-erro), o sistema de produção puxado tende a ajudar na prevenção de fabricação de altos volumes de defeitos. Pois, ao mesmo tempo em que o processo posterior somente começa quando o anterior libera o produto, o produto somente é montado se aprovado pelo *poka yoke* do processo.

Para Morgan & Liker (2006), outro ponto importante do *Pull System*, é que ele colabora com a eliminação do desperdício caracterizada como super produção. Para eliminar desperdícios e para que uma produção ocorra de maneira suave utilizando o *Pull* é necessário que todos os processos sigam o seu tempo ciclo. Para que isto se torne possível, tanto o balanceamento quanto a sincronização dos processos precisa estar em harmonia e seguindo o mesmo passo. Deste modo, utilizar um fluxo contínuo dentro do processo produtivo significa que em cada processo, somente passará uma peça por vez e dentro do tempo especificado para aquela operação (Monden, 2012).

Conforme Liker & Meier (2006), processar um produto de uma maneira contínua dentro do processo produtivo com um tempo de espera reduzido entre os processos e com uma mínima distância física entre eles vai fazer com que o produto seja produzido com uma alta eficiência. Na Toyota, para sincronizar os processos produtivos, o conceito do *One-Piece Flow* (uma peça um fluxo ou fluxo contínuo de produção) é utilizado, separando as peças por famílias e criando linhas de fluxo para os produtos (Morgan & Liker, 2006). Com o *One-Piece Flow*, o objetivo da Toyota é de reduzir o tamanho dos lotes entre os processos produtivos. Esta técnica costuma estar aliada ao conceito de *Pull System*, cujo objetivo é a minimização do uso de recursos como: máquinas, mão de obra, matéria prima, espaço, entre outros (Obara & Wilburn, 2012). De forma conclusiva, e à luz do trabalho de Costa (2021), para o funcionamento e implementação do JIT, em um processo produtivo, é fundamental que este processo utilize o conceito de *Pull System*.

2.4.4 Autonomiação (*Jidoka*)

O *Jidoka*, ou autonomiação, é considerado por diversos autores de obras *Lean* como sendo o segundo pilar do TPS. Segundo Liker (2004), um ponto crucial do *Lean* é o de fabricar certo na primeira vez. Com o uso e aplicação do conceito *Jidoka*, quando uma peça defeituosa é identificada, é possível que o processo seja interrompido de duas maneiras: a máquina interrompe o processo automaticamente ou o próprio colaborador pode parar a linha de produção (Mccarthy & Rich, 2015). Isto ajuda a evitar que peças não conformes sejam entregues para o processo seguinte.

De acordo com Marksberry (2012), com o *Jidoka*, as linhas de produção podem ser paradas em caso de problemas de máquinas, de qualidade ou de atraso em relação ao atendimento do tempo ciclo do processo. Peças defeituosas ou máquinas problemáticas fazem com que existam casos em que colaboradores de determinados processos precisem observar a execução do processo mesmo quando a máquina está a operar automaticamente. De acordo com Hoeft (2010), Sakishi Toyoda (fundador da Toyota) entendia que o fato de o colaborador poder realizar outras atividades, enquanto uma máquina realizava uma tarefa de forma automática, era libertador. Este conceito vai de encontro as definições de Monden (2012), ao afirmar que a separação entre processos manuais e automáticos em conjunto com a aplicação do conceito do *Jidoka* viabiliza a implementação e execução de processos com colaboradores que trabalham com multitarefas.

2.4.5 Dispositivos anti-erro (*poka yoke*)

Apesar de existirem diversas formas de se garantir a qualidade de um produto dentro de um processo produtivo, a vantagem do uso do *poka yoke* é que, quando bem projetado, permite que o processo flua suavemente sem a necessidade de monitoramento por parte do colaborador. Também conhecido como dispositivo anti-erro, o *poka yoke* é amplamente utilizado em processos que têm como base os conceitos do *Lean Manufacturing*.

Segundo Liker (2004), cada dispositivo *poka yoke* é desenvolvido unicamente de acordo com a aplicação que terá dentro do processo produtivo, e, de acordo com o seu conceito, precisa assegurar que o dispositivo elimine praticamente toda a possibilidade de o colaborador cometer um erro no momento da manufatura. Tais conceitos concernem a Balabuch (2017), ao determinar que o objetivo dos dispositivos desta natureza, é o de eliminar erros, auxiliar na montagem de peças e mitigar a ocorrência de problemas dentro do processo produtivo.

Não obstante, para Liker & Meier (2006), apesar de haverem inúmeras razões para a geração de erros, o conceito do *poka yoke* leva em consideração que as pessoas não os cometem por vontade própria, mas sim em função do método determinado para o processo permitir que isso seja possível. Deste modo, o uso de um dispositivo anti-erro dentro do processo produtivo pode impedir a geração de erros operacionais como: esquecimento de peças, pular a sequência produtiva, colocar peças diferentes ou colocar peças em posições diferentes.

De acordo com Bouazza *et al.* (2021), em todas as empresas do departamento automotivo é possível identificar o uso de pelo menos uma ferramenta de *Lean*. E a vantagem do uso do *poka yoke* é de que além de possibilitar uma fácil visualização dos resultados oriundos de sua implementação o investimento necessário para a implantação do *poka yoke* dentro do processo produtivo é baixo.

De maneira conclusiva, e à luz do trabalho de Singh & Kumar (2021), utilizar dispositivos *poka yoke* pode evitar que o problema aconteça. E deste modo, proporcionar ganhos para a empresa, com base no fato de não serem necessárias ações de contenção, ou mesmo correção, após o ocorrido. Tendo em vista, que, conforme o uso, a falha não é concebida.

2.4.6 *Single Minute Exchange Die* (SMED)

A ferramenta SMED, também conhecida como método de troca rápida de ferramentas, é uma técnica do *Lean* que tem como objetivo reduzir intervalos entre as trocas de ferramental dentro de um processo produtivo. Foi criada por Shigeo Shingo (Engenheiro da Toyota), com a versatilidade de poder ser aplicada

em qualquer equipamento que precisa sofrer uma mudança, que pode ser relacionada a ferramenta, material ou produto (Liker & Meier2006).

Segundo Shingo (1985), o SMED é considerado um método eficaz para que seja possível alcançar o JIT no processo produtivo. Pois flexibiliza o processo, e permite uma resposta rápida frente às flutuações de demanda da produção. Tal afirmação, vai de encontro ao trabalho de Obara & Wilburn (2012), que remete que a SMED foi criada em virtude da necessidade de eliminação de tempo sem valor agregado, que era gerado em função do elevado número de horas que eram desperdiçadas para realizar as trocas de ferramentas dos processos de estampagem. Ainda para os autores, o tempo elevado de troca de ferramentas pode levar a vários desperdícios dentro de um processo produtivo como:

- A necessidade se produzir lotes cada vez maiores para compensar o tempo que se levará com a máquina parada para a realização da troca;
- Como consequência da produção de lotes maiores o estoque dos produtos tende a ser maior;
- Geração de superprodução dentro de processos específicos dentro de uma linha de produção, com o objetivo de não parar a linha por falta de material;
- Geração de defeitos em larga escala caso haja superprodução em um processo que há controle de qualidade, e;
- Geração de elevado tempo de espera quando não haver a superprodução.

Para Ledbetter (2018), o SMED também pode ser usado em sistemas de produção puxada ou empurrada. Porém, em sistemas puxados é extremamente necessário que se possa realizar trocas rápidas de ferramentas devido a necessidade de flexibilidade que o sistema requer. Para o autor, a metodologia é muito importante para estabelecimento e aplicação da técnica do *Heijunka* dentro de um processo produtivo. Descreve ainda que a aplicação deve seguir alguns passos, são eles:

- I. De acordo com todas as tarefas que serão realizadas na troca, deve se definir quais podem ser realizadas externamente (fora do equipamento) e quais devem ser realizadas internamente (na máquina, enquanto está parada);
- II. Para as atividades que são realizadas internamente, realizar plano para que sejam feitas externamente (quanto menor o número de atividades realizadas internamente melhor), e;
- III. Reduzir atividades externas e internas.

Apesar do retorno, e dos benefícios que o SMED proporciona ao processo produtivo, ao invés de focar na redução dos tamanhos dos lotes, algo que pode trazer ainda mais ganhos, algumas empresas utilizam o tempo reduzido para aumentar o volume produzido gerando novos desperdícios (Liker & Meier, 2006). Outrossim, os benefícios da SMED devem ser utilizados de forma racional e estratégica, em prol de se agregar mais ganhos à organização.

De acordo com as diretrizes de Shingo (1985), para cada um dos três estágios necessários para a aplicação do SMED dentro de um processo produtivo, existem técnicas específicas, que são aplicadas para se garantir que o objetivo da operação seja alcançado, conforme observado na tabela 1, abaixo:

Tabela 1- Técnicas do SMED. Adaptado de Shingo (1985)

Estágio	Operação	Técnicas
Estágio 1	Separar <i>setup</i> interno do <i>setup</i> externo	Uso de <i>check list</i> , Confirmar as condições dos itens do <i>check list</i> antes de executar a tarefa, e; Melhoria no transporte de ferramentas.
Estágio 2	Converter <i>setup</i> interno em <i>setup</i> externo	Preparar com antecedência, e; Padronização de itens de fixação, equipamentos e ferramentas;
Estágio 3	Simplificar as atividades de <i>setup</i> (interno + externo)	Eliminar a necessidade de ajustes; Melhoramento no armazenamento e transporte de equipamentos e ferramentas, e; Melhorar o método de fixação;

2.5 Gerenciamento de processos *Lean*

De acordo com Alkhoraif *et al.* (2019), uma forma firme de gerenciamento e o alinhamento com as diretrizes da empresa são necessários para que se consiga implementar o *Lean*. Empresas que compartilham desta filosofia estão sempre em busca de otimizações não só dos processos de fabricação, mas também das atividades que são referentes ao gerenciamento dos processos produtivos.

Deste modo, os métodos atuais de planejamento de operações precisam ser melhorados, de forma que o planejamento estratégico assegure a vantagem competitiva do negócio. Segundo Korytkowski *et al.* (2013), o gerenciamento estratégico *Lean* se inicia no planejamento das diretrizes da empresa e vai até a definição das ferramentas que serão utilizadas para monitorar o desenvolvimento das atividades dos processos. Estas etapas serão brevemente descritas nas subsecções seguintes deste trabalho.

2.5.1 *Hoshin Kanri*

Dentro de empresas japonesas é muito comum utilizar o termo “diretrizes” quando se busca definir o caminho que se deseja seguir para alcançar um objetivo, que pode ser específico ou múltiplo. Para o desdobramento das diretrizes das empresas, e para que todos os funcionários saibam como podem contribuir com o atingimento do plano estratégico, é utilizada a ferramenta do *Hoshin Kanri* (desdobramento da política ou metas). De acordo com Liker (2004), o desdobramento estratégico ocorre em todos os níveis da empresa de cima para baixo em cascata.

Para Monden (2012), usar o *Hoshin Kanri* significa criar divisões nas metas estratégicas corporativas para que todo nível hierárquico possua metas. Segundo Morgan & Liker (2006), a prática tem como objetivo alcançar, através de metas específicas e atingíveis, o entendimento e suporte de todo o grupo para que se possa entregar valor ao cliente final. Pois, a partir do desdobramento das metas, todos os departamentos detêm o conhecimento dos pontos que precisam ser melhorados ou dos resultados que precisam ser alcançados. É comum, dentro de empresas japonesas, que o planejamento dos departamentos, para o atingimento das metas, seja compartilhado com a alta administração, e até mesmo com outros departamentos. Este princípio vai de encontro às definições dos autores McCarthy & Rich (2015) sobre o tema, ao destacarem que o uso do *Hoshin Kanri*, é uma forma de traçar um curso em direção ao objetivo que se deseja alcançar.

2.5.2 *Key Performance Indicator* (KPI)

De acordo com Ledbetter (2018), para a medição dos resultados do plano de objetivos estratégicos anteriormente destacados, são utilizados os KPI. Cujo uso segue as seguintes regras:

- Devem estar sob o controle do responsável direto do objetivo;
- Devem levar ao comportamento desejado e não induzir a tomadas de decisões prejudiciais para o negócio;
- Devem mostrar a diferença entre a situação atual e o que se deseja, e;
- Devem estar alinhados com os objetivos da empresa e somente deve ser medido aquilo que realmente é importante e não tudo.

Como exemplos de KPI, citam-se: o indicador de OEE, indicadores de entrega e indicadores de fabricação. O uso de KPI permite aos gestores entender sobre o desenvolvimento das atividades que

estão sendo executadas e a desenvolver novas metas para aquelas que precisam ser melhoradas (Varisco *et al.*, 2018).

Para Lindberg *et al.* (2015) os KPI são importantes para a medição do desempenho de uma empresa e podem monitorar um equipamento, processo ou um departamento por completo, dando informações para que se possa determinar qual o local que precisa ser melhorado. Tal definição vai de encontro ao trabalho de Ferreira *et al.* (2022), que afirma que tais indicadores são utilizados para quantificar a performance da organização, em relação a um objetivo estratégico. E fornece informações para que possam ser realizadas as atividades de melhoria contínua para eliminar atividades que não agregam valor ao produto.

2.5.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O OEE, traduzido como “Eficiência Geral de Máquinas”, é uma métrica muito conhecida na indústria e utilizada para medir o desempenho de máquinas ou processos produtivos. Pequenas ou grandes melhorias assim como decisões estratégicas podem ser tomadas com base na análise de dados do OEE de um processo produtivo. Os autores Gupta & Vardhan (2016), destacam que o OEE é uma poderosa ferramenta de controle que proporciona o alcance da efetividade máxima de um equipamento.

Porém, de acordo com Aminuddin *et al.* (2016), é preciso ter o entendimento correto de cada um dos fatores que compõe a métrica do OEE. Em relação ao resultado do OEE de um processo produtivo, ele é conhecido quando multiplicamos a taxa de eficiência de três fatores dentro do processo produtivo, são eles: (Q) qualidade do produto x (D) disponibilidade do equipamento x (P) performance do processo.

Em relação aos três fatores, segue a explicação da forma de cálculo adotada pela organização:

- Fator de qualidade é obtida através da seguinte fórmula: $(\text{Quantidade de peças aprovadas} / \text{Quantidade de peças produzidas}) * 100\%$.
- Fator de disponibilidade do OEE é obtida através da seguinte fórmula: $(\text{Tempo de produção real} / \text{Tempo de produção planejado}) * 100\%$.
- Fator de performance é obtida através da seguinte fórmula: $(\text{Quantidade real produzida} / \text{Quantidade de produção planejada}) * 100\%$.

Para os autores Muchiri & Pintelon (2008), existem seis grandes perdas que acontecem dentro dos três fatores do OEE e que impactam diretamente na performance de um equipamento, conforme ilustrado na figura 3, abaixo:

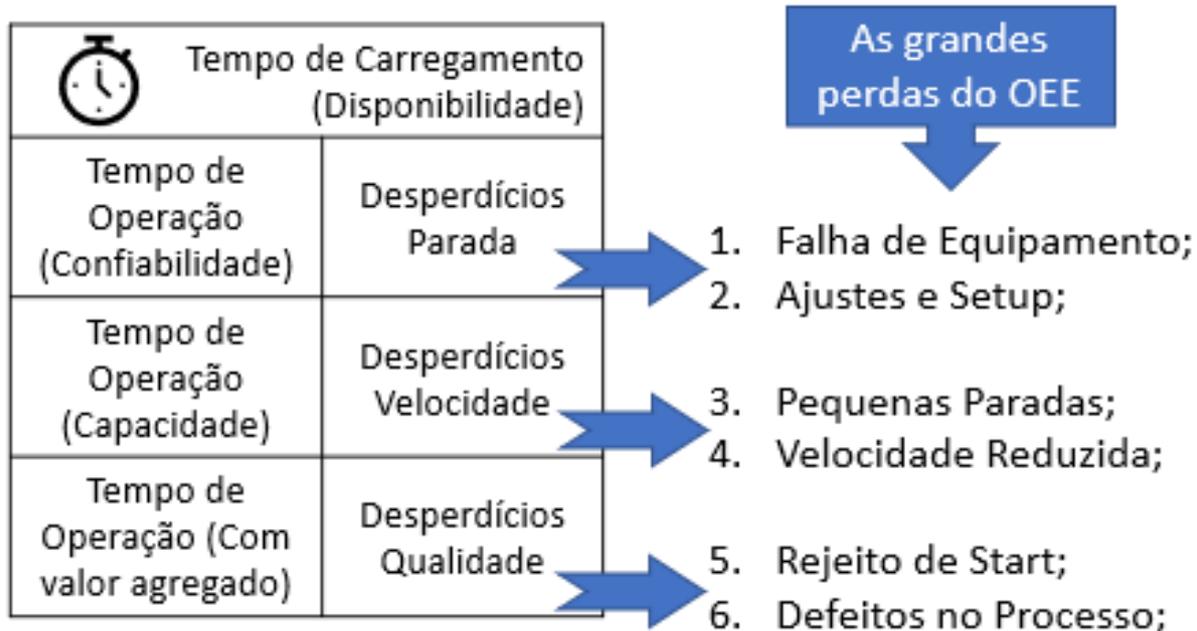


Figura 3- As seis grandes perdas do OEE. Adaptado de Muchiri & Pintelon (2008)

Para Nakajima (1988), estas seis grandes perdas são os principais obstáculos para se alcançar um bom resultado neste indicador (OEE).

2.5.4 Gestão visual

Para que se possa entender rapidamente e claramente a situação de um processo produtivo, o *Lean Manufacturing* utiliza a técnica de “controle visual” ou “gestão visual”. De acordo com Liker & Meier (2006), mesmo com a informatização, o controle visual, ainda que através de papéis, é necessário para as pessoas entenderem rapidamente se o processo está ou não com uma performance dentro do planejado. Concernente para Ohno (1988), o controle visual faz com que os problemas se tornem evidentes.

Os controles visuais podem apresentar resultados da produtividade do processo, resultados sobre a qualidade do produto ou até mesmo darem instruções de como o processo deve ser executado e de como deve ser o nível de qualidade do produto.

A gestão visual é, portanto, uma importante ferramenta *Lean* que ajuda na identificação dos desperdícios e faz com que todas as informações importantes fiquem disponíveis para todos os envolvidos (Singh & Kumar, 2021). Tratando-se de indicadores e monitoramento de performance, para Jiménez *et al.* (2016), a adoção de diferentes, ou mesmo novos KPI, podem ser adicionados a qualquer processo produtivo, desde que seja possível visualizar a sua performance atual.

2.6 Manutenção de processos *Lean*

Conforme Stewart (2011), as melhorias somente podem ser realizadas se vierem em locais estáveis e que podem ser controlados. A manutenção do *Lean*, depois de implantado, é difícil de se realizar. Pois, devido a várias barreiras, muitas empresas apresentam dificuldades em terem sucesso com o *Lean* (Araújo *et al.*, 2021). Ainda segundo estes autores, tais barreiras se encontram de diversas formas, mas, mais comumente, podem ser identificadas na forma de:

- Falta de disciplina;
- Falta de capacitação ou treinamento de pessoal, e;
- Incapacidade de se padronizar os processos e tarefas necessárias para a realização dos trabalhos dentro da empresa.

Estes três fatores, além de serem fundamentais para a implementação de um processo *Lean*, também são cruciais para garantir o funcionamento do sistema como um todo. Os três fatores serão apresentados nas subsecções seguintes.

2.6.1 O 5S

Segundo Monden (2012), o 5S é uma metodologia utilizada com objetivo de melhorar os locais de trabalho (postos, secções, ambientes, e outros), tornando-os mais organizados, funcionais, agradáveis e limpos. Em linhas gerais, os 5S significam:

- *Seiri* (utilização): relaciona-se com a capacidade de se identificar e separar tudo aquilo que é necessário do desnecessário ao trabalho;
- *Seiton* (organização ou ordenação): relaciona-se com a determinação de lugares certos para cada coisa. Ordenados conforme sua frequência de utilização e utilidade;
- *Seiso* (limpeza): relaciona-se com higienização dos locais de trabalho, e a conservação dos ambientes;
- *Seiketsu* (padronização): relaciona-se com a criação de padrões, que devem ser rotinas, e;
- *Shitsuke* (autodisciplina): relaciona-se com a disciplina exigida para que a metodologia possa ser implementada e cumprida;

O autor ainda afirma, que através da implementação desta metodologia, os níveis de qualidade de um produto podem ser aumentados ao mesmo tempo que se pode conseguir uma redução dos custos de fabricação.

Os autores Furman & MaÅyssa (2021), remetem que, entre os enormes benefícios de seguir os princípios do 5S, o desperdício relacionado ao excesso de movimentação dos colaboradores pode ser mitigado em função do alto nível de organização que pode ser alcançado com o uso do método. Esta afirmação, em particular, remete ao escopo deste projeto de investigação. Os autores Leksic *et al.* (2020) destacam que o 5S é uma das mais importantes ferramentas do *Lean*. Pois a sua implantação é esteio, ou seja, base para a introdução de uma cultura de melhoria contínua, que facilita a implementação de outras técnicas *Lean*. Tal afirmação vai de encontro ao trabalho de Aartsengel & Kurtoglu (2013), que concluíram que o 5S fornece o alicerce necessário para que o *just-in-time* (um dos pilares do TPS) possa ser introduzido em uma planta fabril.

2.6.2 *Training Within Industry* (TWI)

O TWI, traduzido como “treinamento dentro da indústria”, foi criado em 1940 com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva americana durante o período da segunda guerra mundial (Liker, 2004). No entanto, os autores Kato & Smalley (2011), afirmam que foi entre 1951 e 1953 que o programa TWI foi implementado dentro da empresa Toyota.

Para Liker & Meier (2006), ao importar para a Toyota o conhecimento relativo ao programa de TWI, inicialmente foram administrados os treinamentos de JR (*job relations* ou relações de trabalho), JI (*job instruction* ou instrução de trabalho) e o JM (*job method* ou métodos de trabalho). Porém, conforme Kato & Smalley (2011), o treinamento de TWI-JM não foi mais ministrado na Toyota alguns anos após seu início, ficando somente o TWI-JI e o TWI-JR. A importância do TWI para o processo produtivo é dada em função da forma em que a metodologia é aplicada durante e após o treinamento, pois, seja para JI, JR ou JM, a todos é apresentado o passo-a-passo que se deve seguir e a postura necessária que se deve ter de acordo com cada um dos treinamentos.

Em suma, segundo Sathiyapriya & Vivek (2013), os objetivos esperados de acordo com os módulos de treinamentos do TWI, são:

- TWI-JI: Busca da solução de problemas e operações estáveis;
- TWI-JM: Busca de melhoramentos através de uma abordagem prática, e;
- TWI-JR: Busca entendimento e resolução de problemas relacionados as pessoas.

2.6.3 Trabalho normalizado (*Standard Work*)

Segundo Liker (2004), para estabelecer uma cultura da qualidade que tem como objetivo a produção “zero defeitos” é preciso existir uma padronização dos processos produtivos. E para Alkhoraif *et al.* (2019), a padronização é um dos princípios mais básicos do *Lean*.

Neste contexto, o trabalho de Monden (2012), remete que a “padronização dos processos” está em uma cadeia de eventos que precisa ser avaliada para a solução de problemas em processos. No entanto, para Liker (2004), o conceito de “trabalho padronizado” foi adotado pelo TPS como uma prática organizacional, e é utilizada como uma forma de empoderar os colaboradores e promover a inovação dos processos.

Em resumo, a padronização dos processos é importante, pois, caso não exista, os melhoramentos dentro do processo produtivo tendem a ser comprometidos e serem vistos somente como uma variação de execução. E para que se faça um melhoramento, primeiramente deve-se praticar, em abundância, para que se consiga primeiro estabilizar o processo antes de realizar uma mudança.

Em relação às padronizações, Ohno (1988) alerta que os padrões podem ser facilmente alterados. E por isso, deve-se haver uma análise cautelosa antes de fazê-lo. Pois, em geral, existem padrões que causam a falta de flexibilidade do processo e os que fazem o processo melhorar. Tal afirmativa vai de encontro ao trabalho de Morgan & Liker (2006), que reforçam que “sem a padronização não se consegue obter a melhoria contínua em um processo”. Em linhas gerais, uma organização sem padrões tem certa dificuldade de aprender através de suas próprias experiências.

2.7 Melhoramentos de processos *Lean* (*Kaizen*)

No contexto empresarial, de cunho cultural japonês, a palavra *Kaizen* pode ser traduzida como “melhoramento” ou “melhoria contínua”. Esta cultura é baseada no princípio de mudar algo para um estado melhor do que se estava antes. Os autores Maarof & Mahmud (2016), entendem esta cultura, como um método. E remetem que a aplicação do método *Kaizen*, com o objetivo de eliminação de desperdícios, melhora a competitividade de um negócio.

Para Womack *et al.* (1990), o *Kaizen* está contido no coração do *Lean* e a prática de melhorias contínuas reduz o esforço necessário para se produzir o produto, o que conseqüentemente reduz os custos de fabricação. Ou seja, o *Kaizen*, assim como o *Lean* é movido pela busca da eficiência dos processos de manufatura e do produto.

Outrossim, o trabalho de Monden (2012) considera o *Kaizen* como uma das essências do JIT. Como visto anteriormente, o JIT é considerado um dos pilares do *Lean*. Afinal, um processo que não utiliza os conceitos de melhoria contínua, não promove a busca pela eliminação de desperdícios e dificilmente será considerado *Lean*.

De modo conclusivo, o *Kaizen* se apresenta como um dos pilares do *Lean*. Estando estes dois conceitos tão difundidos que não podem ser desassociados, quando se fala sobre melhoria de processos. Outro ponto importante, tratando-se deste assunto, é que a participação dos colaboradores é fundamental para o alcance de tais objetivos. Como visto no trabalho de Sancha *et al.* (2020) “a cultura do *Kaizen* somente pode ter sucesso através de colaboradores engajados”.

Por isso, além das avaliações de antes *vs* depois, ou ainda, o *saving*, é preciso entender o *Kaizen* como uma ferramenta imprescindível para aplicação do *Lean* e suas ferramentas, em processos de manufatura. Compreender também que esta cultura se estende dos processos aos colaboradores, de modo que todos busquem um só objetivo: a eliminação de desperdícios Ohno (2013).

2.7.1 Relatório A3

A metodologia conhecida como relatório A3 é muito conhecida em empresas *Lean*. A metodologia possui esse nome, devido ao fato de este relatório ser apresentado em uma única folha de papel, no formato A3. Consiste basicamente na apresentação de todo projeto e suas etapas, de forma condensada, e uma única folha. Este formato é muito utilizado em virtude de sua praticidade, e facilidade de compreensão das informações.

Para Liker (2004), a razão de o formato escolhido ser o A3, é em função de este ser o maior papel que conseguia ser enviado por fax, na época em que o relatório foi criado. Comumente, o relatório A3 está associado a resoluções de problemas. Porém, de acordo com os autores Morgan & Liker (2006), o relatório A3 é considerado “um método visual para comunicação e pode conter informações a respeito de propostas, análises competitivas, atualizações sobre atividades e, também, de soluções de problemas”. Os autores ainda alertam, para a cautela ao se utilizar a metodologia, pois ela requer análise cautelosa. Pois, o processo todo precisa ser condensado com base em “informações corretas”. Uma vez que, no A3 o processo de produção do relatório é mais importante do que o resultado (Morgan & Liker, 2006) (Morgan & Liker, 2006) (Morgan & Liker, 2006).

Este ponto é importante, pois, condensar informações corretas, dados principalmente, é o princípio para que todo o processo seja correto. Afinal, estes relatórios são apresentados em reuniões, e muitas vezes,

servem de base para tomada de decisão. Os autores Liker & Meier (2006), remetem que as apresentações e as decisões tomadas com base em informações claras e concisas, são atividades que estão ligadas a busca da eliminação de desperdícios. Da mesma forma, Obara & Wilburn (2012) destacam que o A3 é fundamental para empresas *Lean*. Porque ajuda na eliminação de desperdícios dentro dos processos, sendo apresentado de forma clara e fácil de se entender.

Um dos pontos fortes do A3 é a possibilidade de se conseguir resumir informações através de imagens, figuras ou gráficos ao invés de se usar palavras para tentar explicá-las, isto faz com que mesmo pessoas com diferentes níveis de compreensão sobre o tópico abordado possam entender o assunto com facilidade (Stewart, 2011).

Deste modo, com o propósito de passar informações de uma forma clara e objetiva, o A3 tem um formato básico com seis secções definidas. Estas, podem variar o espaço de cada secção assim como o conteúdo inserido nas mesmas (Liker & Meier, 2006).

Para este trabalho de investigação, o uso do relatório A3 foi baseado nos estudos de Liker & Meier (2006), encontra-se disponível como Apêndice 3, cujo formato padrão de um relatório é apresentado seguindo as seguintes secções:

- Secção 1: Título e descrição do relatório de A3;
- Secção 2: Definição e descrição do problema;
- Secção 3: Análise do problema;
- Secção 4: Plano de implementação para a resolução do problema;
- Secção 5: Resultados, e;
- Secção 6: Plano futuro.

2.7.2 Ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA)

O método do PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) está diretamente relacionado aos princípios *Lean* de melhoria contínua e pode ser aplicada tanto a produtos quanto a negócios. O núcleo conceitual da ferramenta é composto de um *mix* entre a gestão e a execução e permite que o ciclo de melhoria contínua possa ser executado como um ciclo contínuo de melhoramentos.

De acordo com Obara & Wilburn (2012), o PDCA é dividido em quatro fases, são elas:

- Planejar (*Plan*): a fase de planejamento, também é a fase de diagnóstico e identificação de problemas existentes. Com o objetivo de se definir prioridades, e identificar possíveis oportunidades. Também é o momento de se estabelecerem as metas;
- Fazer (*Do*): a fase do fazer, é o desdobramento da fase anterior. É o momento de se colocar o planejamento em execução;
- Checar (*Check*): a fase do checar, é o momento de análise dos resultados do que foi executado. Nesta fase é possível identificar os problemas, e;
- Agir (*Act*): a fase do agir, é o momento para se corrigir os problemas identificados, refazer o planejamento, e reiniciar o ciclo.

Os autores ainda afirmam que “se usado da forma correta o PDCA pode fazer com que um problema nunca mais volte a ocorrer”. Deste modo, entende-se que este método pode ser aplicado em diferentes contextos como em resolução de problemas ou desenvolvimento de novos negócios.

Porém, quando utilizado dentro de um processo produtivo, o trabalho de Marksberry (2012) destaca que o primeiro passo do PDCA a ser realizado deve ser o “Agir”. Porque existe a necessidade de entendimento da situação atual do processo. A etapa “Agir”, quando aplicada antecipadamente, consegue mostrar se o processo está a produzir conforme os padrões definidos, se a qualidade requerida está sendo atendida ou se as paradas de máquinas afetam a produtividade além do aceitável para o processo.

A análise inicial da etapa “Agir”, torna-se uma rica fonte de informações que pode levar ao sucesso das melhorias que serão propostas na fase de planejamento. Portanto, precisa ser realizada de maneira sensata e minuciosa.

No contexto deste trabalho de investigação, o método PDCA é empregado como suporte na implantação do TPS. Por sua capacidade de auxílio na eliminação de desperdícios e falhas e aumento da competitividade do negócio.

2.8 Aplicação do TPS em investigações similares

Esta subsecção é destinada a análise crítica de obras que se relacionam ao tema abordado neste projeto.

2.8.1 Tema de Investigação 1: Implementação de uma rotina de trabalho padrão utilizando ferramentas *Lean Manufacturing*

De acordo com Santos *et al.* (2021), uma empresa, do segmento industrial de máquinas agrícolas, apresenta problemas com a logística de caixas “vai e vem” que são utilizadas para a alimentação de peças para a montagem. Os problemas em questão acontecem, principalmente, em função do desbalanceamento de tempo entre as onze operações existentes no processo de alimentação de peças e da inexistência de padrões de produção para a execução das atividades.

Como solução encontrada para a resolução dos problemas citados, foram adotados conceitos do *Lean Manufacturing* como: *Value Stream Mapping* (Mapeamento do fluxo de valor) para identificar as etapas de valor dentro do processo; *Standard Work* (Padronização de trabalho) para estabelecer o método padrão de como as operações devem ser realizadas. E o balanceamento dos processos para melhorar a produtividade, eficiência e entrega. E, além das ferramentas já citadas, o *Takt Time* do cliente montagem serviu como bússola para definir qual o *target* do tempo de ciclo seria adotado para o processo em questão.

Como resultado das melhorias obtidas através da aplicação das técnicas de *Lean*, destacam-se: a eliminação de duas operações (passou de onze para nove) que juntas contabilizavam 18 horas mensais de atividades sem valor. Após a definição do *Takt Time*, em 170 minutos, as atividades foram rebalanceadas para um tempo ciclo pouco inferior ao *Takt Time* permitindo o atendimento ao cliente em tempo hábil. O treinamento operacional sobre as técnicas e mudanças realizadas no processo trouxeram um engajamento maior da equipe, e após algum tempo foi observada a eliminação de atrasos na entrega para o cliente.

2.8.2 Tema de Investigação 2: Implantação de linha de fluxo de peça única em empresa automotiva

De acordo com Ioana *et al.* (2020), um estudo realizado em uma empresa romena do ramo automotivo trouxe à tona desperdícios como produtos de baixa qualidade, estoque elevado, desperdício com tempo elevado de transporte e demora no tempo de tomada de ação, para correção ou contenção de problemas de qualidade, em função do alto *lead time* de fabricação. Os problemas foram gerados em função da utilização do sistema de produção tipo lotes, que, neste caso, tinha como objetivo extrair a maior produtividade possível dos equipamentos.

Como solução para a eliminação dos desperdícios encontrados, do *Lean*, foram aplicados os conceitos do balanceamento de processos e *One-Piece Flow*, e como suporte para a implementação destas

técnicas foram utilizadas, também de acordo com o conceito *Lean*, o VSM, a análise de tempo ciclo para que se fosse possível saber o quanto precisava ser melhorado para atender ao *Takt Time* do cliente e a capacitação dos colaboradores do processo de fabricação. Após o entendimento do processo como um todo, o sistema de produção adotado, para o novo *layout* que foi introduzido ao processo, foi o de célula tipo “U”.

Após implementadas todas as melhorias baseadas nos conceitos *Lean*, os resultados alcançados foram os seguintes: Obteve-se uma redução de aproximadamente 40 mil horas produtivas. O processo produtivo passou a ser mais flexível. Houve um aumento de 6% na produtividade. E, houve uma redução de 4500m² na área produtiva instalada. Além da redução nos desperdícios relacionados a produtos com defeito.

2.8.3 Tema de Investigação 3: Implementação de ferramentas *Lean Manufacturing* na indústria metalúrgica

De acordo com Furman & MaÅyssa (2021), foi avaliado em empresas do segmento de metalurgia da Polônia, a possibilidade de implementação de técnicas *Lean* para resolver o problema de geração de desperdícios dos processo de fabricação e para auxiliar na identificação dos “M” (*Man, Machine, Method, Material e Management*), do método de Ishikawa, correspondem os desperdícios.

Como solução para a avaliação, foram agrupadas em forma de tabela, de forma que possam se relacionar, principalmente, os seguintes itens: os sete grandes desperdícios; as técnicas *Lean* de VSM, *Kanban*, *5s*, *Standard Work* e *poka yoke*; o diagrama de Ishikawa; o impacto das perdas.

Como resultado das melhorias obtidas com o estudo de aplicação das técnicas *Lean*, foi possível sintetizar de forma clara o momento dentro do processo produtivo em que os sete grandes desperdícios são gerados, além de identificar qual a ferramenta de *Lean* que melhor se aplica para a eliminação deles.

2.8.4 Tema de Investigação 4: Implementação de um sistema puxado em um sistema de produção de polímeros

De acordo com Martins *et al.* (2021), o estado atual de uma empresa de componentes poliméricos para a indústria automobilística, que é baseado conceito de produção empurrada (*Push System*) entre os departamentos de injeção, pintura e expedição, gera desperdícios como super produção, estoque elevado de produtos acabados, e WIP (produtos em processamento) elevado e uma capacidade instalada de produção superior à demanda.

Como solução para a eliminação dos desperdícios, foi escolhida a opção de implementação do método *Lean*, chamado de *Pull System* para adequação do sistema produtivo da empresa automobilística estudada. Para viabilizar a implementação, foi utilizada a técnica de VSM para a análise de valor do processo e entendimento de quais etapas do processo poderiam ser alteradas com o objetivo de eliminação de desperdícios. No departamento de injeção, foi aplicada a técnica SMED com o objetivo de se reduzir o tempo de troca de moldes e, assim, melhorar a flexibilidade produtiva. Além disto, foram introduzidos os conceitos de balanceamento de produção e *Kanban* para a estabilização do processo produtivo.

Como resultado da melhoria implementada, através do SMED, foi obtida uma redução de 38% no tempo de troca moldes. Com o *Pull*, o WIP entre os departamentos de Injeção e Pintura foi reduzido em 56% e entre a Pintura e a Expedição em 45% e o *lead time* total passou de 2,3 dias para 1,1 dias.

2.8.5 Síntese das investigações similares

Como resultado das análises críticas das obras referenciadas nesta secção, pode se concluir que, mesmo em empresas de diferentes culturas, ramos e técnicas de fabricação, é possível se obter bons resultados através da implementação de melhoramentos fundamentados nos conceitos de *Lean Manufacturing*. E, a respeito da eliminação dos desperdícios, ficou claro, nos diversos casos analisados, que em função da identificação e eliminação deles, não só foram obtidos resultados financeiros como também melhoraram aspectos como a qualidade e a entrega dos produtos.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo será realizado uma discreta apresentação (por motivos de confidencialidade) da empresa e da unidade industrial onde é desenvolvido o estudo de caso proposto. De modo a familiarizar e contextualizar quanto à localização da empresa, o contexto em que está inserida, bem como, os produtos, processos e a estrutura interna do departamento de soldadura, objeto deste estudo.

3.1 O Polo Industrial de Manaus (PIM)

O Congresso Nacional do Brasil, no ano de 1957, aprovou o projeto de autoria do deputado amazonense Francisco da Silva, que compunha um modelo genérico para algo que se tinha por conceito ser uma “zona franca”. Por isso, após os trâmites legais, nascia em Manaus, capital do Estado do Amazonas, uma zona franca. Inicialmente em uma área demarcada de 200 hectares, era direcionada a operações relacionadas a produtos de qualquer natureza, com origem estrangeira, destinados ao consumo interno da Amazônia e países que fazem fronteira com o Brasil. A região norte do país, naquele tempo, era pouco desenvolvida. E por isso, a Zona Franca de Manaus surge como uma “salvação” de cunho desenvolvimentista, para a região (Araújo, 1985).

De fato, a estratégia foi bem sucedida e iniciou-se um processo de desenvolvimento, nunca visto, na região. No contexto histórico da América Latina, as zonas francas foram utilizadas como estratégia de acelerado crescimento, típica de países subdesenvolvidos. Esta estratégia baseava-se no conceito de industrialização orientada para exportação. Ou seja, produzir internamente, desenvolver a região, e exportar a produção. Considerando também, o contexto histórico mundial, em um mundo pós Segunda Guerra, outras cidades como Cobija na Bolívia e Leticia na Colômbia, também tiveram projetos similares implantados (Araújo, 1985).

Em resumo, a Zona Franca de Manaus (criada pela Lei nº 3.173 de 6 de junho de 1957), uma das primeiras do mundo, teve como pretensão o desenvolvimento do norte do Brasil, por meio do entreposto de mercadorias importadas. Servindo como “eixo” para exportações.

Atualmente, a Zona Franca de Manaus, ou mesmo Polo Industrial de Manaus (PIM), como também é chamada, abriga aproximadamente 447 empresas. Faz parte deste conjunto, a fabricante de motocicletas, objeto deste estudo.

O Polo Industrial na cidade de Manaus, compreende geograficamente dois distritos principais (figura 4), onde estão dispostas a maioria das empresas cadastradas, entre elas encontra-se a fabricante de moto-

cicletas, objeto deste estudo. O PIM atualmente, é um dos mais modernos centros industriais e tecnológicos da América Latina, comportando indústrias altamente desenvolvidas e tecnológicas, de diversos segmentos. Citam-se os maiores: Eletrônico, Duas Rodas, Metalúrgico e Termoplástico (SUFRAMA, 2017).



Figura 4- Distrito Industrial I e Distrito Industrial II. Polo Industrial de Manaus. (Google Earth, 2022)

Em termos financeiros, o PIM possui indicadores de faturamento e produção em crescimento. Tais dados são monitorados anualmente. Os números divulgados em 2017, reportam um faturamento anual superior a R\$ 120 bilhões. Apesar do contexto de sua criação, “a produção do PIM é direcionada majoritariamente para o mercado brasileiro, mas há uma pequena parcela (cerca de 5% anualmente) que é exportada para mercados da América Latina, Europa e Estados Unidos (SUFRAMA, 2017).

Ao que tange exportação de produtos fabricados, é obrigatório que todos os produtos fabricados no Polo Industrial de Manaus, possuam identificação (uma inserção com destaque), com as expressões “Produzido no Polo Industrial de Manaus”, e “Conheça a Amazônia”, como visto na figura 5. Essas duas frases são acompanhadas de um desenho de uma garça, uma das aves símbolo da região, em pleno voo. A obrigatoriedade abrange produtos, embalagens e manuais fabricados no PIM.



Figura 5- Selo do Polo Industrial de Manaus (PIM). Retirado de SUFRAMA, 2017.

Considerando o contexto histórico de sua criação, e o modelo proposto, considera-se que o projeto da Zona Franca de Manaus continua a cumprir o seu propósito de desenvolver a região norte do Brasil, e auxiliar o país no processo de industrialização. Pois, dados divulgados recentemente, remetem que o Polo Industrial de Manaus (PIM) fechou os três primeiros meses do ano de 2022, com faturamento de R\$ 39,5 bilhões, apresentando um crescimento de 9,62% em relação ao ano de 2021 (SUFRAMA, 2022).

3.2 O Polo de Duas Rodas

O Polo Industrial de Manaus é atualmente um dos mais modernos centros industriais e tecnológicos da América Latina. Esse polo comporta indústrias altamente desenvolvidas e tecnológicas, de diversos segmentos, como visto anteriormente. No entanto, para recorte deste estudo, destaca-se o Polo de Duas Rodas.

O Polo de Duas Rodas destaca-se por ser o segundo em maior faturamento e geração de empregos, depois do segmento Eletrônico. Os produtos fabricados que fazem parte deste recorte, são: patinetes, bicicletas, bicicletas elétricas, motonetas e motocicletas (produto objeto deste estudo).

Em termos financeiros, no primeiro trimestre de 2022, o polo de Duas Rodas teve faturamento de R\$ 5,63 bilhões. Estes valores, expressam um crescimento de 48,12%, em relação ao ano passado. Entre os principais produtos fabricados neste primeiro semestre, destacam-se as motocicletas (SUFRAMA, 2022).

3.3 A empresa e seu posicionamento estratégico

A empresa referida, objeto deste estudo, surgiu no Japão, na década de 1950. Após o advento das primeiras motocicletas já serem produzidas, e de se existir aproximadamente mais de 100 fabricantes do mesmo produto (concorrentes diretos), naquele país. O mercado altamente competitivo, motivou seu fundador a querer projetar e construir as melhores motos, baseado nos preceitos de qualidade e inovação, visando melhor satisfazer o cliente. Buscando assim, posições de liderança, em competições esportivas, o aprimoramento dos produtos ofertados, e conquistando seu espaço no mercado.

Atualmente, a empresa está presente em cerca de 200 países, e sua fabricação não é limitada somente às motocicletas. E sim, em uma vasta gama de soluções, em frentes diferentes, são ofertadas: quadriciclos, motos para neve, carros de golfe, bicicletas elétricas, piscinas, geradores, dentre outros.

No Brasil, a empresa chegou no início da década de 1970, sendo a primeira fabricante do segmento no país. A organização, assim como outras, segue o modelo misto: estando sua estrutura administrativa situada em Guarulhos, em São Paulo. E sua estrutura fabril localizada em Manaus. Em toda estrutura, somam-se 3000 colaboradores diretos. Em Manaus, a empresa possui aproximadamente 2000 colaboradores e sua planta fabril conta com um total de 14 galpões e uma área de quase 450.000 m². Sendo composta por diversos departamentos, entre eles: Almoxarifado, Estamparia, Ferramentaria, Manutenção, Soldadura, Pintura, Motor de popa, Usinagem, Fundição, Montagem, Embalagem, Expedição, Garantia da Qualidade, Engenharia de Produto, Engenharia Industrial, Suprimentos, Financeiro, Recursos Humanos e Logística.

A fábrica em Manaus, localizada no coração da Amazônia, busca o menor impacto ambiental na fabricação de seus produtos. É de salutar que a organização detém certificação nas normas ISO 9001, 14001 e 18001. Deste modo, diversas iniciativas de sustentabilidade são empregadas, como o projeto Aterro Zero.

Em termos estratégicos, a principal missão da empresa é criar um sentimento de profunda satisfação e felicidade ao cliente. Uma experiência similar, de quando as pessoas experimentam algo de valor excepcional. De modo a assegurar que seus produtos e serviços realmente emocionem, impressionem e toquem o coração dos clientes. Não apenas momentaneamente, e sim, sempre.

A empresa trabalha com base em três ideias que constituem a sua “Filosofia Corporativa”, são elas:

- “Missão Corporativa”, que é a principal identidade, valores, objetivos e objetivos visionários;
- “Princípios de Gestão”, que são os princípios orientadores da gestão para alcançar nossa missão corporativa, e;
- “Diretrizes de Ação”, que são as diretrizes que cada indivíduo deve seguir para realizar nossa missão corporativa.

Em termos de futuro, a empresa possui uma visão bem simples e direta: ser a número um em satisfação do cliente. Obviamente, para ser reconhecida como marca de excelência, deve-se produzir produtos em processos com produção estável, sincronizado e alto nível de qualidade. Além disso, o produto, apesar de ter a maior qualidade dentre outros do mercado, tem que possuir um preço competitivo, de forma a criar a sua própria demanda. Desta forma, a empresa trabalha com o objetivo de elevar o índice das atividades que agreguem valor ao produto, e por conseguinte, ao cliente.

Ao que tange valores organizacionais, que em resumo são os fundamentos pelos quais os julgamentos de certo e errado são feitos. A empresa os enxerga como algo mais do que regras. Estes são princípios norteadores que estão profundamente arraigados na atuação dos colaboradores. De modo geral, a empresa reconhece seis valores, são eles: Foco no Cliente, Velocidade, Espírito de Desafio, Persistência, Segurança, Qualidade, e Espírito de Equipe.

Deste modo, este projeto de investigação será realizado na empresa supracitada, que teve sua marca protegida, por questões de confidencialidade. No entanto, reitera-se que se trata de uma indústria metalúrgica do segmento de duas rodas, que está localizada no Polo Industrial de Manaus, na cidade de Manaus, no Amazonas. Como atividade principal, e principal produto, apresenta-se a fabricação de motocicletas de 115 a 950 cm³. Em específico, enquadrou-se ao departamento de soldadura de componentes da estrutura de motocicletas.

3.4 Estrutura organizacional do departamento de soldadura

A planta fabril da empresa, localizada em Manaus, possui aproximadamente 2000 colaboradores. Estes, estão alocados em uma estrutura de 14 galpões e uma área de quase 450.000 m². Ao que tange organização estratégica da empresa no geral, restringe-se a não apresentação, em virtude de confidencialidade.

Entretanto, para entendimento da estrutura organizacional do Departamento de Soldadura, parte objeto deste estudo, fez-se necessário o detalhamento prévio, conforme figura 6, abaixo:

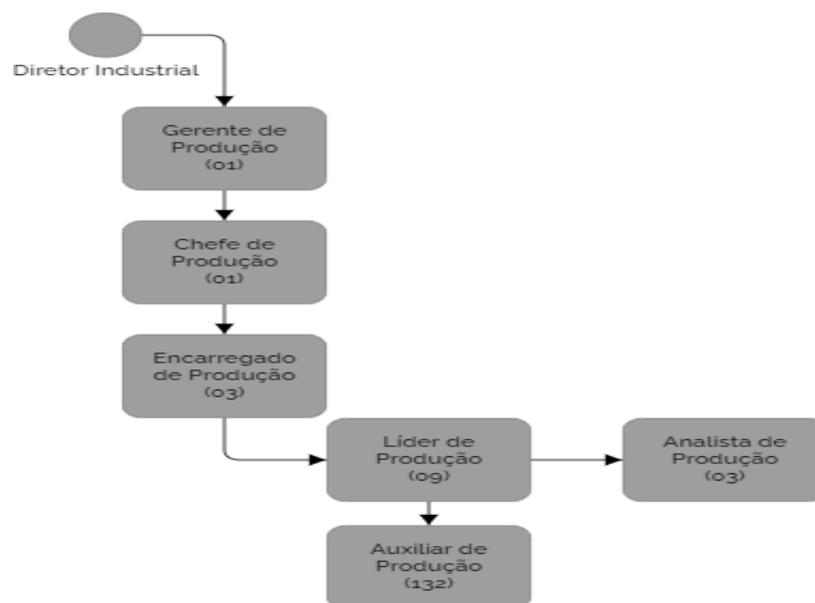


Figura 6- Organograma Geral do Departamento de Soldadura

O Departamento de Soldadura é responsável por todas as solduras de estrutura do produto, inclui-se a solda tanque, objeto deste estudo. No instante do desenvolvimento deste trabalho, o departamento possui cerca de 150 colaboradores, dispostos em nível hierárquico, conforme anteriormente retratado. É de salutar que todas as análises executadas, foram realizadas em conjunto com a equipe do departamento. Embora o cunho deste trabalho seja gerencial (Chefe de Produção), sua execução só foi possível, graças ao engajamento de todos os níveis hierárquicos. E, certamente, os resultados alcançados são de toda equipe.

4. DIAGNÓSTICO DO PROCESSO PRODUTIVO

Neste capítulo será exposta a metodologia aplicada para a análise e o consequente diagnóstico do processo produtivo do departamento de soldadura (conjunto de problemas identificados). Esta análise tem por objetivo identificar os problemas que afetam o departamento, e apresentar as ferramentas de diagnóstico aplicadas. Será apresentado também, de forma breve, os motivos e fatos que antecederam as mudanças realizadas. De forma lógica, apresentam-se: o departamento, a situação, o tratamento dos problemas identificados, e por fim, realizado a síntese da situação atual.

É importante informar que o método de coleta de dados, bem como, alguns dados específicos, foram ocultados neste projeto de investigação. Em virtude da guarda de propriedade intelectual da empresa, ao que tange, métricas (forma e fórmula de cálculos), produtos, processos e métodos de trabalho (confidencialidade).

4.1 Fluxo de produção do departamento de soldadura

O departamento de soldadura é composto por uma equipe de aproximadamente 150 funcionários, dispostos hierarquicamente conforme item 3.4, deste. O departamento possui linhas de produção específicas para os seguintes produtos: Tanque de combustível; Chassi; Garfo Traseiro; e Guidão. Estes produtos são componentes, ou seja, subprodutos anexo do produto acabado, as motocicletas.

É de salutar, que este departamento foi escolhido pela empresa para execução deste projeto, em virtude de seus resultados insuficientes (não alcance de metas). Ao que tange, principalmente, os indicadores de entrega, e de OEE. Alguns fatores secundários, como qualidade, e nível de estoque, também foram levados em consideração, e justificam-se a escolha.

Como descrito nos subtópicos seguintes, este projeto de investigação tem como foco o processo de soldadura do tanque de combustível. Pois, conforme análise de diagnóstico, ele foi identificado como processo crítico. Por isso, este processo de fabricação, e aspectos relacionados a ele, serão apresentados com mais detalhe.

Na figura 7, observa-se que no *Layout* do departamento de soldadura do tanque existem 2 linhas de produção. Juntas, elas possuem 18 colaboradores por turno produtivo. Em relação a classificação da sua forma, é de linha de produção que utiliza o conceito de produção puxada. Por motivos de haver mais processos (34 processos) do que colaboradores nas linhas, pode-se identificar, muitas oportunidades de

melhoria no que se refere à eliminação de desperdícios como movimentação, manuseio e transporte e desbalanceamento de linha.

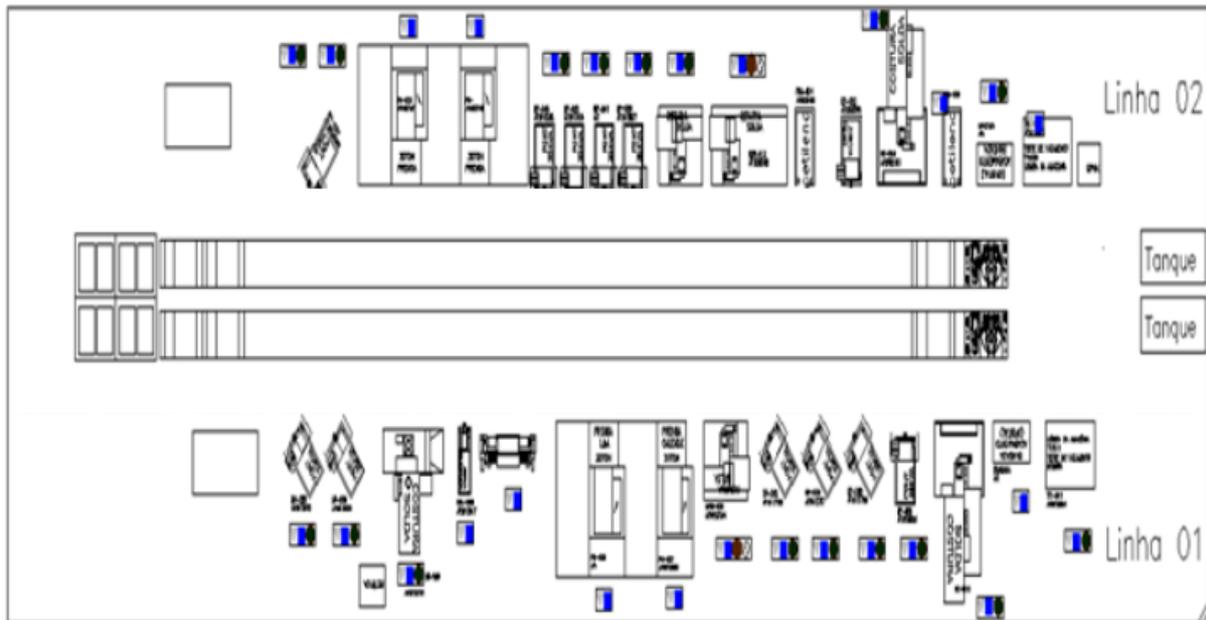


Figura 7- Layout do departamento de soldadura

Para a produção de um tanque de combustível, são necessários diversos processos complexos e os colaboradores precisam ter habilidades manuais diferenciadas. O motivo disto é que, por possuir uma matéria-prima muito frágil e maleável, problemas como manuseio indevido podem gerar problemas de qualidade e conseqüentemente riscos ao cliente final. Problemas de qualidade em um tanque de combustível podem ser perigosos para a empresa. Pelo fato de que dentro deste produto será colocado gasolina ou álcool. Logo, qualquer mudança neste processo precisa ser minuciosamente estudada antes de ser executada.

Para a fabricação de um tanque de combustível são necessários equipamentos como: solda ponto (resistência); solda cordão (resistência); máquina de solda MIG (Metal Inerte Gás); roletadora; lixadeira; prensa; solda brasagem e teste de vazamento.

De uma forma resumida, o processo de fabricação do tanque de combustível conta com 12 etapas, conforme apresentado na figura 8 e descritos abaixo:

- 1) Entrada de material estampado: as peças estampadas referentes aos painéis externos e internos são recebidas do departamento de estamparia, ou de fornecedores externos;
- 2) União dos suportes: todos os suportes que servem para conectar outras peças ao tanque soldado;

- 3) União dos painéis externos: este processo é destinado aos tanques que são compostos por três partes, duas chapas são alinhadas e ponteadas para montar a parte externa do tanque;
- 4) Solda a costura central: faz a junção das chapas através de solda costura por resistência;
- 5) Roletamento: serve para atenuar as rugas geradas pelas tensões de soldagem e material;
- 6) Lixamento: este processo serve para dar acabamento e eliminar ondulações na área que foi soldada e roletada;
- 7) Prensagem do bocal: neste processo é realizada a extração da parte externa do tanque. Que é a forma final, onde posteriormente será colocado o tubo de enchimento (abertura por onde entrará o combustível no produto montado);
- 8) Solda MIG: realiza uma solda circular entre o tubo de enchimento e os painéis externos;
- 9) Solda painel superior + inferior: realiza o fechamento dos painéis, formando o tanque;
- 10) Acabamento: retira as rebarbas, batidos e respingos de solda;
- 11) Teste de vazamento: checagem de qualidade para garantir que o tanque não está com vazamento, e;
- 12) Expedição para o cliente: esta não é uma etapa produtiva. No entanto, após o teste de vazamento, o produto é colocado nos cestos, e está pronto para ser encaminhado ao seu cliente interno, o departamento de pintura.

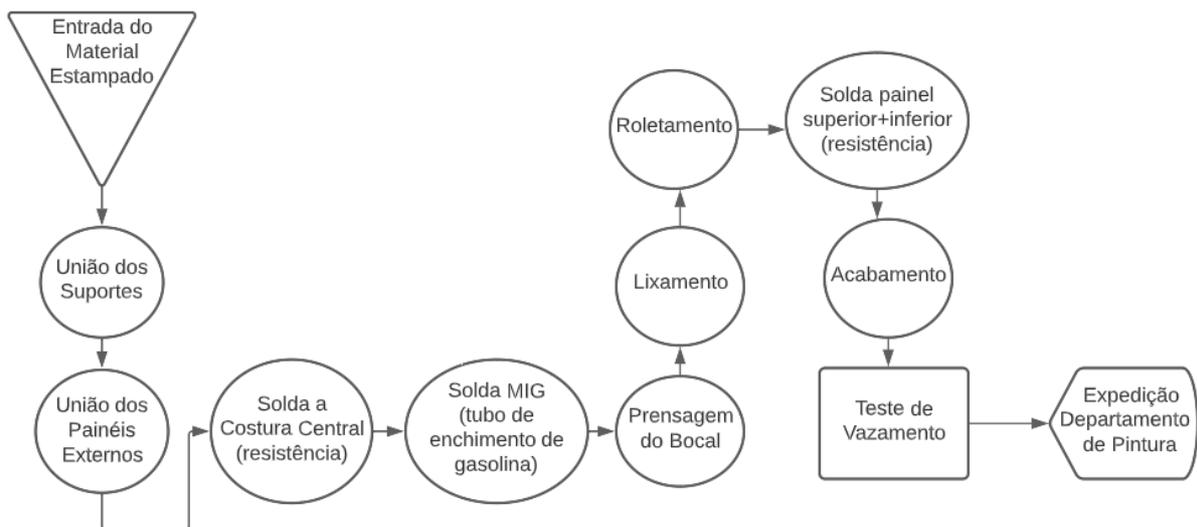


Figura 8- Fluxo das etapas do processo de fabricação

De modo geral, o processo de produção do tanque de combustível das motocicletas, compreende o total de 9 subprocessos, ordenados de forma sequencial, de forma a agregar valor ao produto, até sua expedição ao cliente interno.

4.2 Situação atual

Esta seção tem a finalidade de apresentar os fatos considerados importantes para o entendimento da situação atual do departamento de soldadura. De forma geral, foram avaliados indicadores (dados de desempenho diversos), para a identificar eventuais desvios da performance real do departamento em relação ao planejado (metas estabelecidas pela empresa). Em complemento aos recursos utilizados para compor o diagnóstico da situação atual, utilizou-se também, informações coletadas através de um *benchmark* realizado com outras unidades da empresa ao redor do mundo. É importante reforçar, que estas informações, além dos métodos de cálculo, e as métricas adotadas, são apresentadas conforme foram estabelecidas pela empresa. Por isso, em razão de confidencialidade, algumas partes não serão expostas neste trabalho de investigação.

4.2.1 Análise do indicador de entrega

O indicador de entrega é presente em todos os departamentos de produção ligados ao produto da empresa. Ele remete ao percentual de entrega do departamento. Isto é, reflete a quantidade (em percentual) de peças que o departamento produziu e entregou ao cliente interno. Em linhas gerais, este é um indicador fundamental, que representa diretamente o desempenho produtivo dos departamentos. Este desempenho é medido diariamente através do percentual de ordens de entrega que são entregues dentro do prazo estipulado e tem como objetivo verificar se o tempo de entrega está sendo respeitado para que não existam atrasos na cadeia produtiva em função da falta de materiais processados internamente.

Com a análise do indicador de entrega (figura 9), é possível entender que o departamento de soldadura do tanque de combustível não está cumprindo com os prazos de entrega para seu cliente interno (departamento de pintura). Em avaliação, é verificado que por três meses consecutivos, o departamento não consegue atingir a meta estabelecida. Conforme explicitado, a meta de mínimo de 85% (estabelecido pela empresa), não foi alcançada em nenhum dos meses que compõem o primeiro trimestre deste ano.

DESEMPENHO DE ENTREGA DO DEPARTAMENTO DE SOLDADURA - 2022

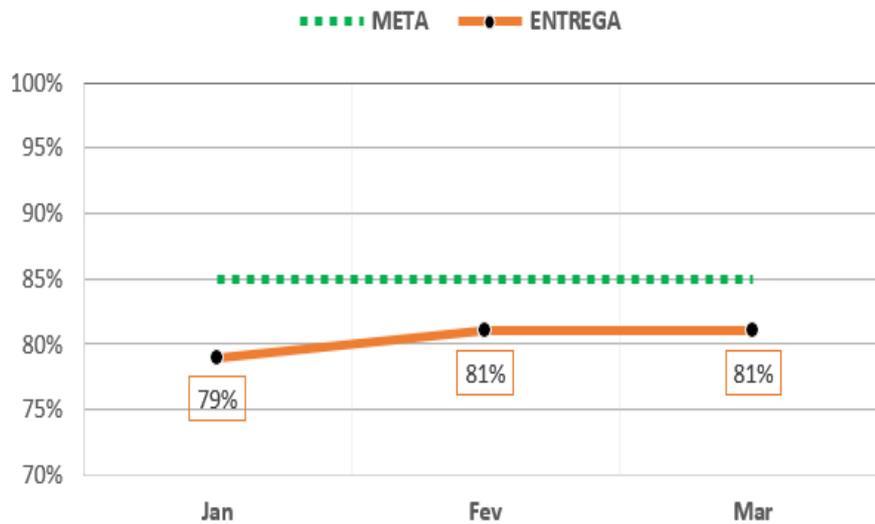


Figura 9- indicador de entrega do departamento de soldadura

Apesar dessa informação ser importante para a análise da situação atual do departamento de soldadura, ela não é suficiente para se determinar a razão para o não atingimento da meta. Também, a informação não remete a quais os problemas que estão causando este efeito em específico. Dessa forma, é preciso aprofundar a análise e utilizar outros indicadores para um melhor entendimento do problema.

4.2.2 Análise do indicador OEE

O indicador de OEE é presente em todos os departamentos de produção ligados ao produto da empresa, que possuem máquinas em seus processos. Ele remete ao percentual de eficiência das máquinas do processo produtivo. Em linhas gerais, este é um indicador fundamental, que representa diretamente o desempenho das máquinas dos processos produtivos da empresa.

Com a apresentação e análise do indicador de OEE (figura 10), foi constatado, que o departamento de soldadura, por três meses consecutivos, não atingiu a meta estabelecida pela empresa, de 85%. Isto demonstra que o desempenho operacional do departamento está abaixo do estabelecido. Ou seja, está abaixo daquilo que a empresa entende como esperado.

EFICÁCIA GERAL DE EQUIPAMENTOS DO DEPARTAMENTO DE SOLDADURA - 2022

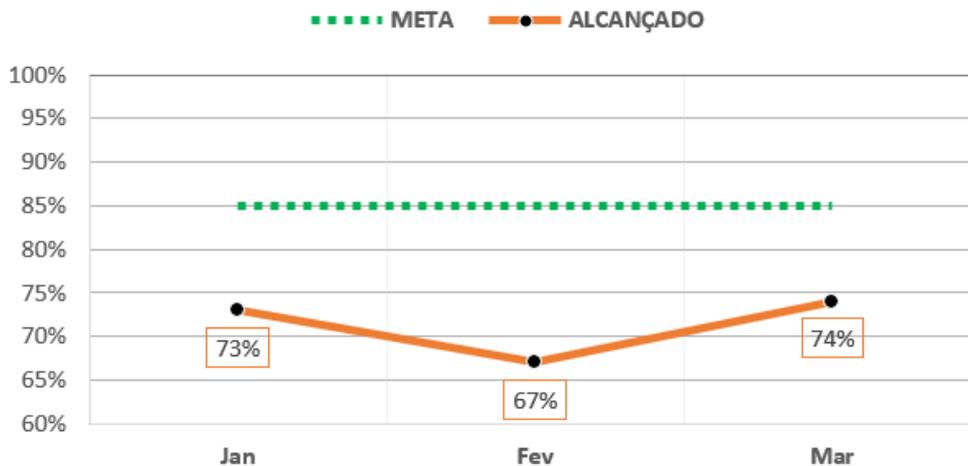


Figura 10- Indicador de OEE do departamento de soldadura

No entanto, apesar deste dado ser importante para a análise da situação atual do departamento de soldadura, não reporta informações suficientes para se determinação da razão para o não atingimento da meta. Deste modo, se faz necessário aprofundar a análise e utilizar outros indicadores para um melhor entendimento do problema.

4.2.3 Análise de fatores do OEE

Como as análises dos indicadores de entrega e OEE mostram que o departamento de soldadura está com um desempenho inferior ao especificado, para se entender melhor a natureza deste problema, foi necessário aprofundar a análise da situação atual nos três fatores que compõem o OEE (figura 11). Pois deste modo, dentro destes fatores, é possível tanto entender melhor o problema, quanto decidir quais elementos dentro do processo produtivo precisam ser avaliados com maior atenção. Com objetivo de identificar as causas do não atendimento das metas especificadas pela empresa.

Após a análise, constatou-se que os problemas do OEE, na média, se concentram nos fatores de disponibilidade e qualidade. O fator de velocidade operacional não foi considerado como um problema, em virtude de ele atender à meta estabelecida pela empresa para os processos do departamento de soldadura. É importante ressaltar que os três fatores do OEE (qualidade, disponibilidade e velocidade operacional), compartilham a mesma meta estabelecida pela empresa (96,55%). No entanto, entende-se que estes são aspectos secundários de análise. E por isso, não serão detalhados neste projeto de investigação.

ESMIÚÇO DE FATORES DE OEE DO DEPARTAMENTO DE SOLDADURA - 2022

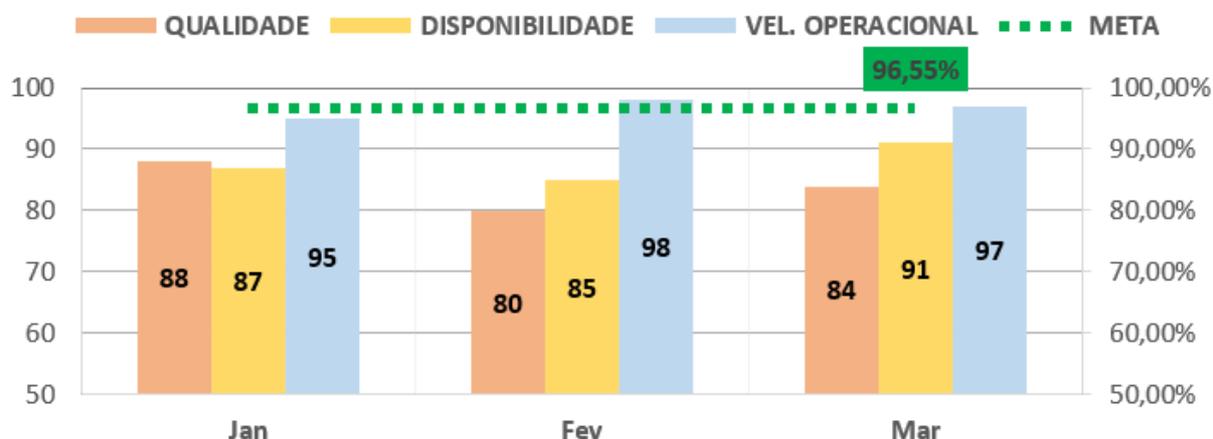


Figura 11- Desmembramento dos fatores do OEE

Após o entendimento sobre a análise dos fatores do OEE (figura 11), torna-se necessário a realização de uma nova estratificação de dados, para posterior conclusão. Por isso, a estratificação será realizada através da separação de fatores do OEE, com o objetivo de se estudar o conteúdo de cada uma delas de forma isolada.

Na empresa objeto de estudo deste projeto de investigação, a ferramenta utilizada para analisar, de forma isolada, os fatores do OEE, é chamada de “Análise de valor”. A Análise de valor é usada para identificar as perdas que existem dentro do processo produtivo.

O método de Análise de valor baseia-se através da comparação teórica e prática dos eventos ou tarefas que acontecem dentro do processo produtivo. Sendo classificadas em:

- Valor: atividades/tarefas que agregam valor direto ao produto/processo;
- Semi-valor: atividades/tarefas que agregam valor indireto ao produto. Sem elas, o produto/processo não pode ser realizado;
- Sem valor: atividades/tarefas que não agregam valor direto e nem indireto ao produto/processo;

Deste modo, a Análise de valor será aplicada em todos os fatores do OEE estratificados, com o objetivo de se identificar os graus de valor em cada um deles, conforme subitens seguintes.

4.2.3.1 Fator Disponibilidade

Para compreender o motivo do baixo desempenho do fator de disponibilidade do OEE, foi realizada a técnica interna adotada pela empresa, chamada de ‘análise de valor’, dentro do processo produtivo. Os

critérios definidos para a execução da análise foram: a) Ocorrer dentro de um turno de 8 horas de trabalho; b) avaliar todos os processos contidos no setor de soldadura; c) classificar todas as atividades que são realizadas de acordo com o valor que agregam ao produto. Deste modo, conforme a figura 12, foi possível identificar qual o percentual de valor, estava sendo gerado no processo no momento analisado.

Conforme resultado, conclui-se que o processo de soldadura do tanque de combustível, possui 13% de atividades de valor, 33% de atividades de semi-valor, e aproximadamente 55% de atividades sem valor durante a realização dos seus trabalhos.

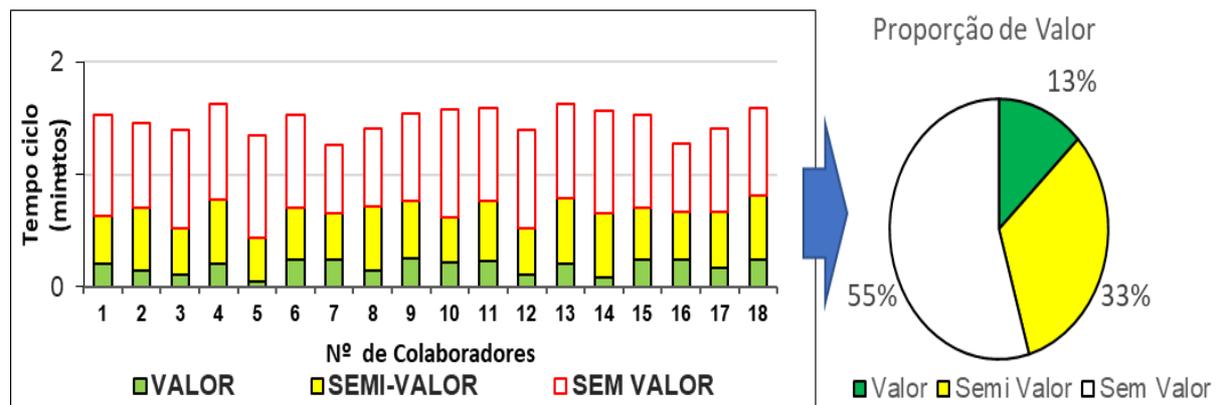


Figura 12- Análise de valor do processo de soldadura do tanque de combustível

NOTA: Esta é uma ferramenta de análise interna da empresa. Por isso, dados brutos e atividades do processo não serão apresentados por razão de confidencialidade.

Em sequência, utilizou-se a ferramenta de gráfico de Pareto para se identificar, dentro dos aproximados 55% de atividades sem valor (identificados com a análise de valor), qual seria o percentual relativo, de cada uma delas.

O resultado da estratificação de dados (figura 13), aponta que aproximadamente 52% das atividades “sem valor”, que são executadas dentro do processo de soldadura de tanque de combustível, são correspondentes as atividades de *setup*. Por isso, a atividade de *setup* é listada como uma das atividades passíveis de melhoria.

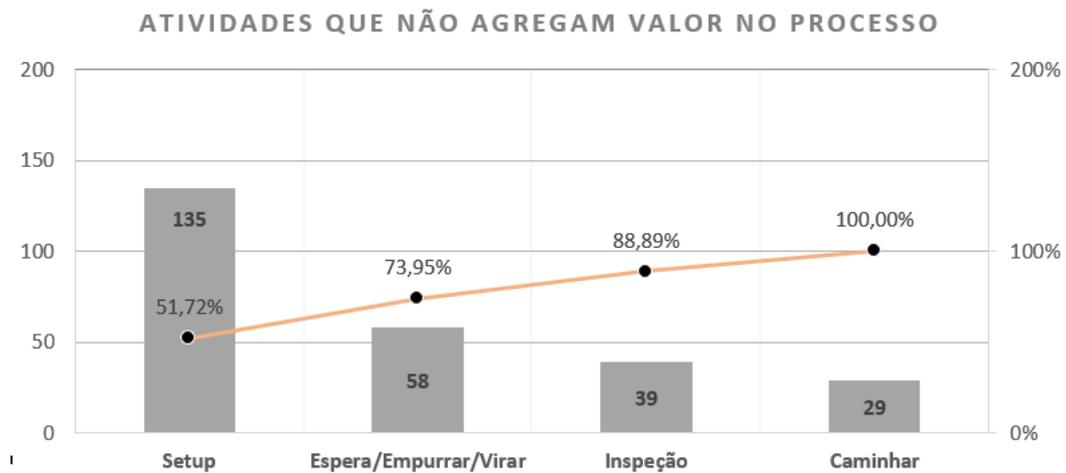


Figura 13- Análise de Pareto de atividades sem valor no processo

A partir desta conclusão, foi realizada uma nova estratificação (ainda utilizando a ferramenta gráfico de Pareto) para se entender quais das atividades, relacionadas ao *setup*, estavam impactando no desempenho do processo produtivo.

Como é apresentado na figura 14, é possível identificar que o equipamento “máquina rotativa” é responsável por aproximadamente 56% das atividades sem valor dentro do *setup* do processo de soldadura do tanque.

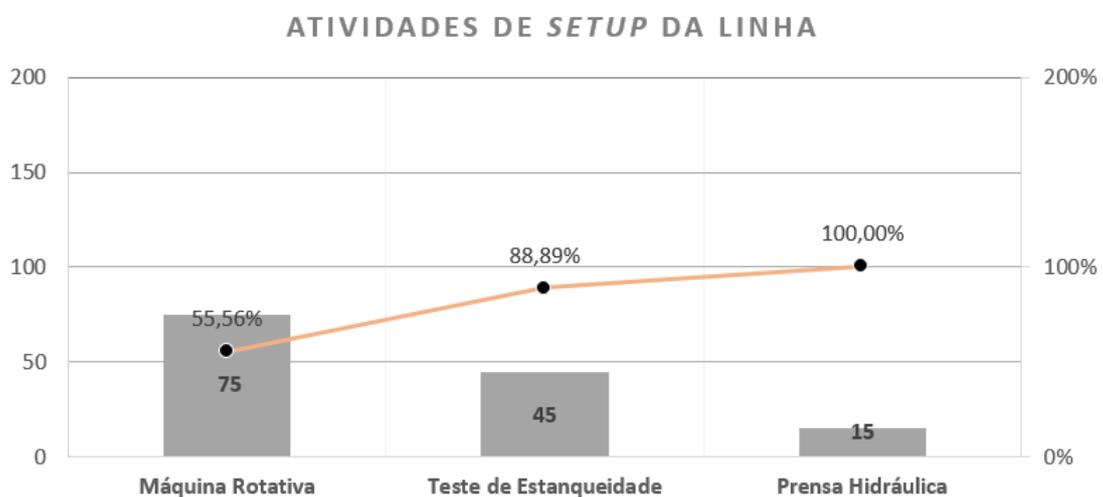


Figura 14- Análise de Pareto das atividades de setup da linha de soldadura do tanque de combustível

NOTA: O método de *setup* é próprio do maquinário, e desenvolvido internamente pela equipe de manutenção da empresa. Por isso, etapas da atividade de *setup*, dados brutos, e atividades do processo serão parcialmente apresentados (dentro do possível), por razão de confidencialidade.

Para melhor detalhamento do tempo necessário para a realização do *setup* nas linhas de soldadura do tanque, conforme tabela 2 abaixo, foram detalhados os tempos e ações necessárias durante o *setup* de acordo com os processos evidenciados anteriormente na figura 14.

Tabela 2- Tempos despendido em Setups de Máquinas do Processo

Item	Ação	Tempo (min)*
Máquina Rotativa	1) Necessário alinhamento da máquina após setup (pisador com perfil divergente do modelo do produto) (Mola do pisador fraca)	24,9
Teste de Estanqueidade	1) Movimentação excessiva para pegar dispositivo	4,10
	2) Demora na retirada e conexão de mangueiras PU	5,42
	3) Demora na remoção e colocação do dispositivo	5,84
Prensa Hidráulica	1) Movimentação de estampo	3,51
	2) Retirada e colocação de estampo	1,64

Tempo (min)*: Tempo (em minutos) despendido na execução das atividades de setup das respectivas máquinas do departamento de soldadura.

Como resultado da análise dos eventos relacionados ao fator de disponibilidade do OEE, chegou-se à conclusão de que, dentro do processo de soldadura do tanque, existem desperdícios diversos. Porém, a atividade de *setup* da máquina rotativa corresponde ao maior percentual.

4.2.3.2 Fator Qualidade

A partir da análise do fator Qualidade, identificou-se que a média do primeiro trimestre é equivalente a 84% o que representa um desvio de 12,55 pontos percentuais em relação ao padrão que é de 96.55%. Dessa forma, a partir de informações e registro dos problemas identificados dentro do departamento de soldadura, foi possível realizar uma série de desmembramentos, com o objetivo de se entender quais defeitos que mais impactam na má performance do indicador de qualidade.

Conforme apresentado na figura 15, foi possível identificar que o processo de soldadura do tanque de combustível é responsável por aproximadamente 64% de todos os defeitos existentes dentro do departamento de soldadura.

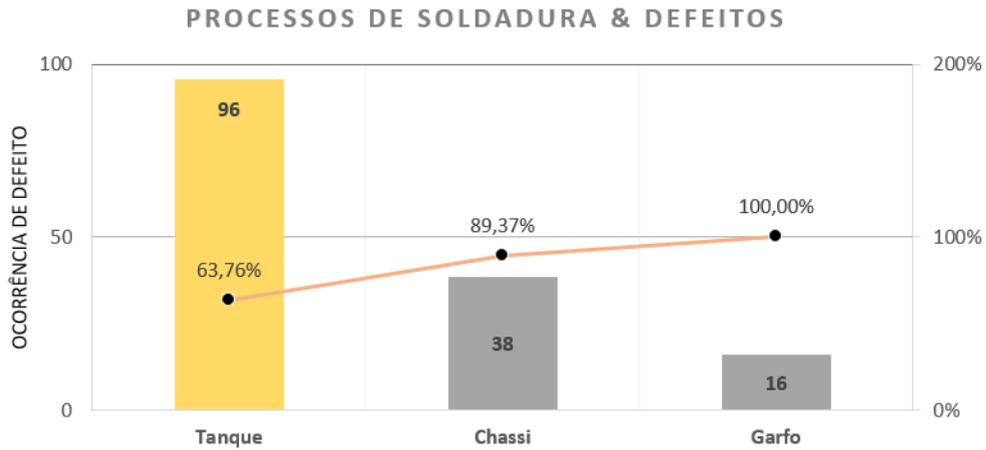


Figura 15- Análise de Pareto dos defeitos identificados no departamento de soldadura

Em análise isolada do valor relativo ao componente tanque, conforme destacado na figura 15, é apresentado na figura 16, que o maior percentual relativo a problemas de qualidade é encontrado na linha 2, do departamento de soldadura do tanque.

Como verifica-se, este valor corresponde a aproximadamente 80% do total de problemas do departamento de fabricação do tanque. Deste modo, conclui-se que, ao que tange o fator de qualidade, a linha 2, do processo de fabricação do tanque de combustível, é o local foco de maior índice de problemas (defeitos), do departamento de soldadura.

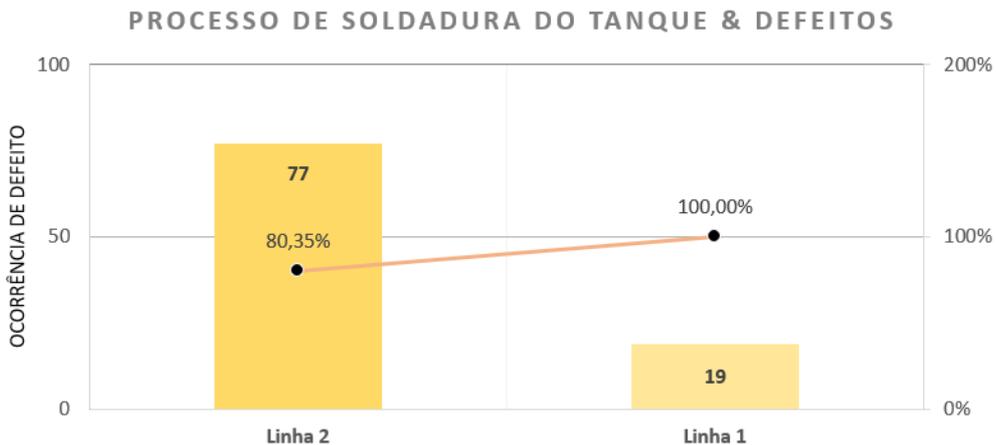


Figura 16- Estratificação de defeitos por linha de fabricação

A partir da identificação do local do problema, foi realizado uma nova estratificação, com o objetivo de entender quais os modelos da linha de produção foram mais afetados por problemas de qualidade. Como resultado, conforme figura 17, foi identificado que o “modelo 1” foi responsável por aproximadamente 47% dos defeitos.

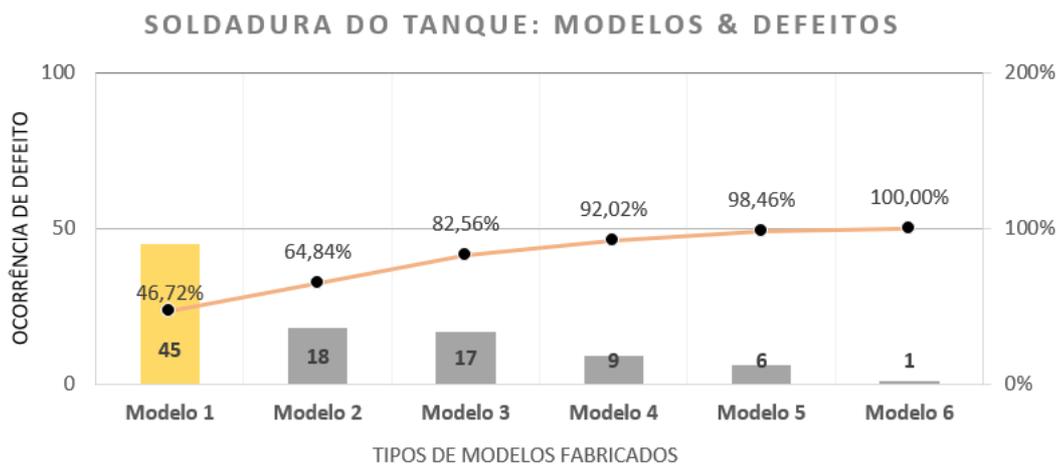


Figura 17- Estratificação de defeitos por modelo fabricado

Após a estratificação e identificação do departamento, local e produtos que mais são afetados por defeitos. A estratificação seguinte (figura 18), mostra os tipos de defeitos mais comuns e que mais impactam no não atendimento das metas referentes ao fator qualidade do departamento de soldadura do tanque. Os maiores defeitos foram classificados como sendo o defeito no tubo de enchimento (96,88%), *pin hole*, ou micro furo na chapa (2,07%) e o defeito na costura do tanque (1,05%).

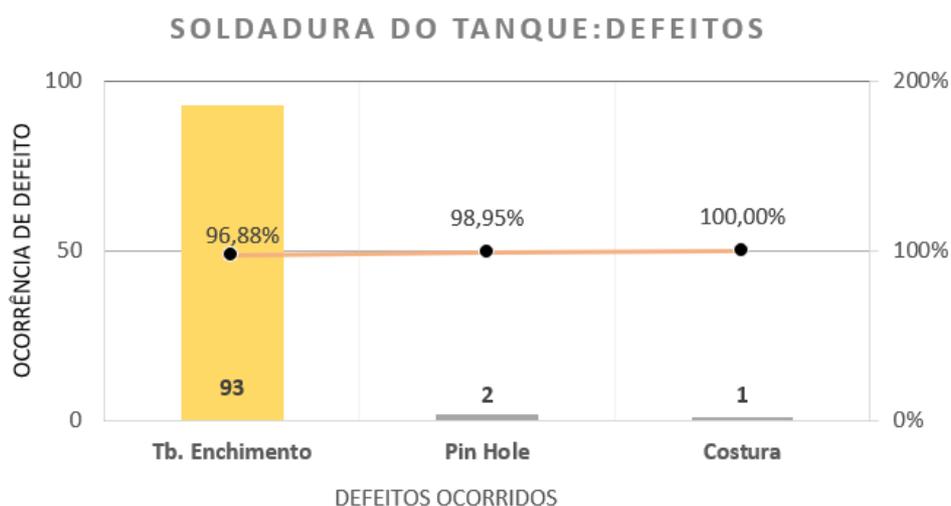


Figura 18- Estratificação de defeitos do processo de soldadura do tanque

Como fato adicional e relevante para a fase de análise da situação atual, foi levantado o custo excedente que o departamento emprega em insumos de produção necessários para realizar a tarefa de retrabalho nos desperdícios relacionados ao fator de qualidade, que são gerados pelo departamento. Este custo é equivalente a R\$ 48.724,46 por ano (custo relativo a lixas abrasivas, luvas, arame de solda e gás de solda). Este valor corresponde a um aumento de 11% do orçamento do departamento que é destinado a estes materiais.

Como conclusão da série de estratificações e análises que foram realizadas a partir dos dados referentes ao fator qualidade do departamento de soldadura, fica evidente que existem desperdícios e que o processo pode ser melhorado.

4.2.3.3 Fator Velocidade

Em relação ao fator Velocidade do indicador de OEE, conforme informações referentes ao gráfico demonstrado na figura 11, a média dos primeiros três meses do ano de 2022, alcançou o bom resultado de 96,67% ficando com o equivalente a 0,12 pontos percentuais acima da meta, que é equivalente a 96.55%.

Estratificando o resultado da análise de valor, os valores correspondentes aos desperdícios classificados como atividades “sem valor” dentro do processo produtivo (relativos à perda de velocidade) foi possível detalhar e classificar todas as atividades sem valor referente ao processo de soldadura do tanque de combustível. Quando verificada a informação contida na análise de Pareto (figura 13), é possível constatar que aproximadamente 22,23% das atividades sem valor são correspondentes ao fator de velocidade (espera/empurrar/virar).

A figura 19 demonstra um exemplo real referente ao processo sendo mapeado o tempo de acordo com as tarefas que são executadas.

NOTA: *Emojis* foram utilizados para proteção de dados empresariais, tais como: logomarca, máquinas, equipamentos, identidade de colaboradores, e demais aspectos do processo de fabricação do departamento de soldadura do tanque de combustível.

IMAGEM DOS PROCESSOS

Movimento Realizado	Tempo (seg)
Caminhar 2x (A)	6,6
Pegar painéis 2x (B)	1,8
Pegar suporte 2x (C)	4,8
Deixar painel 2x (D)	1,2
Soldar suportes (E)	30,6
Posicionar pela 2x (F)	1,2
Empurrar bandeja (G)	1,2
Virar 4x (H)	36
TOTAL	83,4



Figura 19- Detalhamento da análise de valor do departamento de soldadura

Como conclusão das observações e análises prévias que foram realizadas a partir dos dados referentes ao fator velocidade do departamento de soldadura. Torna-se evidente que existem desperdícios, personificados como excesso de movimentação, dentro do processo produtivo.

4.2.4 Sincronização

Outro aspecto muito importante, que foi avaliado para o entendimento da situação atual do departamento de soldadura, foi a sincronização de processos. Inicialmente, entre as linhas de fabricação do departamento de soldadura do tanque de combustível e depois entre as linhas do departamento de soldadura e o cliente interno, o departamento de pintura (processo sequente).

Conforme apresentado na figura 20 abaixo, com a análise do sincronismo produtivo foi possível chegar às seguintes conclusões, que antes não eram notadas. São elas:

- ambas as linhas do departamento de soldadura atendem modelos de 150 cm³ e 250 cm³. Sendo o mix principal da linha 1, de modelos de 150 cm³. E da linha 2, de modelos 250 cm³, e;
- ambas as linhas do departamento de soldadura atendem a uma linha do departamento de pintura. Isto acaba criando uma fila de produto (já soldado), aguardando para ser pintado, dentro do processo de pintura;

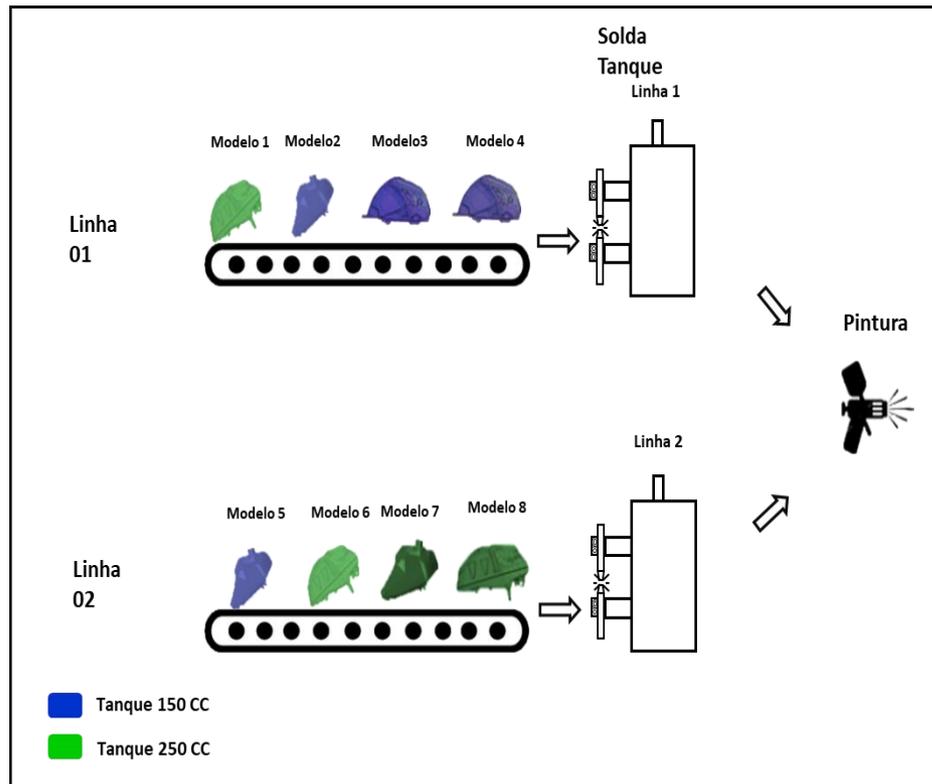


Figura 20- Layout do estado de sincronização entre os processos atual

Como conclusão da análise do sincronismo produtivo, além do já mencionado, foi possível constatar também: que não existe sincronia entre os processos dentro do departamento de soldadura, com o seu cliente, o departamento de pintura. Isto ocasiona a necessidade de criação de estoque. Os dados que nos trouxeram a razão desta conclusão, foi a somatória das análises sobre o *layout* de sincronização e do indicador de entrega do departamento.

4.2.5 Tempo ciclo

Para avaliar o tempo ciclo do processo de soldadura foi criada a tabela 3, onde são apresentadas informações referentes aos turnos produtivos e a média, em minutos, de tempo ciclo das linhas dos processos de soldadura e pintura.

Como conclusão, verifica-se que enquanto as duas linhas de produção do departamento de soldadura trabalham em regime de dois turnos, a linha da pintura tem o dobro de sua capacidade trabalhando com o mesmo número de turnos.

Tabela 3- Tempo de Ciclo da Situação Atual do Processo.

Turno	Linha	Média Tempo Ciclo Solduras	Média Tempo Ciclo Pintura	Linha
1	linha 1	1,2	0,6	linha 1
	linha 2	1,2	-	
2	linha 1	1,2	0,6	linha 1
	linha 2	1,2	-	

4.2.6 Pesquisa sobre método de treinamento

Fatores como sincronização, tempo ciclo, qualidade e velocidade do processo somente serão atendidos através dos colaboradores do processo produtivo que se encontram no chão de fábrica. Dessa forma, para melhor entender a razão pela qual os colaboradores não atendem as especificações da forma com que deveriam ou a razão pela qual os desperdícios são gerados. Deste modo, foi criado um fluxograma (figura 21) para aplicação dentro do processo produtivo em forma de entrevista (formulário).

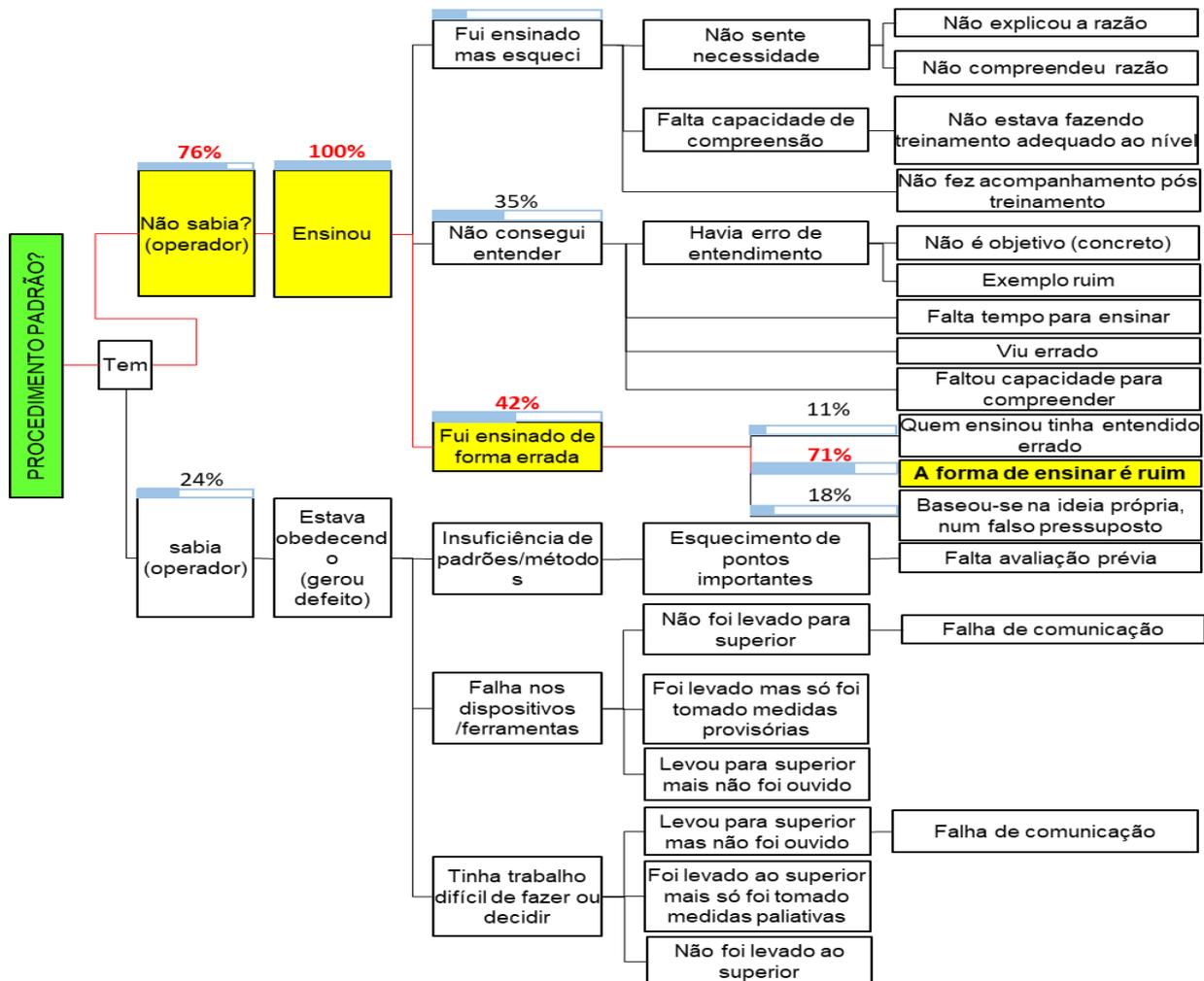


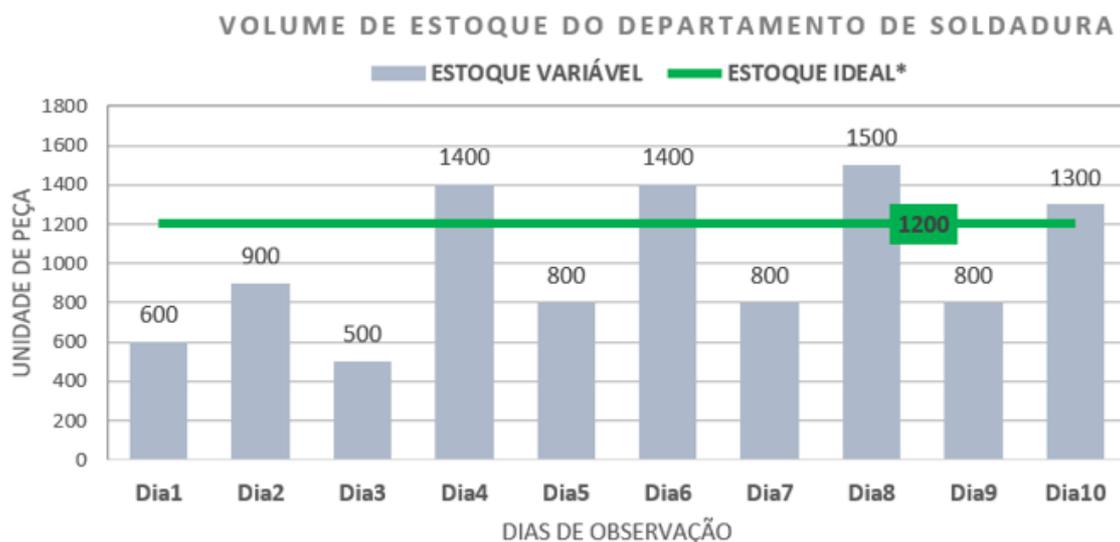
Figura 21- Fluxograma de pesquisa operacional interna

Esta é uma pesquisa interna, que foi realizada entre colaboradores operacionais (através de formulário, e de forma anônima), com o objetivo de identificar quais causas estariam impactando em suas questões de aprendizado. Relacionadas ao treinamento operacional recebido. Deste modo, oculta-se por razões de confidencialidade, maiores informações a respeito.

Ao que tange o objeto deste estudo, as linhas de fabricação do tanque de combustível, todos os 18 colaboradores do processo produtivo foram entrevistados. O resultado desta pesquisa remete que 71% dos entrevistados, que receberam treinamento operacional, julgaram incorreta a forma que foram treinados. Considerando este dado principal, e os secundários, concluiu-se que a forma de ensinar utilizada pelo departamento de soldadura não é eficaz.

4.2.7 Estoque

Para entender a oscilação diária da movimentação de estoque do departamento de soldadura, fez-se um breve estudo, ao longo de dez dias úteis. Neste período, foi observado que apesar de existir uma variação no nível de estoque, em relação ao padrão de 1200 peças acabadas (métrica definida pela empresa), não existe uma tendência no seu nível. Ou seja, não é possível prever o quanto (para mais da média, ou, para menos da média) será preciso estocar. Porém, ao analisar a média, conclui-se que o estoque rotativo do departamento de soldadura está abaixo do padrão estabelecido, conforme mostra a figura 22.



Estoque ideal* padrão de 1200 peças acabadas é uma diretriz estabelecida pela empresa, com base nos níveis de estoque médio do departamento de soldadura, e demais departamentos.

Figura 22- Amostragem do estoque do departamento de soldadura

Com o objetivo de se entender o efeito nos clientes, em função do nível baixo de estoque do departamento de soldadura, com uma avaliação não cumulativa ao longo dos dez dias. Também foram levados em consideração, os estoques dos departamentos: soldadura, pintura e montagem (figura 23). Como resultado, pode-se observar que o estoque rotativo do departamento de soldadura (em seu dia de maior volume, dia 8), alcançou a marca de aproximadamente 25% (equivalente a 300 unidades) a mais peças do que o *target* do departamento.

Outro ponto da avaliação que cabe ressaltar, refere-se à oscilação do volume do estoque. Isto se dá em função de dois motivos; o departamento de soldadura produz em mais turnos do que o seu cliente, o departamento de pintura. E, o departamento de soldadura tem desperdícios relacionados ao fator de qualidade. O que faz com não consiga manter um padrão consistente em suas entregas.

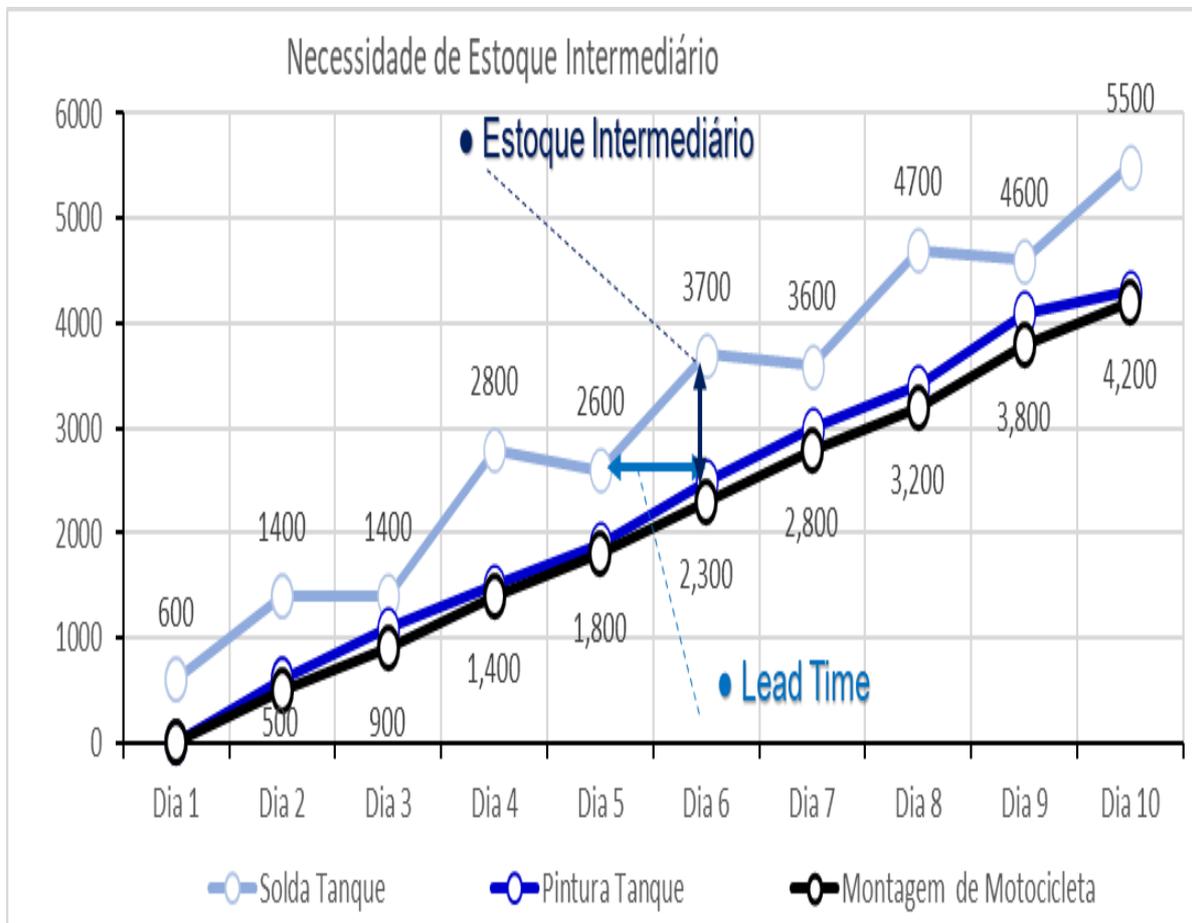


Figura 23- Análise de volume de estoque dos departamentos de soldadura, pintura e montagem

4.3 Tratamento dos problemas identificados

Uma vez passada a etapa de análise da situação atual, seja através dos registros ou *in loco* no *Gemba*, é necessário compilar todos os dados recolhidos para tratamento e definição das causas raiz dos

problemas. Nesta etapa, é discutido sobre os resultados obtidos e são elencados os principais problemas encontrados para que todos tenham em mente quais são os problemas que serão atacados a seguir, para a obtenção dos objetivos já definidos pelo projeto. Na tabela 4 são apresentados os principais problemas discutidos na fase de tratamento das informações e os seus respectivos efeitos.

Tabela 4- Relação de problemas identificados

Problema	Efeito
Indicador de entrega fora da meta	- Atraso na entrega para o cliente
Indicador de OEE fora da meta	- Baixa eficiência operacional
Fator de Disponibilidade e Fator de Qualidade	- <i>Setup</i> - Defeitos
Dessincronização	- Fluxo cruzado - Excesso de movimentações - Fila de produtos soldados no setor de pintura
Tempo de Ciclo	- Desalinhamento de capacidades de produção com o cliente pintura
Método de Treinamento	- Padrão de operação não é seguido - Problemas de qualidade / Entrega / Setup demorado
Estoque elevado	- Desperdício com estoque acima do padrão

4.3.1 *Brainstorming*

Após o entendimento sobre os problemas do departamento, foi preciso identificar o que poderia ser feito para eliminar ou mitigar estes problemas. Para isto, utilizou-se a técnica do *Brainstorming* (tempestade de ideias), realizadas em reunião interna, com a participação dos seguintes componentes: chefe de produção, líderes de produção e analistas de produção, totalizando 8 pessoas. A reunião durou aproximadamente duas horas. Com isso, esperava-se gerar um volume alto de itens (ideias) que pudessem estar relacionados com as causas para os problemas identificados. O resumo é apresentado na figura 24, abaixo:

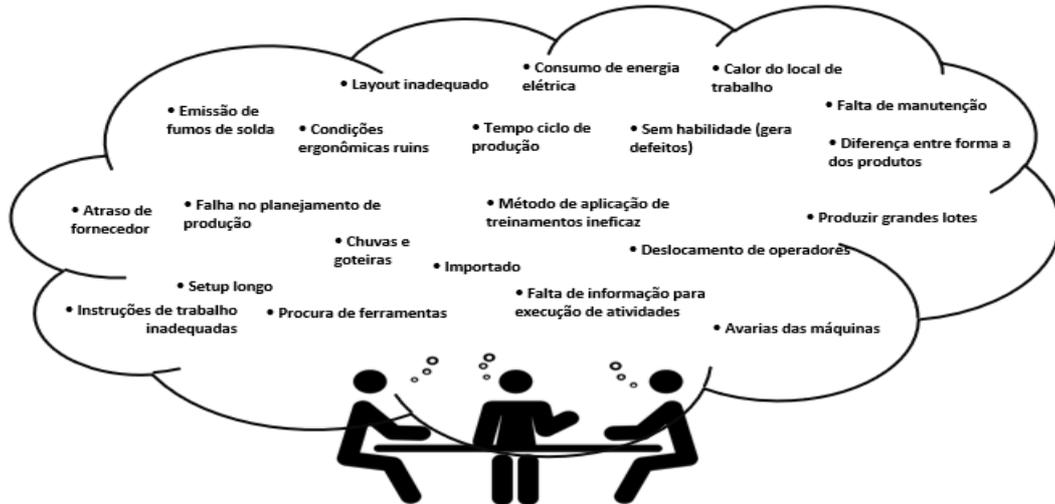


Figura 24- Brainstorming realizado pelos colaboradores do departamento de soldadura

4.3.2 Diagrama de Ishikawa

Após a fase de levantamento de causas, foi utilizada a ferramenta da qualidade diagrama de Ishikawa (figura 25), para que seja possível relacionar todas as causas prováveis, levantadas na etapa do *Brainstorming*, com o seu respectivo “M”, dentro das diretrizes da ferramenta.

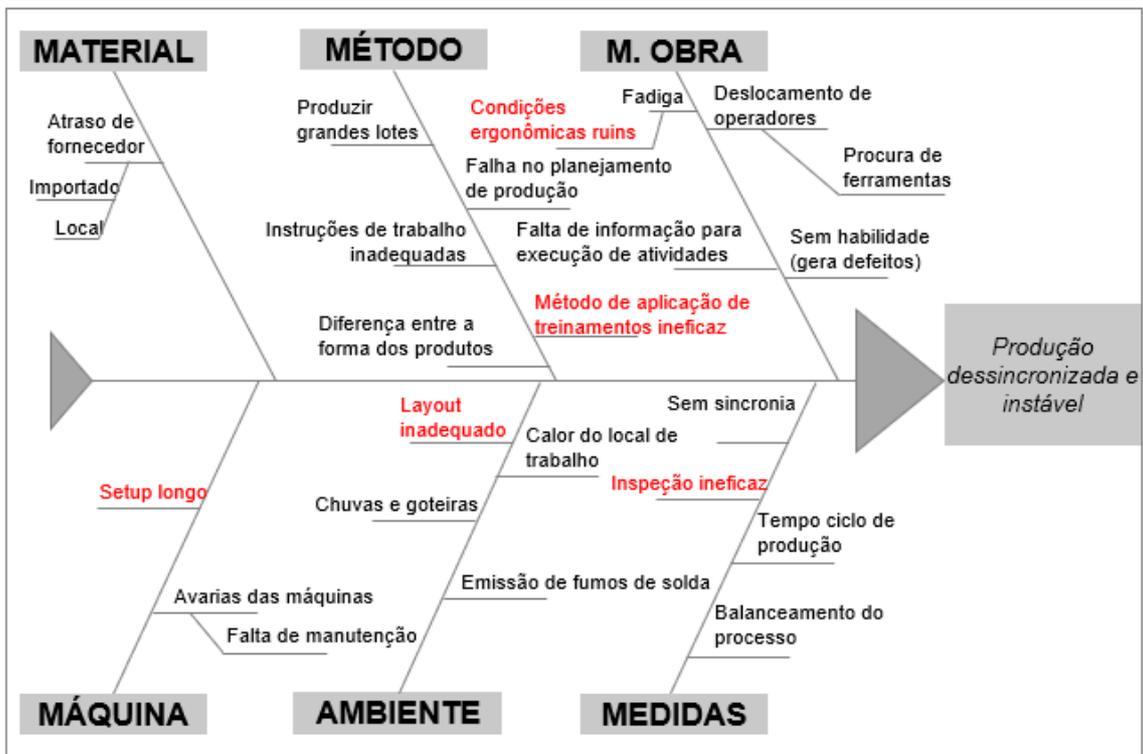


Figura 25- Possíveis causas da produção dessincronizada e instável (diagrama de Ishikawa)

Como efeito principal para caracterizar o problema do departamento de soldadura, foi identificado que tais problemas ocorriam por motivos de ineficiência no setup, e pela não sincronização de produção entre os departamentos. Ou seja, a produção de departamento de soldadura ter uma produção dessincronizada e instável. Por isso, conforme indicado na tabela 3, listam-se os principais problemas identificados na fase de análise da situação atual. Em relação às causas principais, conforme consenso dos colaboradores do departamento de soldadura envolvidos na análise, foram selecionadas cinco causas, em função da explicação a seguir:

- Setup demorado: em função de afetar diretamente a variável de disponibilidade do OEE;
- Layout inadequado: em função da geração de fluxo cruzado dentro do departamento e com o cliente;
- Método de treinamento ineficaz: conforme resultado da pesquisa operacional;
- Inspeção ineficaz: devido aos desperdícios de peças com defeito;
- Condições ergonômicas inadequadas: devido ao excesso de movimentação;

4.3.3 O 5 Porquês

Após a definição das causas principais no diagrama de Ishikawa, as causas identificadas se tornam o problema que precisa ser resolvido. Para tanto, é necessário a aplicação da ferramenta dos 5 porquês para que a causa raiz do problema seja alcançada.

No Apêndice 1, são apresentadas as causas raízes para todos os problemas elencados na secção anterior. Como conclusão da análise dos 5 porquês, pode-se concluir que as causas raízes dos problemas analisados são respectivamente: o *layout* das linhas de produção e a metodologia e sistema de gerenciamento dos treinamentos do departamento de soldadura.

4.4 O Layout atual

Com base nos resultados obtidos através da aplicação da ferramenta dos 5 porquês, verifica-se que o *Layout* do departamento de soldadura foi apontado como uma das causas raízes dos desperdícios existentes no departamento. Embora inicialmente o *layout* tenha sido analisado nesta proposta de investigação, sendo considerado adequado, em função de utilizar o conceito de produção puxada.

No entanto, para confirmar se o *layout* apresenta problemas, foi criada a tabela 5, para ilustrar e facilitar a visualização de quais seriam as vantagens e desvantagens de se manter o uso do *layout* atual dentro do processo produtivo. Como resultado da análise constata-se o seguinte:

- A alimentação do material é toda realizada no início da linha de produção (ponto positivo);
- O percurso de alimentação de matéria prima é muito longo (ponto negativo);
- Existe quebra no fluxo produtivo (ponto negativo);
- O difícil acesso as máquinas, dificulta o *setup* rápido (ponto negativo).

Tabela 5- Análise Panorâmica do Layout Atual

Item	Vantagens vs Desvantagens	Atual
1	Alimentação do material no início do processo produtivo O - No mesmo lado X - Em lados opostos	O
2	Percurso de Alimentação O - Próximo ao almoxarifado X - Longe do almoxarifado	X
3	Fluxo do processo O - Sentido único X - Quebra no fluxo	X
4	Setup O - Troca rápida/acesso rápido X - Sem troca rápida/acesso difícil	X

O - Azul: Aspecto Positivo/Favorável

X - Vermelho: Aspecto Negativo/Desfavorável

4.5 Método de treinamento

Também com base nos resultados obtidos através da aplicação da ferramenta dos 5 porquês, verifica-se que a sistemática de treinamento utilizada pelo departamento de soldadura foi apontada como uma das causas raízes dos desperdícios existentes no departamento.

Os treinamentos operacionais, que podem ser abrangentes ou focados em único processo, são basicamente a instrução de colaboradores, feita por outro colaborador, baseado nos procedimentos ou instruções de trabalho. Não há o desmembramento das atividades, ou a divisão delas em etapas menores.

Assim, entende-se que os treinamentos ficam sob a responsabilidade dos especialistas que possuem, cada um, uma maneira diferente de passar o conteúdo para o aprendiz, que por sua vez acha a forma de ensinar inadequada (ruim). Dessa forma, não é possível garantir que os treinamentos são realizados de forma sistemática e tampouco que os aprendizes irão assimilar e colocar em prática da forma que

aprenderam. O efeito da ineficiência dos treinamentos do departamento de soldadura é refletido nos problemas de inspeção e qualidade do departamento de soldadura.

4.6 Síntese da situação atual

A análise da situação atual é importante pois nela é observado com clareza o local onde o ponto de mudança precisa ocorrer, para que se tenha a performance desejada dentro de qualquer processo de fabricação.

No contexto desta proposta de investigação, vários aspectos foram analisados para que a conclusão final, obtida através da clínica realizada no departamento de soldadura, possa ser eficaz e faça com que o departamento tenha uma melhora na performance produtiva. Embora, durante a análise realizada, várias oportunidades de melhoria tenham sido encontradas, como causas raiz do problema do departamento de soldadura, serão consideradas somente as causas obtidas através do resultado da aplicação da metodologia dos 5 porquês. Em virtude da cultura da empresa em questão (empresa de origem japonesa).

Apesar destes problemas serem tratados como a raiz, outros problemas podem, também, ter ações específicas para que sejam eliminados do processo e assim, se possa maximizar os resultados. Após analisados vários aspectos correspondentes a performance do processo de soldadura, a conclusão a que se chega é que tanto o *layout* das linhas de fabricação do tanque, quanto a metodologia utilizada para ensinar os colaboradores do processo, apresentam pontos deficientes, que acabam por gerar desperdícios. E como consequência disto, são considerados como oportunidades, pois, podem ser melhorados.

5. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Este capítulo irá apresentar as metodologias adotadas para o desenvolvimento e implementação das ações de melhoria, baseadas nos conceitos e ferramentas do *Lean*, com o objetivo de mitigar ou eliminar os problemas relativos ao capítulo anterior, que apresentou o diagnóstico da situação atual do processo de soldadura do tanque de combustível.

5.1 O Plano de implementação de melhorias (5W2H)

Para planejar a implementação das principais atividades que serão realizadas para a melhoria de performance do departamento de soldadura foi utilizada a ferramenta dos 5W2H, para suporte de organização dos planos de ação traçados para tratamento dos problemas identificados no capítulo anterior.

A ferramenta 5W2H que comporta as ações dispostas, bem como, todo plano de ação estruturado, com prazos, responsáveis e demais informações, encontra-se disposta no Apêndice 2.

5.2 Propostas de novo *layout*

Para a eliminação dos desperdícios causados em função do *layout*, conforme apresentado no capítulo anterior, foi projetada uma proposta baseada em informações coletadas através de um *benchmark* realizado com outras unidades da empresa ao redor do mundo.

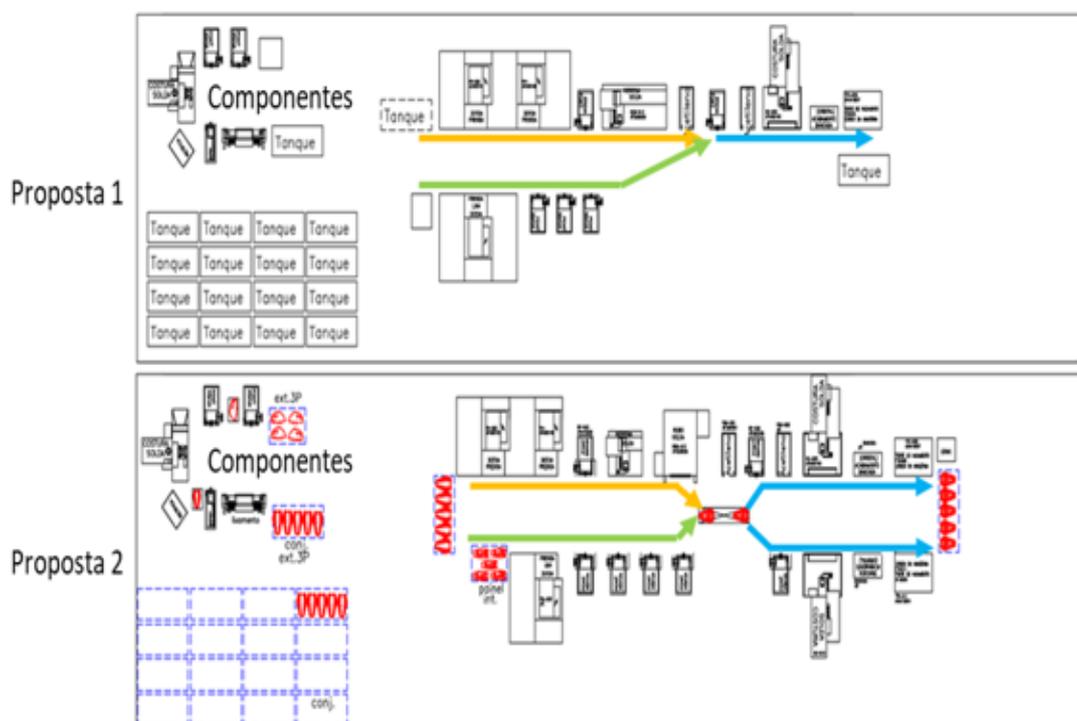
Mudanças de *layout* devem ser bem analisadas e discutidas devido à dificuldade, e à logística necessárias para a mudança de equipamentos dentro do processo de fabricação. No contexto deste projeto de investigação, foram criadas duas propostas com o objetivo de apresentar possibilidades diferentes aos gestores que fizeram a aprovação do *layout* e de mostrar que todos os aspectos referentes a mudança foram analisados.

Conforme apresentado na figura 26, apesar das propostas 1 e 2 serem muito parecidas com o *layout* apresentado no capítulo da análise da situação atual, elas têm uma diferença singular, que proporcionou uma melhoria significativa de performance. Ao que se refere aos desperdícios relacionados com o *setup*, a eliminação da esteira que se encontra na frente de todas as máquinas do processo produtivo.

Outro ponto a ser mudado, é que a montagem dos componentes passa a ser realizada em uma linha em forma de “U” (célula de montagem), separada do processo produtivo principal. Onde é realizada a montagem dos painéis do tanque de combustível. Isto, além de proporcionar uma melhor separação

entre os itens que são fabricados na linha principal (painéis externos + painel interno), e os itens da linha de componentes (suportes), possibilita a eliminação das peças componentes do tanque, que são transportadas por toda a esteira, carregando todos os itens necessários para a fabricação do tanque de combustível.

Outro aspecto das propostas de mudança, é que, de acordo com as duas propostas, se torna possível realizar a combinação das duas linhas atuais de uma forma em que o mesmo modelo que entra é o mesmo modelo que sai no final da linha. Fazendo com que se torne uma só linha produtiva e eliminando a possibilidade de produção com fluxo cruzado.



Legenda:

Amarelo – Painel Externo

Verde – Painel Interno

Azul – Painéis Soldados

Figura 26- Propostas de Layout para departamento de soldadura do tanque

Na proposta 1, temos a cor laranja representando o fluxo de fabricação da linha de tanque 1. A cor verde remete ao fluxo de produção da linha 2. A cor azul corresponde à saída de peças acabadas do departamento de soldadura. Observa-se que este *layout* se limita à capacidade de produção do processo

atual. Em contrapartida, a proposta 2, apresenta-se as mesmas cores e significâncias, com exceção da possibilidade de aumento da capacidade de produção (setas azuis).

Para facilitar na tomada de decisão, foi criada uma tabela comparativa entre a situação atual e as propostas projetadas, conforme tabela 6. De forma a avaliar quais seriam os ganhos adquiridos pelo departamento, de acordo com a solução a ser escolhida.

Tabela 6- Comparação entre o layout atual, e as propostas 1 e 2

Item	Requisitos Analisados	Layout Atual	Proposta de Layout 1	Proposta de Layout 2
1	Alimentação do material O - No mesmo lado X - Em lados opostos	0	0	0
2	Percurso de Alimentação O - Próximo ao almoxarifado X - Longe do almoxarifado	X	0	0
3	Fluxo do processo O - Sentido único X - Quebra no fluxo	X	0	0
4	Setup O - Troca rápida/acesso rápido X - Sem troca rápida/acesso difícil	X	0	0

O - Azul: Aspecto Positivo/Favorável

X - Vermelho: Aspecto Negativo/Desfavorável

Conforme análise da tabela 6, verifica-se que tanto a proposta 1, quanto a proposta 2, atendem aos requisitos que são importantes para a melhoria de performance do processo. No entanto, em função da possibilidade de aumento da capacidade, que está de acordo com o plano de crescimento futuro da empresa, a proposta 2 foi escolhida.

5.3 Metodologia de treinamento

Para racionalizar a sistemática e o gerenciamento dos treinamentos operacionais realizados no departamento, foi proposto o uso da metodologia do TWI-JI. Em função da necessidade de se melhorar a resolução dos problemas de qualidade, e de se obter uma produção estável dentro do departamento de soldadura. Com a mudança do *layout*, todos os colaboradores devem ser treinados de acordo com as tarefas que vão executar dentro do “novo” processo produtivo.

A razão pela qual o TWI-JI foi escolhido como a sistemática de treinamento do departamento de soldadura é, primeiramente, em função da disciplina que é requerida tanto para o instrutor quanto para o aprendiz. Por conseguinte, em função da possibilidade de se dividir e explicar as tarefas demonstrando-se etapas, como: os principais passos, os pontos chaves e o motivo dos pontos chaves. Dessa forma, o departamento obtém uma sistemática padronizada na forma de treinar. Ao mesmo tempo que os treinamentos se tornam eficazes. Na figura 27 é demonstrado o desmembramento feito pela equipe de líderes, em conjunto com o chefe de produção e os analistas de produção do departamento de soldadura. A figura exemplifica um processo comum do departamento, em uma folha de treinamento utilizando o conceito do TWI-JI.

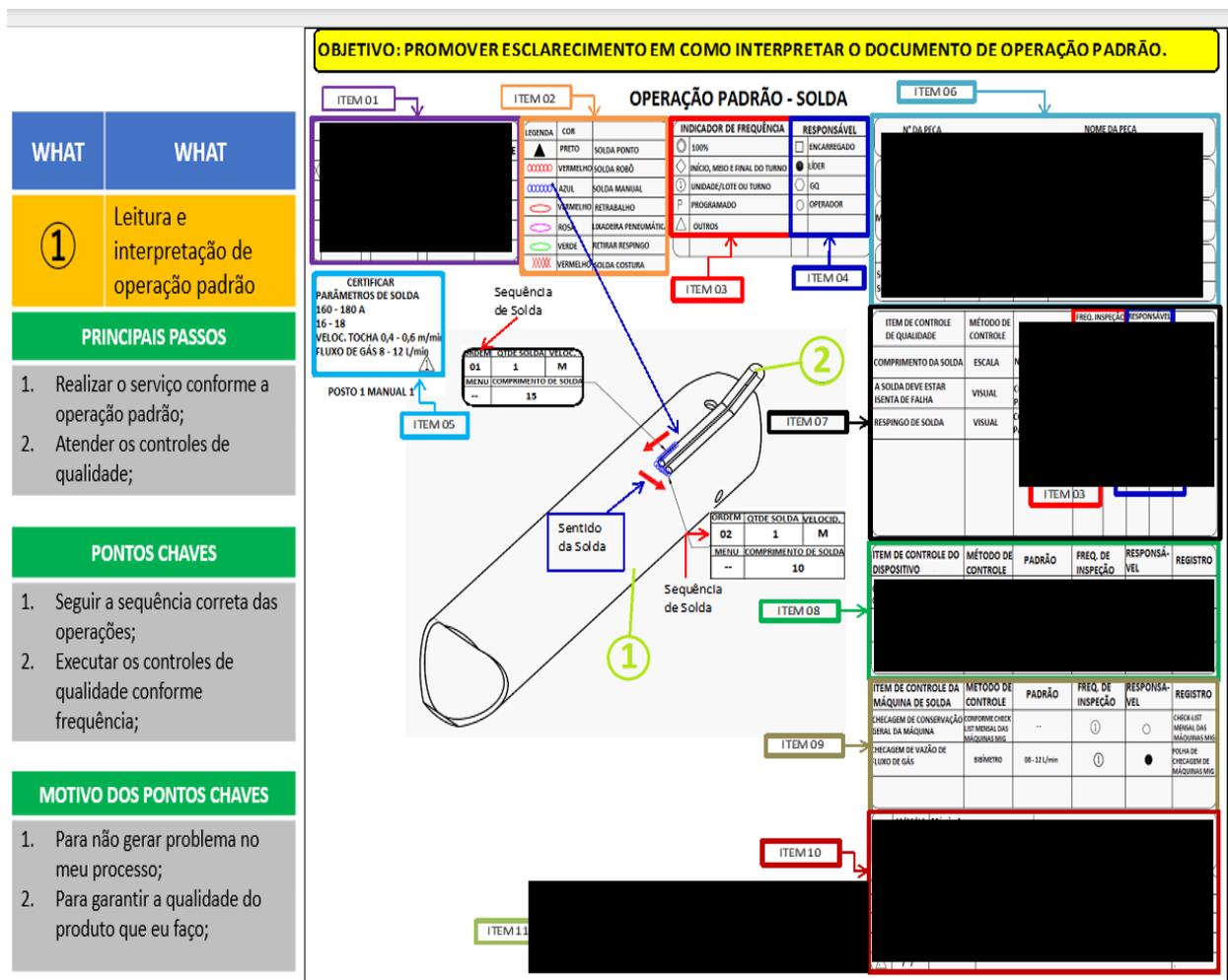


Figura 27- Desmembramento de um processo com TWI

5.4 Ações para a melhoria do *setup*

Apesar da causa raiz e as ações para a resolução dos problemas centrais já estarem definidas, durante a análise da situação atual diversos outros desperdícios e oportunidades também foram identificados. Abaixo, relacionam-se brevemente alguns dos que foram julgados mais relevantes.

5.4.1 Máquina rotativa

Como apresentado na tabela 2, o tempo para alinhamento do dispositivo é elevado. Isto se dá, em virtude de o perfil do pisador estar diferente do produto. E ainda, por conta de a mola do pisador ser fraca. Deste modo, para a correção dos pontos identificados no capítulo anterior, foram realizadas três ações, conforme figura 28. São elas: 1) modelagem e usinagem do perfil do pisador; 2) colocação de uma mola mais forte para evitar o deslizamento dos painéis no momento da soldagem; e 3) alinhamento da base da máquina para facilitar quando necessário trocar dispositivos.

Síntese do processo atual		
Etapa	 Atividades Realizadas	Tempo (minuto)
		SITUAÇÃO ATUAL
Máquina rotativa	1) Necessário alinhamento da máquina após setup, pois o pisador tem perfil divergente do modelo do produto; 2) E também, a mola do pisador está fraca;	24,90

Figura 28- Diagnóstico de situação. Etapa de Máquina Rotativa.

Para a primeira ação, de modelar e usinar o perfil do pisador, objetivou simplificar a operação de *setup* interno, para que a necessidade de ajustes fosse mitigada, e o método de fixação do equipamento de máquina rotativa seja melhorado. Segundo as premissas da técnica SMED descritas na tabela 1.

A modelagem foi feita com o objetivo de aumentar a área de contato entre o pisador e o painel, conforme apresentado na figura 29. Esta melhoria teve como princípio o aproveitamento da movimentação dos componentes internos. Em suma, para que no momento da descida do pisador a própria forma do produto já funcione como um “guia de alinhamento” entre o equipamento e a peça. Dessa forma, parte

do alinhamento de máquina, que é necessário ser realizado após o setup, poderá ser eliminado. Outro aspecto dessa alteração, é que boa parte do alinhamento que é realizado após o *setup* se dá em função da necessidade de posicionamento da tocha para a realização do processo de soldadura entre as partes.

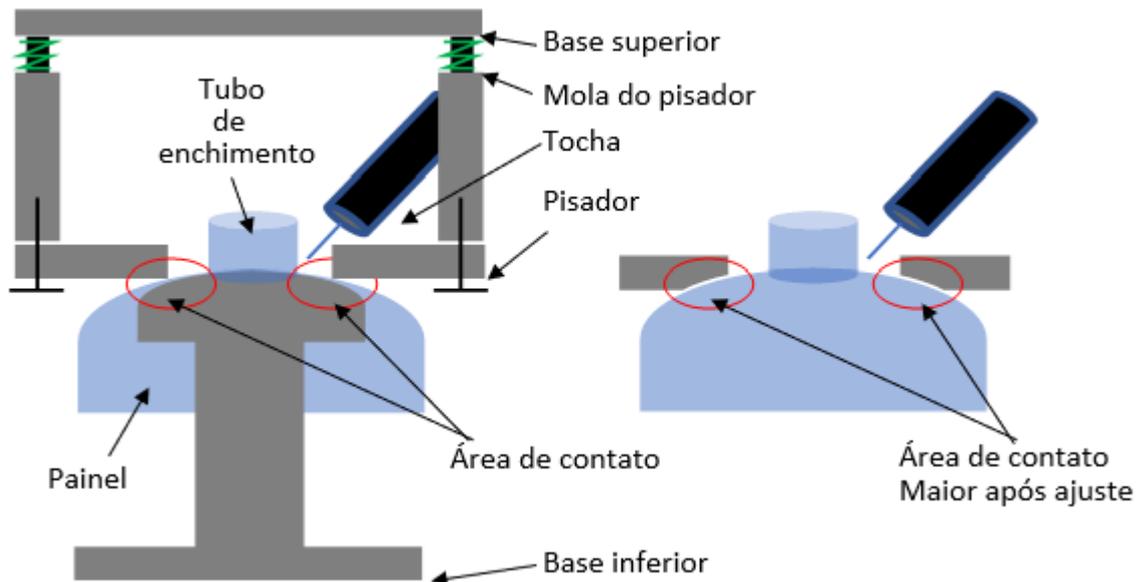


Figura 29- Detalhamento da área de contato

Além da mudança na forma do pisador, para garantir um alinhamento pela forma, eliminou-se a possibilidade de desalinhamento do produto durante o processo. Isso foi possível, devido a adição de uma mola mais potente, que garante que o produto não sofra deslocamentos (do ponto definido para a realização da união do painel) com o tubo de enchimento. Deste modo, evita-se também, a necessidade de alinhamento prévio e a ocorrência de defeitos de qualidade durante a execução do processo.

5.4.2 Teste de estanqueidade

Para a eliminação dos desperdícios existentes no *setup* do teste de estanqueidade (figura 30), foram realizadas três ações: 1) colocados engates rápidos nas mangueiras de ar, com o objetivo de mitigar o desperdício de tempo, que é causado em função da demora na retirada das mangueiras de ar e suas conexões; 2) substituição da parafusadeira por um sistema de trava rápida, para auxiliar na tarefa de remoção do dispositivo atual e na colocação do dispositivo que será utilizado em seguida dentro do processo e, 3) aproximação dos dispositivos com o equipamento de teste de estanqueidade, para mitigar os desperdícios gerados com o deslocamento dos colaboradores e com o transporte dos dispositivos antes do início do *setup* no processo.

Síntese do processo atual		
Etapa	 Atividades Realizadas	Tempo (minuto)
		SITUAÇÃO ATUAL
Teste de Estanqueidade	Movimentação excessiva para pegar o dispositivo	1,10
	Demora na retirada e conexão de mangueiras PU	1,42
	Demora na remoção e colocação do dispositivo	1,84

Figura 30- Diagnóstico da situação. Etapa de teste de estanqueidade

Pois, levando-se em consideração que grande parte do *setup* realizado no equipamento de teste de vazamento é considerado do tipo “interno” (com exceção da tarefa que consiste na movimentação para pegar o dispositivo), aplicaram-se técnicas, conforme mostrado na tabela 1, para a simplificação das tarefas realizadas durante o *setup*. Haja vista que as atividades não puderam ser convertidas em *setup* externo. O objetivo desta simplificação, foi de melhorar e padronizar o método de fixação dos dispositivos e mangueiras de ar. Bem como, melhorar o transporte dos equipamentos e, com a aproximação dos dispositivos, deixar preparado com antecedência os dispositivos que serão utilizados na sequência dentro do processo produtivo.

5.4.3 Prensa hidráulica

Conforme avaliado na figura 31, o *setup* na prensa hidráulica é composto por duas etapas, que, além de serem consideradas desperdícios, também são ergonomicamente prejudiciais aos colaboradores.

Síntese do processo atual		
Etapa	 Atividades Realizadas	Tempo (minuto)
		SITUAÇÃO ATUAL
Prensa Hidráulica	Movimentação de estampo	3,51
	Retirada e colaboração de estampo	1,64

Figura 31- Diagnóstico da situação. Etapa de prensa hidráulica

Para tratativa em relação aos desperdícios gerados no momento do *setup* da prensa hidráulica, adicionou-se na lateral do equipamento, uma mesa com esferas (figura 32). Esta mesa possibilita que a troca do estampo seja realizada de forma segura, rápida e ergonomicamente viável. Antes, em função do difícil acesso aos dispositivos e da não existência de espaço físico entre os processos, essa ação não era possível.



Figura 32- Mesa de apoio, setup da prensa hidráulica

5.5 Ações para a melhoria da qualidade

Com base nas informações obtidas no capítulo de análise da situação atual do departamento de soldadura, para a melhoria da qualidade, foi utilizada a ferramenta do Relatório A3 (Apêndice 3), que apresenta a análise completa, e as ações que foram realizadas para melhorar a qualidade dos produtos tangíveis.

Como identificado na figura 18, o defeito de “tubo de enchimento” corresponde a 96,88% do índice total de defeitos identificados. Deste modo, realizou-se uma reunião com a equipe, tendo a participação dos líderes, analistas, e chefe de produção, para discussão a respeito do defeito de maior impacto no fator de qualidade (supracitado). Nesta reunião, como já mencionado, utilizou-se a ferramenta Relatório A3, para apresentação dinâmica das partes mais importantes do projeto. Conforme Apêndice 3, um total de dezenove ações foram tomadas, chamadas de “contra medidas”, com objetivo de melhorar o fator de qualidade do departamento de soldadura. Dentre elas, citam-se as mais impactantes:

- Monitoramento dos lotes produzidos, por meio de *double-check* em 100% da produção;

- Aplicação do *Q-Gate* no processo, que consiste na checagem de 100% das peças antes da expedição ao cliente interno (departamento de pintura);

Como as ações do A3 foram elaboradas para um problema específico, para os demais problemas de qualidade, foi criada uma instrução de pontos de atenção (figura 33), com o objetivo de auxiliar os colaboradores sobre quais as partes do produto devem ser inspecionadas, para se evitar o recebimento de peça não conforme do processo anterior. Bem como, quais as partes do produto devem ser checadas após a execução de sua atividade, para evitar o envio de peça não conforme para o processo seguinte. Logo, juntamente com os treinamentos de processo baseados no TWI, o conceito de “não receber”, “não produzir” e “não enviar peça não conforme” foi implementado, melhorando a inspeção que antes era considerada ineficaz.

É importante reforçar que esta ação foi fundamental para mudança de mentalidade da mão de obra operacional. Ao fragmentar as atividades de inspeção, desmembra-se a responsabilidade integral do time do departamento de qualidade (CQ), e se compartilha com todos, independente de qual ou quais atividades este realiza. De modo que, o pensamento de “a qualidade é responsabilidade minha também” passa a ser difundido e vivido de forma prática. A instrução de pontos de atenção foi elaborada com de forma didática, e com elementos que facilitam a identificação visual. De modo a facilitar sua consulta, durante a execução das atividades de soldadura.

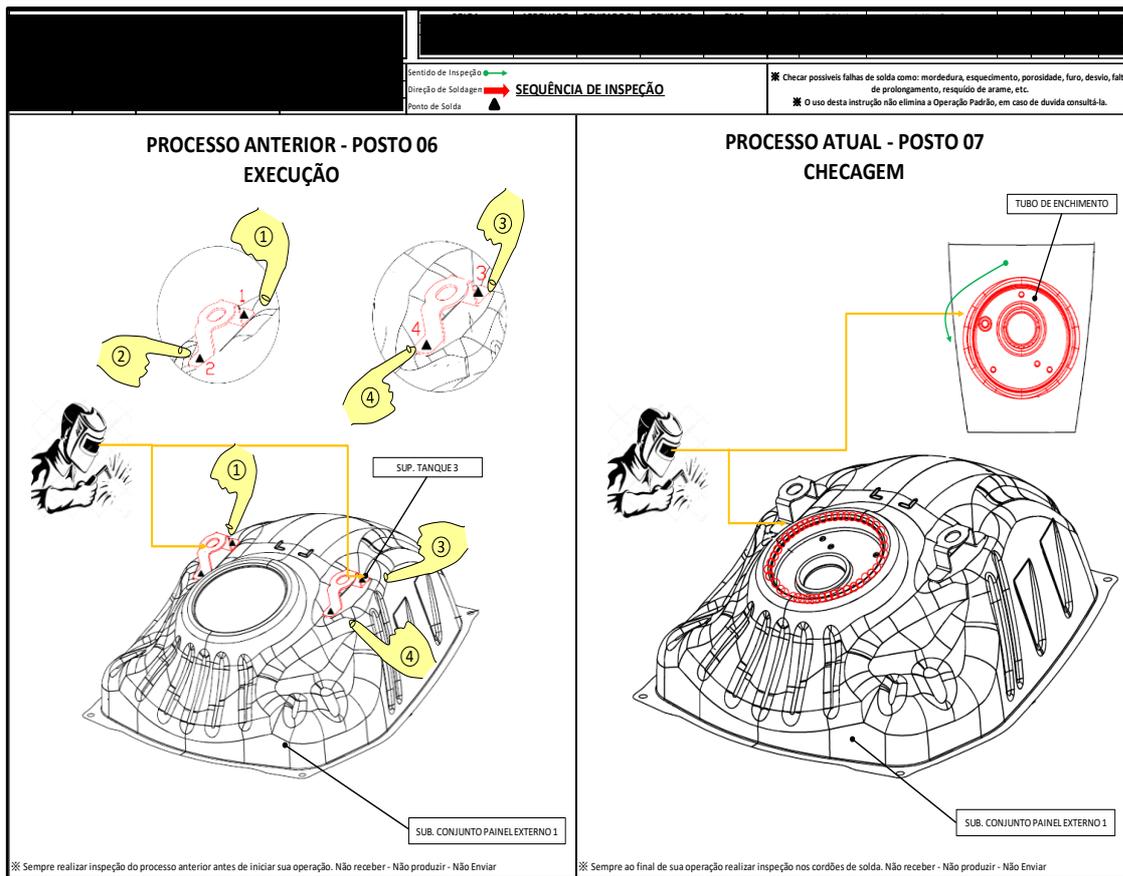


Figura 33- Instrução de pontos de atenção da soldadura do tanque

Por ser um indicador que envolve um aspecto importante do produto, as demais observações relacionadas ao fator qualidade tornaram-se de difícil controle. Portanto, não foram analisados impactos dessas medidas adotadas, em razão de não se poder afirmar que os resultados alcançados foram frutos exclusivamente das ações relacionadas neste projeto de investigação.

6. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos através das melhorias que foram implementadas no departamento de soldadura do tanque de combustível, conforme capítulo anterior. Com base nos objetivos desta proposta de investigação, definidos na secção 1.2, o impacto deste projeto de investigação será medido com base nos resultados obtidos através dos indicadores de entrega e de OEE do departamento de soldadura.

6.1 Indicador de entrega

As melhorias do novo *layout* do departamento de soldadura (adoção da Proposta 2, conforme tópico 5.2, deste) e a mudança na sistemática dos treinamentos do departamento, fez o processo de soldadura ficar mais rápido e contribuiu para que os demais desperdícios identificados fossem mitigados.

O reflexo das melhorias implantadas, puderam ser vistos já no mês subsequente ao trimestre que foi tomado como o retrato da situação anterior do departamento de soldadura. Houve um aumento de cinco pontos percentuais em relação ao último mês antes da implementação das propostas, conforme mostra a figura 34, abaixo:

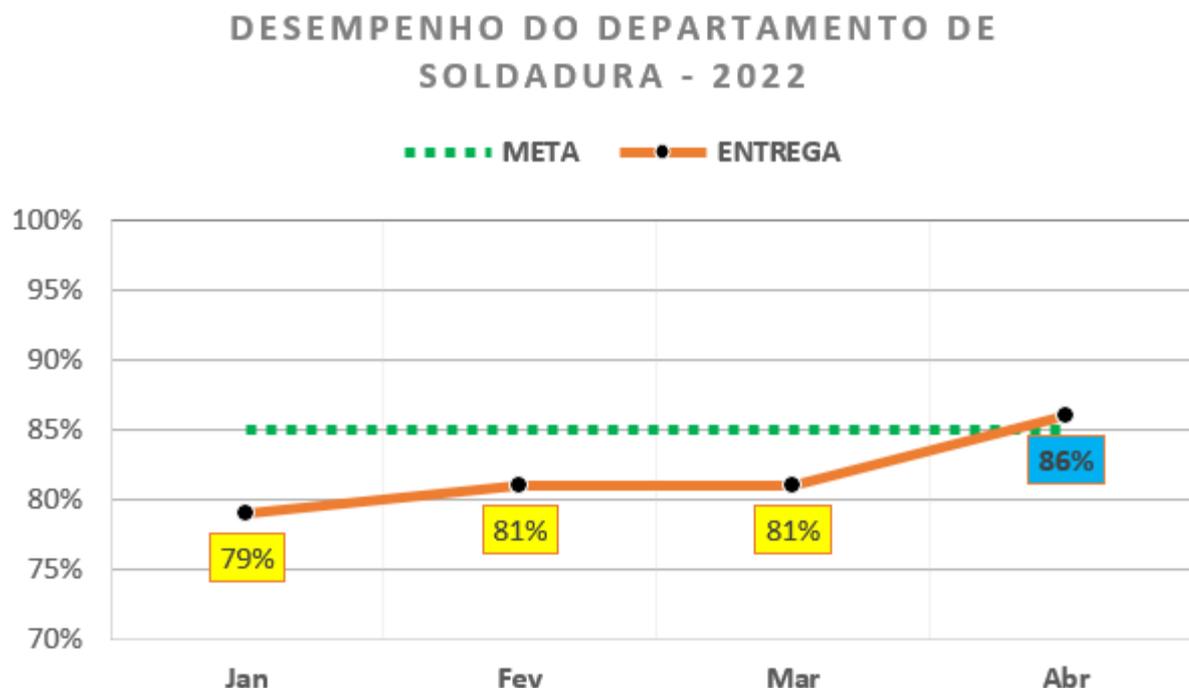


Figura 34- Resultado no indicador de entrega do departamento de soldadura

6.2 Indicador de OEE

De mesmo modo, o indicador de OEE do departamento de soldadura, conforme a figura 35, teve um aumento de quatorze pontos percentuais em relação ao mês que antecedeu a implementação das melhorias.

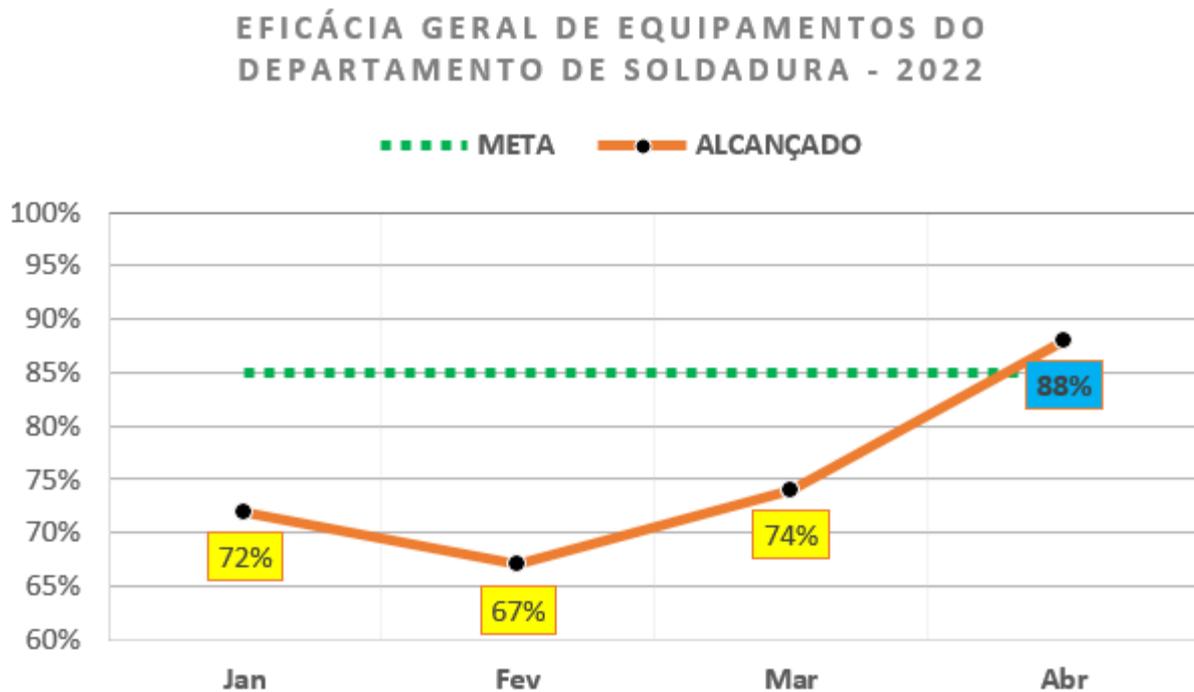


Figura 35- Resultado no indicador de OEE do departamento de soldadura

6.3 Resultados adicionais

No decorrer das análises e melhorias realizadas em função desta proposta de investigação, resultados adicionais foram identificados. Embora não estivessem listados como objetivos, por conta de seus relevantes benefícios, foram considerados para apresentação.

6.3.1 Sincronização do fluxo de fabricação

A alteração do *layout* (adoção da proposta 2, conforme tópico 5.2, deste) do departamento de soldadura possibilitou que os produtos fossem produzidos em apenas uma linha de produção. Ao tratar-se de “unificação”, refere-se aos tipos de modelo que cada linha comporta. Anteriormente, como visto na figura 20, cada linha (linha 1 e linha 2) possuía os tipos de modelo específicos, e de certa forma, exclusivos. Isto limitava o processo ao tipo de modelo fabricado. Com a “unificação” cada linha passou a fabricar todos os produtos do mix indistintamente, de forma unificada. Elevando assim, a capacidade produtiva (ao que tange mix de produtos) de cada linha de produção.

Não obstante, a unificação das linhas de produção (linha 1 e linha 2) permitiu a sincronização de saídas e entradas, entre departamentos cliente e fornecedor. Isto é, a saída do departamento de soldadura com a entrada do departamento de pintura, conforme figura 36, abaixo:

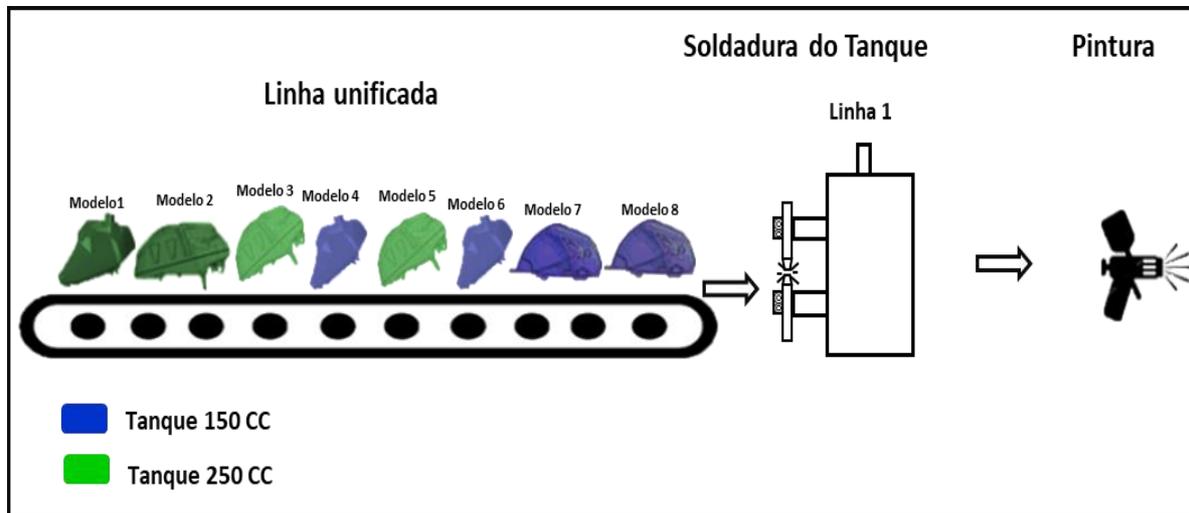


Figura 36- Sincronização do fluxo de fabricação

6.3.2 Tempo ciclo após a mudança

Após a realização das melhorias, o departamento de soldadura passou a produzir com o mesmo tempo que o seu cliente, o departamento de pintura. Dessa forma, foi possível viabilizar a sincronia produtiva entre os departamentos de soldadura e pintura. Conforme a tabela 7, observa-se que o departamento de soldadura não necessita mais de duas linhas produtivas para cada turno da linha do departamento de pintura.

Tabela 7- Síntese Comparativa de Tempos de Ciclo

Turno	Linha	Média Tempo Ciclo Solduras	Média Tempo Ciclo Pintura	Linha
1	linha 1	0,6	0,6	linha 1
	-	-	-	
2	linha 2	0,6	0,6	linha 1
	-	-	-	

Conforme a tabela 8, vários outros resultados positivos foram obtidos em função das melhorias realizadas. A produtividade (homem/hora) teve um aumento de 81%. E foram eliminados do processo quatro MO (mão de obra). O *lead time* de fabricação foi reduzido em um dia. E o tempo de *setup* foi reduzido em um terço. Espera-se, que não sejam mais desperdiçados investimentos em função de hora extra causada por falta de qualidade, em decorrência dos eventos listados nesta.

Tabela 8- Síntese de Benefícios Adicionais Alcançados

Indicador	Antes	Resultados obtidos	O que mudou?
Produtividade	4,02produtos/h.homem	7,3produtos/h.homem	Fluxo sincronizado e contínuo
Número mão de obra	18	14	Mudança do <i>layout</i> + Balanceamento de atividades
Lead Time	2 dias	1 dia	Aperfeiçoamento da qualidade + Mudança do <i>layout</i> + Balanceamento
Tempo de setup da linha toda	24,90 min	17,43 min	Mudança do <i>layout</i> + Aperfeiçoamento de setup
Hora extra	R\$ 82.978,00	R\$ 0,0 / ano	Aperfeiçoamento da qualidade

De acordo com a figura 37, após a implementação das melhorias no processo da máquina rotativa o tempo de *setup* do equipamento foi reduzido em aproximadamente 30%.

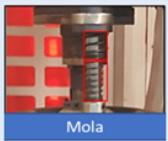
Síntese comparativa de tempos do processo			
Etapa	Atividades Realizadas	Tempo (minuto)	
		ANTES	DEPOIS
Máquina rotativa	Alinhamento da máquina após setup	24,90	17,43
Síntese das mudanças físicas no processo			
			✓ Pisador adequado; ✓ Mola nova;

Figura 37- Antes vs depois da máquina rotativa

De acordo com a figura 38, após a implementação das melhorias no processo de teste de vazamento, o tempo de *setup* do equipamento foi reduzido em aproximadamente 50%.

Síntese comparativa de tempos do processo			
Etapa	Atividades Realizadas	Tempo (minuto)	
		ANTES	DEPOIS
Teste de Estanqueidade	Movimentação para pegar o dispositivo	1,10	0,70
	Retirada e conexão de mangueiras PU	1,42	0,55
	Remoção e colocação do dispositivo	1,84	0,90
Síntese das mudanças físicas no processo			

Figura 38- Antes vs depois do teste de estanqueidade

Como apresentado na figura 39, após a implementação das melhorias no processo de *setup* do equipamento prensa hidráulica. Com a instalação da mesa, e a padronização das atividades, no geral, o tempo de *setup* foi reduzido em 57%.

Síntese comparativa de tempos de processo			
Etapa	 Atividades Realizadas	Tempo (minuto)	
		ANTES	DEPOIS
Prensa Hidráulica	Movimentação de estampo	3,51	1,51
	Retirada e colaboração de estampo	1,64	1,0

Figura 39- Antes vs depois da prensa hidráulica

Como evidenciado, algumas mudanças físicas simples reduziram consideravelmente o tempo de *setup*. Apesar de não estar listado como foco deste projeto de investigação, este é um resultado positivo importante e válido para o processo de fabricação do departamento de soldadura do tanque.

7. CONCLUSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões do autor, após todo desenvolvimento do projeto, e obtenção dos resultados da secção 6. Além das considerações finais e das recomendações de trabalhos futuros.

Tendo em vista todos os resultados que foram obtidos através da implantação deste projeto, é possível afirmar que todos os objetivos definidos previamente foram alcançados. Em especial ao objetivo que foi criado especificamente para o âmbito didático, onde se esperava demonstrar as práticas e linhas de pensamento adotadas por empresas japonesas para implantação de *Kaizen* (melhoria contínua), através do uso de ferramentas do *Lean*, este projeto apresentou um passo a passo de como os projetos são planejados e implementados.

7.1 Considerações finais

Esta dissertação teve como objetivos principais o melhoramento da performance dos indicadores de entrega e de OEE do departamento de soldadura. Em suma, para que a sua performance pudesse alcançar a meta definida de acordo com as diretrizes da empresa. De modo que os desperdícios do departamento pudessem ser identificados e eliminados, conforme diretrizes do TPS.

Em relação ao método de análise de problemas, em todo o projeto foi utilizado a forma de desmembramento. A partir de um KPI com um resultado negativo, foi-se aprofundada a análise, até que se fosse possível chegar em um ponto, denominado causa raiz. Esta por sua vez, quando tratada, eliminaria os efeitos de geração dos desperdícios que foram identificados.

Em relação às ações que foram implementadas em função deste projeto, desde o princípio, o plano foi de se introduzir mudanças estudadas. Com decisões tomadas com base em fatos e dados, para que o resultado e o retorno com a implementação das propostas fossem positivos e maximizados.

Em relação aos resultados obtidos, apesar de terem superado os objetivos definidos, muitos outros resultados secundários foram apresentados neste projeto. Isto se dá, em função do grande número de mudanças que foram implementadas. Tal aspecto é importante para que se possa ter uma visão geral dos pontos de mudanças que precisam ser monitorados, assim como o efeito destas mudanças.

Por ser realizado em período de restrições, em função da pandemia que assolou o mundo, este projeto teve que ser realizado respeitando todas as regras de distanciamento e isolamento necessárias para

evitar a propagação do vírus COVID-19. Por isso, em alguns momentos este fator foi considerado como um desafio adicional a realização do projeto.

Em relação ao ganho com a redução de quatro colaboradores (redução de mão de obra direta no processo de produção), que foi possível através deste projeto. Informa-se que os colaboradores foram treinados e realocados para uma outra função dentro da empresa. Deste modo, seguindo os princípios do TPS, evitou-se desperdícios com novas contratações e treinamentos, e principalmente mantendo *know-how* dentro da empresa.

Com a realização deste projeto, foi possível aplicar várias ferramentas, conceitos e técnicas, obtidos através do estudo dos princípios do TPS, e do *Lean Manufacturing*. De modo que foi possível difundi-las entre toda a equipe do Departamento de Soldadura, do nível estratégico ao operacional. Não obstante, para além dos ganhos financeiros, a vivência de implantação, e a mudança de mentalidade são pautados como os benefícios mais preciosos desse trabalho.

7.2 Trabalhos futuros

Seguindo o princípio de melhoria contínua, em se tratando de produtivos, diversas outras possibilidades se tornam possíveis se aplicadas as mesmas técnicas e conceitos que foram aplicados neste projeto. Dessa forma, de acordo com o plano de crescimento da empresa, no futuro, pode ser necessário que o OEE tenha uma performance ainda maior do que a obtida com este projeto, fazendo com que a linha de soldadura do tanque seja novamente objeto de análise e implementação de melhorias.

Neste contexto, para se obter um processo que consiga atingir um OEE ainda mais elevado, a proposta é que, novamente sejam aplicadas técnicas *Lean* no departamento de soldadura do tanque, porém, desta vez acompanhadas de conceitos de indústria 4.0 buscando tornar o departamento de soldadura em uma *Lean Smart Manufacturing*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aartsengel, A. van, & Kurtoglu, S. (2013). Handbook on Continuous Improvement Transformation. In *Handbook on Continuous Improvement Transformation*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35901-9>
- Alkhoraif, A., Rashid, H., & McLaughlin, P. (2019). Lean implementation in small and medium enterprises: Literature review. *Operations Research Perspectives*, 6. <https://doi.org/10.1016/J.ORM.2018.100089>
- Araújo, A., Alves, A. C., & Romero, F. (2021). Barriers to Lean and Pull System implementation: a case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1193(1), 012048. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1193/1/012048>
- Balabuch, P. (2017). *Princípios e filosofia Lean* (Vol. 1). Atena.
- Binti Aminuddin, N. A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Antony, J., & Rocha-Lona, L. (2016). An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness. *International Journal of Production Research*, 54(15), 4430–4447. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055849>
- Bouazza, Y., Lajjam, A., & Dkhissi, B. (2021). The Impact of Lean Manufacturing on Environmental Performance in Moroccan Automotive Industry. *Management Systems in Production Engineering*, 29(3), 184–192. <https://doi.org/10.2478/MSPE-2021-0023>
- Chiarini, A. (2013). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Springer. <http://www.springer.com/series/10441>
- Costa, J. J. S. (2021). *Ferramentas Lean na Industrialização de Novos Produtos numa Multinacional da Indústria Automóvel*. (Tese de mestrado). Universidade do Minho, Braga.
- Coutinho, Souza, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. (2009). *Investigação-Ação: Metodologia preferencial nas práticas educativas*.
- Ferreira, P., Ávila, P., Bastos, J., Silva, F. J. G., Sá, C., Brito, M., Del, L., Corrales, C. N., Lambán, M. P., Morella, P., Royo, J., Carlos, J., Catalán, S., & Hernandez Korner, M. E. (2022). *Developing and Implementing a Lean Performance Indicator: Overall Process Effectiveness to Measure the Effectiveness in an Operation Process*. <https://doi.org/10.3390/machines10020133>
- Filho, O., Araujo, S., & Florio, A. (2006). *Detecção automática do aquecimento em componentes de um sistema industrial, baseada no reconhecimento de imagens térmicas*. 1–9.
- Furman, J., & MaÅyasa, T. (2021). The use of lean manufacturing (lm) tools in the field of production organization in the metallurgical industry. *Anali Zavoda Za Povijesne Znanosti Hrvatske Akademije Znanosti i Umjetnosti u Dubrovniku*, 60(3–4), 431–433.
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). Lean Construction Management. In *Lean Construction Management*. <https://doi.org/10.1007/978-981-287-014-8>
- Gupta, P., & Vardhan, S. (2016). Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: A case study. *International Journal of Production Research*, 54(10), 2976–2988. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1145817>
- Hoelt, S. (2010). Stories from My Sensei. In *Stories from My Sensei*. <https://doi.org/10.1201/b10241>
- Ioana, A. D., Maria, E. D., & Cristina, V. (2020). Case Study Regarding the Implementation of One-Piece Flow Line in Automotive Company. *Procedia Manufacturing*, 46, 244–248. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.03.036>
- Jiménez, P., Diez, J. V., & Ordieres-Mere, J. (2016). HOSHIN KANRI Visualization with Neo4j. Empowering Leaders to Operationalize Lean Structural Networks. *Procedia CIRP*, 55, 284–289. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2016.08.023>
- Kato, I., & Smalley, A. (2011). *Toyota kaizen methods: Six steps to improvement*. CRC Press.
- Korytkowski, P., Wisniewski, T., & Rymaszewski, S. (2013). Multivariate simulation analysis of production

- leveling (heijunka) - a case study. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(9), 1554–1559. <https://doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00285>
- Ledbetter, P. (2018). *The Toyota template: The plan for just-in-time and culture beyond lean tools*. CRC Press.
- Leksic, I., Stefanic, N., & Veza, I. (2020). The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering And Management*, 15(1), 81–92. <https://doi.org/10.14743/APEM2020.1.351>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way 14 management principles from the worlds greatest manufacturer* (Vol. 2004). McGraw-Hill. <http://eprints.uanl.mx/5481/1/1020149995.PDF>
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The toyota way fielbook*. McGraw-Hill.
- Lindberg, C. F., Tan, S., Yan, J., & Starfelt, F. (2015). Key Performance Indicators Improve Industrial Performance. *Energy Procedia*, 75, 1785–1790. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.474>
- Luz, M. L., Correa, L. B., Luz, C. A., & Correa, É. K. (2012). *Metodologia da pesquisa científica e produção de textos para engenharia*. Universidade federal de Pelotas.
- Maarof, M. G., & Mahmud, F. (2016). A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. *Procedia Economics and Finance*, 35, 522–531. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(16\)00065-4](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(16)00065-4)
- Marksberry, P. (2012). The modern theory of the toyota production system: A systems inquiry of the world's most emulated and profitable management system. In *The Modern Theory of the Toyota Production System: A Systems Inquiry of the World's Most Emulated and Profitable Management System*. <https://doi.org/10.1201/b12902>
- Martins, B., Silva, C., Silva, D., Machado, L., Brás, M., Oliveira, R., Carvalho, T., Silva, V., & Lima, R. M. (2021). *Implementation of a Pull system - A case study of a polymeric production system for the automotive industry*. <https://doi.org/10.2478/mspe-2021-0031>
- Mccarthy, D., & Rich, N. (2015). *Lean TPM A Blueprint for Change Second edition*.
- Monden, Y. (2012). *Toyota production system: An integrated approach to Just-In-Time*. CRC Press.
- Morgan, J. M., & Liker, J. K. (2006). *The Toyota product development system* (Vol. 76, Issue 9). Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9781482293746>
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM* (pp. 1–158).
- Obara, S., & Wilburn, D. (2012). TOYOTA by TOYOTA: Reflections from the Inside Leaders on the Techniques That Revolutionized the Industry. In *TOYOTA by TOYOTA*. <https://doi.org/10.1201/b11902>
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. CRC Press.
- Ohno, T. (2013). *Taiichi Ohno 's Workplace Management: Special 100th Birthday Edition*. McGraw-Hill.
- Provdanov, C. C., & Freitas, E. C. De. (2013). Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. In *Novo Hamburgo: Feevale*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Puchkova, A., Srinivasan, R., McFarlane, D., & Thorne, A. (2015). Towards lean and resilient production. *IFAC-PapersOnLine*, 28(3), 2387–2392. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.445>
- Sancha, C., Wiengarten, F., Longoni, A., & Pagell, M. (2020). The moderating role of temporary work on the performance of lean manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 58(14), 4285–4305. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1651458>
- Santos, D. M. dos C., Dos Santos, B. K., & Dos Santos, C. G. (2021). Implementation of a standard work routine using Lean Manufacturing tools: A case Study. *Gestao e Producao*, 28(1). <https://doi.org/10.1590/0104-530X4823-20>

- Sathiyapriya, T., & Vivek, N. (2013). Application of TWI (Training Within Industry) in Supply Chain Management. In *Journal of Contemporary Research*. <https://www.psgjcrm.com/journals/index.php/jcrm/article/view/208/238>
- Shingo, S. (1985). *A revolution in Manufacturing : The SMED System Translated*. 391.
- Singh, S., & Kumar, K. (2021). A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 1153–1162. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2020.04.019>
- Stewart, J. (2011). *The Toyota Kaizen Continuum: A Practical Guide to Implementing Lean* (Vol. 24). <https://books.google.co.id/books?id=JXHRBQAAQBAJ>
- Tošanovi´c, N. T., & Štefani´c, N. (2022). *Influence of Bottleneck on Productivity of Production Processes Controlled by Different Pull Control Mechanisms*. <https://doi.org/10.3390/app12031395>
- Varisco, M., Johnsson, C., Mevik, J., Schiraldi, M. M., & Zhu, L. (2018). KPIs for Manufacturing Operations Management: driving the ISO22400 standard towards practical applicability. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 7–12. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2018.08.226>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos., D. (1990). *The machine that changed the world*. Macmillan Publishing Company. 323.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – FERRAMENTA 5 PORQUÉS APLICADA AO PROJETO DE INVESTIGAÇÃO

M	Causa do problema	1º Por quê?	2º Por quê?	3º Por quê?	4º Por quê?	5º Por quê?	Causa raiz
Máquina	Setup longo	Demora excessiva ao trocar e modelo	Difícil acesso aos dispositivos	A área ao redor dos equipamentos não sobra espaço para dispositivos	O conceito é de produção em linha	O layout em linha utiliza todo espaço para esteira	<i>Layout</i> do departamento é inadequado para instalar troca rápida
Ambiente	Layout inadequado	Provoca excesso de movimentação (operação sem valor)	Não existe espaçamento entre os processos	Existem mais máquinas do que operadores	O <i>layout</i> utiliza o conceito de produção "em linha"	O <i>layout</i> é projetado para o modelo com maior número de processos	<i>Layout</i> em linha do departamento é inadequado e gera quebra no ritmo devido <i>setup</i>
Método	Método de aplicação de treinamento ineficaz	Os colaboradores não assimilam os treinamentos	Após o treinamento sempre há dúvidas	O treinamento é realizado mostrando a operação padrão	A metodologia para treinar não explica passos do processo	Não há sistemática área realização dos passos	O departamento não tinha conversa franca com os operadores e não sabia de suas deficiências
Medidas	Inspeção ineficaz	Produtos passam com defeitos entre os processos	Colaboradores não conseguem detectar defeitos	Não há hábito de inspecionar defeitos ao receber e ao enviar	O conceito de inspeção não está claro	Colaboradores acreditam que somente o último processo deve garantir a qualidade	Não há cultura de detecção de defeitos porque o método não contempla os passos de inspeção crítico do processo
M. Obra	Condições ergonômicas ruins	Operadores ficam fadigados durante o expediente	Devido movimentações excessivas	Existem mais máquinas do que operadores	O <i>layout</i> utiliza o conceito de produção "em linha puxada"	O <i>layout</i> é projetado para o modelo com mais processos	O <i>layout</i> do departamento é inadequado. Em função disto, é necessário a movimentação em excesso dos colaboradores, para poder produzir

APÊNDICE 2 – PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS (5W2H)

What?	Why?	Where?	When?	Who?	How?	How Much?
O quê?	Porquê?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?
Modificação do <i>layout</i> atual para a proposta 2	<i>Layout</i> do departamento é inadequado para se instalar troca rápida	Linha tanque	Mar/22 até abr./22	Yhagor	MM Chart Simulação Cronoanálise	N/A
Modificação do <i>layout</i> atual	<i>Layout</i> em linha é inadequado e gera quebra de ritmo devido setup	Linha tanque	Mar/22 até abr./22	Yhagor	Disponibilizando área para melhoria da atividade de setup	Valor aproximado do projeto: R\$ 220.000,00
Modificação do <i>layout</i> atual	O <i>layout</i> do departamento é inadequado. Em função disto, é necessário a movimentação em excesso dos colaboradores, para poder produzir	Linha tanque	Mar/22 até abr./22	Yhagor	Balanceamento entre homem e máquina elimina tempo sem valor	N/A
Implantar método de treinamento operacional	O departamento não tinha uma conversa franca com os operadores a respeito da sistemática de como aprender e executar sua atividade	Academia de solda + in loco	Mar/22 até abr./22	Yhagor	Através do método TWI com desmembramento das operações, explicando os pontos chaves e os motivos dos pontos chaves	N/A
Sistema de gerenciamento da qualidade com foco em tornar a prática uma cultura	Não existe a cultura de detecção de defeitos	Todo departamento	Mar/22 até abr./22	Yhagor	Através do fluxo de gerenciamento da qualidade	N/A

APÊNDICE 3 – FERRAMENTA RELATÓRIO A3 APLICADA AO PROJETO DE INVESTIGAÇÃO

A3 Report - Saihatsu Boushi

Implementação dos 8 STEPS da Atividade para Prevenção de Recorrência

TEMA	Falha de solda tubo de enchimento	PRODUTO		PROCESSO	
SETOR	Solda	MODELO	Solda do tubo de enchimento	FORNECEDOR	
PEÇA	Tanque combustível	QTD.		DATA	
CÓDIGO			N/A		

STEP 1 Problema (• Esclarecimento do Problema • Objetivo • 5W1H • KPI's).

Problema:

- Defeitos no cordão de solda (furos, variação na espessura do cordão);
- Dificuldade no set-up;
- Dificuldade em pequenos ajustes;

Objetivo:

- Reduzir índice de defeitos no processo de solda do tubo de enchimento.

TIPO DE DEFEITO

TIPO DE DEFEITO	QTY.	(%)
ENCHIMENTO	9846	98,46%
PARAFUSO	80	0,80%
COSTURA	60	0,60%
VAL SUPORTE	40	0,40%
FECHADURA	20	0,20%
SUPRIMENTADO	10	0,10%
DEBIDO	5	0,05%
FURCA	5	0,05%
CORTES	5	0,05%

RECONHECIMENTO AOS PARTICIPANTES		Nº REGISTRO	
Nome	Sector	Função no Projeto	
GAJ/ Solda	Engenharia	Checagem do processo e coleta de dados	
Manutenção	Engenharia	Atuação nos pontos que requer serviço de manutenção no robô	
Eng. / Solda	Engenharia	Acompanhamento das solicitações enviadas da produção	
		Acompanhamento das atividades	

DATA REGISTRO		010-2022	
Aprova	Confere	Coordenador	

STEP 5 Contra - Medida (Executar itens que foram apontados no relatório de investigação do Step 3).

Causas (Causa Real do step 3)	IT	Contra-Medidas	Quem	Quando		Check (Auditor)	Resultado
				Plan	Real		
Base com reforço ineficaz	1	Geometria na base do robô		28-fev-22	28-fev-22	Yhagor	OK
Base com reforço ineficaz	2	Ajuste de parâmetros após geometria		28-fev-22	28-fev-22	Yhagor	OK
O impacto das mudanças dentro do processo não foram avaliados corretamente	3	Troca de arame oxidado		28-fev-22	28-fev-22	Yhagor	OK
Máquina	4	Check de pressão das roldanas		28-fev-22	28-fev-22	Yhagor	OK
DSO	5	Revisar bases após setup		28-fev-22	28-fev-22	Yhagor	OK
Método	6	Jatear local de fixação do tubo antes de montar a peça para soldar		28-fev-22	28-fev-22	Yhagor	OK
Máquina	7	Realizar limpeza do condute semanalmente		28-fev-22	28-fev-22	Yhagor	OK
Método	8	Purgar gás início turno e remover pulmão de gás defei		28-fev-22	28-fev-22	Yhagor	OK
Pressão na base está muito alta	9	Trocar moles do pisador		01-mar-22	01-mar-22	Yhagor	OK
Pressão na base está muito alta	10	Trocar base de cobre desgastado		01-mar-22	01-mar-22	Yhagor	OK
DSO	11	Definir padrão de setup		01-mar-22	01-mar-22	Yhagor	OK
Pressão na base está muito alta	12	Realizar ajuste no rolamento da base		01-mar-22	01-mar-22	Yhagor	OK
DSO	13	Elaborar matriz de ferramentas e/ou bases do robô por modelo		01-mar-22	01-mar-22	Yhagor	OK
DSO	14	Diminuir folga entre bolcal e furo do painel		2-Mar	2-Mar	Yhagor	OK
Máquina	15	Realizar teste com arame 0,6		2-Mar	2-Mar	Yhagor	OK
Máquina	16	Troca do transformador de 200 kva por 220 kva		2-Mar	2-Mar	Yhagor	OK
Processo	17	Aquisição de bicos originais do robô		2-Mar	2-Mar	Yhagor	OK
DSO	18	Regularizar furos de fixação da base		2-Mar	2-Mar	Yhagor	OK
Máquina	19	Realizar novo batimento e ajuste		2-Mar	2-Mar	Yhagor	OK
	20						

STEP 2 Contra-Medidas (• Ação para Contenção)

IT.	O que	Quem	Como	Quando	Check (Auditor)	Resultado
1	Aplicação do Q-Gate no processo		Checagem 100%	28/fev	28/fev	Yhagor ok
2	Ajuste do robô de solda		Ajuste do programa de solda	28/fev	28/fev	Yhagor ok
2	Monitoramento dos lotes produzidos		Double-check em 100% da produção	2-Mar	2-Mar	Yhagor ok
3						

STEP 3 4M • Análise de Causa e Efeito (• Buscar os fatos da Ocorrência e identificar a causa de maior importância).

SITUAÇÃO ATUAL	M.OBRA	MATERIAL	MÁQUINA	MÉTODO
<ul style="list-style-type: none"> - Setup - Posicionamento da tocha - Edição do programa 	<ul style="list-style-type: none"> - Folga entre painel e tubo de enchimento(4) - Tubo de enchimento com problema de repuxo 	<ul style="list-style-type: none"> - Batimento 1 - Pressão na Base 2 - Folga no barramento - Sensores - Referenciamento do robô 	<ul style="list-style-type: none"> - Parâmetros (Corrente, voltagem, gás) - Alimentação do arame - Bico, contato e bolcal 3 	

STEP 4 Análise do Naze Naze (• Método para Determinar a causa Real • Atentar a coerência da análise e ligação com fatos).

WHY MADE 1	2º POR QUE?	3º POR QUE?	4º POR QUE?	5º POR QUE?	CAUSA RAZIZ
Porque o cordão de solda apresenta defeitos e variação?	Porque o batimento do DSO está comprometido?	Porque o reforço da base é ineficaz para suportar o peso da base + a pressão do pisador?	Porque o reforço da base é ineficaz para suportar o peso da base + a pressão do pisador?	Porque só existe um reforço central para o suporte da base?	Base com reforço ineficaz
Por que o batimento do DSO está comprometido?	Por que o momento da soldagem a base sofre vibração?	Por que a pressão do pisador é demasiada?	Por que conforme é aplicada a pressão de 6 bar, a base perde estabilidade?	Devido ao projeto do equipamento	Pressão na base está muito alta
Por que o momento da soldagem a base sofre vibração?	Por que a pressão do pisador é demasiada.	Por que conforme é aplicada a pressão de 6 bar, a base perde estabilidade.	Devido a pressão estar muito alta.	Por que o bocal foi ajustado para evitar contato com a peça e o bico foi alterado em função de um MDR do setor?	O impacto das mudanças dentro do processo não foram avaliados corretamente
Porque o cordão de solda apresenta defeitos e variação?	Porque houveram mudanças no processo não conforme o especificado?	Porque o bocal e bico de contato não estão conforme o especificado?	Porque o bocal está deformado e o bico não é o que foi especificado pela EL?	Por que o bocal foi ajustado para evitar contato com a peça e o bico foi alterado em função de um MDR do setor.	
Por que houveram mudanças no processo não conforme o especificado.	Por que o bocal está deformado e o bico não é o que foi especificado pela EL.	Por que o bocal está deformado e o bico não é o que foi especificado pela EL.	Porque o bocal foi ajustado para evitar contato com a peça e o bico foi alterado em função de um MDR do setor.	Porque a área estava bastando um melhoramento no processo	
Porque o cordão de solda apresenta defeitos e variação?	Porque o painel deslocou no momento em que foi posicionado no DSO?	Por que existe uma folga demasiada entre o perfil do DSO e o perfil do painel?	Por que os perfis são diferentes?	Por que o ajuste do DSO não casa com o produto?	Ajuste do DSO
Por que o painel deslocou no momento em que foi posicionado no DSO.	Por que existe uma folga demasiada entre o perfil do DSO e o perfil do painel.	Porque os perfis são diferentes.	Porque a superfície do DSO não casa com o produto.	Porque o ajuste do DSO não está conforme o perfil do produto	

STEP 6 Resultado das Medidas (Confirmar a Eficácia das Contra Medidas)

☆ Foi abordado risco e oportunidade, Alcançou a melhoria ? _____

☆ As Medidas Implantadas, tiveram resultado? Comparar com Step 1) Data : ____/____/____ Check por : _____

STEP 7 Padronização (Rever Conteúdo de Documentação como Normas, Fluxos)

☆ O Conteúdo da Contra Medida executada, foi realmente a contra medida que resolveu a causa real? _____

☆ Concluiu-se todas as padronizações, SAP, Fluxo, instruções, Desenhos, etc ? _____ Data : ____/____/____ Check por : _____

STEP 8 Abrangência (A Abrangência da Prevenção Contra reincidência foi eficaz?)

☆ Risco e Oportunidade, teve efeitos indesejáveis : _____

☆ Risco e Oportunidade, Foi possível reduzir ou prevenir ? _____

☆ Fez-se as verificações e revisões nos processos/produtos similares no alinhamento horizontal ? _____

☆ Após solucionado o problema ocorrido, a abrangência contemplou outros modelo ? _____