

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
LEAN SIX SIGMA – CERTIFICAÇÃO BLACK BELT**

PAULO HENRIQUE SCHUCK

**USO DA ENGENHARIA DE PROCESSOS E FERRAMENTAS LEAN
SIX SIGMA NA MELHORIA DOS RESULTADOS DO SETOR DE
FUNDIÇÃO EM UMA FÁBRICA DE MÉDIO PORTE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2021

PAULO HENRIQUE SCHUCK

**USO DA ENGENHARIA DE PROCESSOS E FERRAMENTAS LEAN
SIX SIGMA NA MELHORIA DOS RESULTADOS DO SETOR DE
FUNDIÇÃO EM UMA FÁBRICA DE MÉDIO PORTE**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Lean Six Sigma - Certificação Black Belt do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Emerson Rigoni. Dr. Eng.

CURITIBA

2021



TERMO DE APROVAÇÃO

USO DA ENGENHARIA DE PROCESSOS E FERRAMENTAS LEAN SIX SIGMA NA MELHORIA DOS RESULTADOS DO SETOR DE FUNDIÇÃO EM UMA FÁBRICA DE MÉDIO PORTE DO SUDOESTE DO PARANÁ

por

Paulo Henrique Schuck

Esta monografia foi apresentada em 20/06/2021, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Lean Six Sigma – Certificação Black Belt, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba. O aluno foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Wanderson Stael Paris, M.Sc.
Membro Titular da Banca - UTFPR

AGRADECIMENTOS

Nestes poucos parágrafos dedicados à gratidão, gostaria de registrar e valorizar as pessoas que de alguma forma impactaram, ajudaram e apoiaram a realização deste trabalho.

Agradeço ao meus pais pela vida e condições para chegar neste ponto, especialmente a minha mãe Rosa, com todo amor fraternal e confiança no meu futuro. Agradeço à minha irmã Ana pelos concelhos e amizade. Obrigado à Aline, meu amor e noiva, por ser a pessoa que me faz enxergar muita beleza no mundo e sentir felicidade nas coisas cotidianas.

Aos meus colegas de curso, fico grato pela companhia durante as aulas e por compartilharem seus conhecimentos e vivências comigo, em especial para Douglas, Rafael e Ricardo. Agradeço aos professores do curso por transmitirem seus conhecimentos mesmo, com paciência e determinação, em especial ao Wanderson Steal Paris, por sua determinação no ensino e assumir responsabilidades desafiadoras em épocas difíceis. Grato ao meu Orientador Emerson Rigoni pelas horas gastas nas correções e dicas valiosas para conclusão do trabalho.

Agradeço aos meus colegas de empresa durante a realização do projeto, pela resiliência na solução de conflitos, foco no problema e confiança no trabalho realizado. Em especial gostaria de mencionar Rafael, Franciele e Alaércio, profissionais competentes que considero amigos. Agradeço aos líderes de turno, em especial Vanderlei, Edson, e os operadores da produção e logística interna pelo empenho no projeto. Agradeço aos Gerentes e Supervisores por compartilharem conhecimentos e apoiarem o trabalho e em especial ao consultor Mário Antunes agindo como Sensei. Agradeço à Direção e acionistas, por possibilitarem os meios para realização do projeto, em especial ao Sr. Acir Jr., que busca a melhoria contínua e a cultura de manufatura enxuta.

“- O termo que aprendemos é um erro de tradução-, afirmou meu pai com um sorriso. -O conceito original é “tolerância zero para defeitos”. A cada passo do processo, o operador foi treinado a identificar trabalho defeituoso que vem mais acima no fluxo, e a recusá-lo. De fato, se o operador aceita trabalho defeituoso que vem, acrescenta a isso seu próprio trabalho e passa adiante no fluxo, ele ou ela, está tomando responsabilidade pelo defeito”
(A mina de ouro, 2007)

RESUMO

SCHUCK, Paulo Henrique. **USO DA ENGENHARIA DE PROCESSOS E FERRAMENTAS LEAN SIX SIGMA NA MELHORIA DOS RESULTADOS DO SETOR DE FUNDIÇÃO EM UMA FÁBRICA DE MÉDIO PORTE**. Monografia de especialização – Lean Six Sigma – Certificação Black Belt, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2021.

O anseio por utilizar uma metodologia de manufatura enxuta afeta fabricas de médio porte. A fábrica foco do projeto produz cascos de bateria por injeção plástica e se encaixa como indústria de médio porte. Desejando melhorar o desempenho e qualidade do setor de fundição, cujos resultados estavam abaixo do esperado para os investimentos anteriormente realizados, o projeto buscou como premissas utilizar ferramentas e conceitos do *Lean Six Sigma* para melhorar os resultados e diminuir a taxa de defeitos. Para tal, analisar o estado atual, detectando perdas e agindo para remover fontes de incerteza para com as informações. Implementar o sistema puxado de produção e logística interna juntamente com melhor coleta de dados favoreceu à equipe para identificar e atuar nas causas-raiz do defeito com mais impacto na produção. Assim, o uso de metodologias e fixação do conhecimento da fábrica acaba gerando benefícios tangíveis e intangíveis por toda a empresa, como ganho de espaço, confiança na qualidade e maior lucratividade. Criando o fluxo puxado foi possível que o setor deixasse a dependência do PCP para programar a produção e os lotes enviados mudaram de 12 toneladas por semana para pequenos lotes de no mínimo 120 kg por hora conforme a demanda. Os ganhos na qualidade do produto refletiram na redução da taxa de inconformidade gerando ganhos estimados de 2 mil reais por dia de produção, aproximadamente 500 mil reais ano, com aumento da confiabilidade e performance nos setores clientes, devido a diminuição da necessidade de conferência de inconformidades e movimentação de refugos.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta. Qualidade. Ferramentas. *Lean Six Sigma*.

ABSTRACT

SCHUCK, Paulo Henrique. **USO DA ENGENHARIA DE PROCESSOS E FERRAMENTAS LEAN SIX SIGMA NA MELHORIA DOS RESULTADOS DO SETOR DE FUNDIÇÃO EM UMA FÁBRICA DE MÉDIO PORTE**. Monografia de especialização – Lean Six Sigma – Certificação Black Belt, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2021.

The desire to use a lean manufacturing methodology affects medium-sized factories. The project's focus factory produces battery hulls by plastic injection and fits as a medium-sized industry. Wishing to improve the performance and quality of the foundry sector, results were lower than expected for previous investments made, the project sought as premises, to use Lean Six Sigma tools and concepts to improve results and reduce the rate of defects. To do this, analyze the current state, detecting losses and acting to remove sources of uncertainty regarding the information. Implementing the internal production and logistics system together with the best data collection favored the team to identify and act on the root causes of the defect with the greatest impact on production. Thus, the use of methodologies and fixation of factory knowledge ends up generating tangible and intangible benefits for the entire company, such as gaining space, confidence in quality and greater profitability. Creating the pulled flow, it was possible for the sector to leave the dependence on the PCP to schedule production and the batches sent changed from 12 tons per week to small batches of at least 120 kg per hour according to demand. The gains in product quality reflected in the reduction of the non-conformity rate, generating estimated gains of R\$ 2.000,00 per day of production, approximately R\$ 500.000,00 per year, with increased reliability and performance in the client sectors, due to the reduction in the need for conferences of non-conformities and movement of refuse.

Keywords: Lean Manufacturing. Quality. Tools. Lean Six Sigma.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Comparação Ciclo PDCA com DMAIC.	14
Figura 2.1 - Esquema típico para baterias chumbo/ácido automotivas.	16
Figura 2.2 - Coquilha manual para insertos de chumbo.	17
Figura 2.3 - Fundidora automática.	18
Figura 2.4 - Saída da máquina e balança para reporte de produção.	19
Figura 2.5 - Molde para insertos de chumbo.	19
Figura 2.6 - Praça de Indicadores.	21
Figura 2.7 - Armazenagem de paletes com caixas com insertos de chumbo.	22
Figura 2.8 - Paletes com insertos refugados por defeito na qualidade.....	23
Figura 3.1 – Exemplo de Diagrama de Causa e Efeito.	32
Figura 4.1 – MFV estado atual.	39
Figura 4.2 – MVF estado futuro.....	40
Figura 4.3 – Rebocador e comboio de logística interna (<i>Mizusumashi</i>).	41
Figura 4.4 – Gestão a vista para reposição de lingotes de chumbo.....	43
Figura 4.5 – Flowrack para caixas (Mercado de insertos Fundição) trás.	44
Figura 4.6 – Flowrack para caixas (Mercado de insertos Fundição) frente.	44
Figura 4.7 - Flowrack para caixas (Mercado de insertos Injeção).	45
Figura 4.8 – Quadro formador de lotes para kanbans de movimentação.....	46
Figura 4.9 - Diagrama de Causa e Efeito para Inseto curto (Chumbo curto).	49
Figura 4.10 - Documento A3 utilizado para solução do problema em equipe.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Exemplo de Desperdícios.....	26
Tabela 4.1 – SIPOC para o processo de fundição de insertos de chumbo.....	48
Tabela 4.2 – Resumo dos ganhos com o projeto.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5S - Classificação, Ordem, Limpeza, Padronização, Disciplina (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*).

6M – Máquina, Mão de Obra, Meio Ambiente, Método, Medida e Matéria Prima;

A3 – Nome da Ferramenta para solução de problemas;

DMAIC – Método para melhoria contínua (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar);

ERP – Planejamento de Recursos Empresariais (*Enterprise resource planning*);

FIFO – Primeiro a Entrar é Primeiro a Sair (*First In, First Out*);

MES – Sistemas de execução de manufatura (*Manufacturing execution systems*);

MFV – Mapa do Fluxo do Valor;

OEE – Eficácia geral do equipamento (*Overall equipment effectiveness*);

PDCA – Método para melhoria contínua (Planejar, Fazer, Conferir, Avaliar);

POP – Procedimento Operacional Padrão;

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.3	JUSTIFICATIVA	13
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	TEMA	16
2.1	EQUIPAMENTOS	16
2.2	ORGANIZAÇÃO DO SETOR	20
2.3	MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO	20
2.4	SISTEMA DE PRODUÇÃO	21
2.5	SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	23
3	REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.1	ENGENHARIA DE PROCESSOS	25
3.2	<i>LEAN SIX SIGMA</i>	25
3.2.1	<i>Project Charter</i>	27
3.2.2	<i>SIPOC</i>	28
3.2.3	DIAGRAMA DE PARETO	29
3.2.4	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	30
3.2.5	BRAINSTORMING	31
3.2.6	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	31
3.2.7	<i>KANBAN</i>	33
3.2.8	GESTÃO VISUAL	34
3.2.9	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO	35
3.2.10	A3	36
3.3	SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	37
4	DESENVOLVIMENTO	38
4.1	CRIANDO O FLUXO CONTÍNUO	38
4.1.1	Mapa do Fluxo de Valor	38
4.1.2	Logística interna e <i>Mizusumashi</i>	40
4.1.3	Supermercado e Kanban	42
4.2	SOLUÇÃO DE PROBLEMAS E MELHORIA DA QUALIDADE DE INSERTOS	47
4.2.1	Definir	47
4.2.2	Medir	48
4.2.3	Analisar	49
4.2.4	Melhorar	50
4.2.5	Controlar	52
4.3	SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	53
5	RESULTADOS E CONCLUSÕES	54
5.1	RESULTADOS QUALITATIVOS	54
5.2	RESULTADOS QUANTITATIVOS	56
5.3	CONCLUSÃO E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE DAS MELHORIAS	57

REFERÊNCIAS.....	59
ANEXO 1.....	61
ANEXO 2.....	63

1. INTRODUÇÃO

A disseminação de metodologias de gestão de sucesso e o anseio de obter uma manufatura enxuta começam a atingir as médias e pequenas empresas do interior do Paraná.

A filosofia do Lean Manufacturing é essencial para a implementação da indústria 4.0, pois para a adoção dessa nova era 4.0 é preciso preparar o ambiente que receberá essa atualização e o Lean se torna base fundamental para a integração da manufatura avançada ao processo de produção. (ROZA, 2019, p.8)

O projeto realizado parte de uma base de conhecimento da Engenharia de Processos, do *Lean Manufacturing* e do *Six Sigma*. A Engenharia de Processos é entendida como uma arquitetura para entendimento, análise e melhoria dos processos dentro e entre organizações. “A base do *Lean Manufacturing* é a busca da eliminação do desperdício, em que este é tudo que não gera valor ao processo. Assim o *Lean* tem como princípio produzir mais utilizando menos recursos.” (LEITE 2016, apud JUNIOR, BORGES, 2018, p.2). O método *Six Sigma* é unicamente orientado pelo bom entendimento dos requisitos dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas, e pela atenção diligente ao gerenciamento, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.

O local em que se desenvolveu o projeto é em uma indústria de reciclagem e injeção de cascos de bateria estabelecida a mais de 30 anos no sudoeste do Paraná. A estrutura produtiva da fábrica pode ser dividida em cinco setores: Moagem de Sucata, Extrusão de Plástico, Fundição de Insertos de Chumbo, Injeção de Componentes (Caixas, Tampas, Sobretampas etc.) e Selagem de Componentes (Tampa e Sobretampa).

A execução do projeto ocorreu no ano de 2020 entre os meses de março e outubro. O líder do projeto escolhido pela direção, autor do atual trabalho, no período ocupava o cargo de Analista de Melhoria Contínua. Seguindo procedimento interno ficou acertado termos para utilizar o projeto e conteúdo (Imagens, processos e descrições) como trabalho de conclusão de curso para certificação *Black Belt* em *Lean Six Sigma*.

1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

O problema a ser abordado é prático, com situação e análises reais. Utilizando de ferramentas da manufatura enxuta, conceitos do *Six Sigma*, controle da qualidade e padronização de processos, realizando trabalho em equipe, com cadeia de ajuda e liderança.

Foi considerado como premissa resolver os problemas de forma científica, com ferramentas de estudo amplo, fortificando a síntese do conhecimento na empresa e não nos indivíduos, com a utilização de A3 para solução de problemas em equipe.

Os problemas enfrentados foram encontrados a partir de dados de perdas coletados no setor produtivo. Gerou-se questionamento sobre a qualidade dos dados obtidos, padronização das inspeções e apontamentos. O sistema de coleta de dados da produção foi projetado para a produção manual e com a automatização do processo produtivo os dados coletados deixaram de ser confiáveis e não mostravam a realidade da quantidade de rejeitos produzidos. Para projetar o novo sistema de coleta é necessário redesenhar o fluxo da informação e treinar o correto entendimento das causas de rejeito para apontamento.

Com a implementação de ferramentas do *Lean Manufacturing* e identificação dos principais defeitos de qualidade do produto um se destacou e tornou-se foco de melhoria, insertos de chumbo curtos, ou seja, com comprimento menor do que o especificado. Utilizando ferramentas do *Lean Six Sigma* identificar as causas da inconformidade, solucionando e validando as melhorias.

Trabalhar em uma indústria que tem como principal fonte a reciclagem e reutilização de grande parte da matéria prima é um desafio quando falamos de qualidade de fornecedores e materiais. Sendo que as especificações técnicas regulamentadas são de parâmetros de ampla variação, isso quando regulamentadas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Implementar a metodologia Lean Six Sigma para o processo de coquilha de insertos de chumbo, registrando etapas e quantificando ganhos do projeto.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Registrar e avaliar o cenário atual;
- Implementar sistema de *kanban* de produção e *flowrack* para produtos;
- Padronizar processos e procedimentos para os novos equipamentos;
- Reduzir o índice de não conformidade do produto aplicando a ferramenta de solução de problemas A3;
- Determinar os ganhos, quantitativos e qualitativos, resultantes do uso da metodologia.

1.3 JUSTIFICATIVA

O setor foco do projeto, Fundição, recebeu investimentos para modernizar o processo produtivo, de coquilhas manuais para equipamentos automatizados. Os procedimentos necessitaram revisão completa, adaptando ou reescrevendo. Com esta renovação surge a implementação de ferramentas de manufatura enxuta, principalmente o trabalho padronizado e fluxo puxado.

O setor tem histórico de grande quantidade de retrabalho realizado ($\frac{1}{4}$ dos produtos eram não conformes e identificados no local) e grande porcentagem de devoluções por rejeição da qualidade do setor cliente (25% de devoluções). Com a modernização e automatização da produção a taxa de refugos produzidos e identificados in loco reduziu para $\frac{1}{10}$ e a porcentagem de devolução reduziu para 12%.

A produção de insertos é considerada estratégica para a empresa, visto o custo relativamente elevado para a matéria-prima chumbo em comparação às outras consumidas pela empresa e os insertos têm papel importante na produção da família de produtos com maior valor agregado produzido pela empresa, tampas seladas.

O aumento da confiabilidade da qualidade dos insertos impacta não só na quantidade de retrabalho no setor, mas também reflete no tempo que operadores da injeção passam classificando insertos (Performance do processo cliente) e reduz as

chances de tampas com possíveis falhas cheguem ao consumido final (Os custos de Inconformidades relacionadas a vazamentos ou mal funcionamento do casco de baterias identificadas no cliente final são ressarcidos pela empresa independente da montadora da bateria).

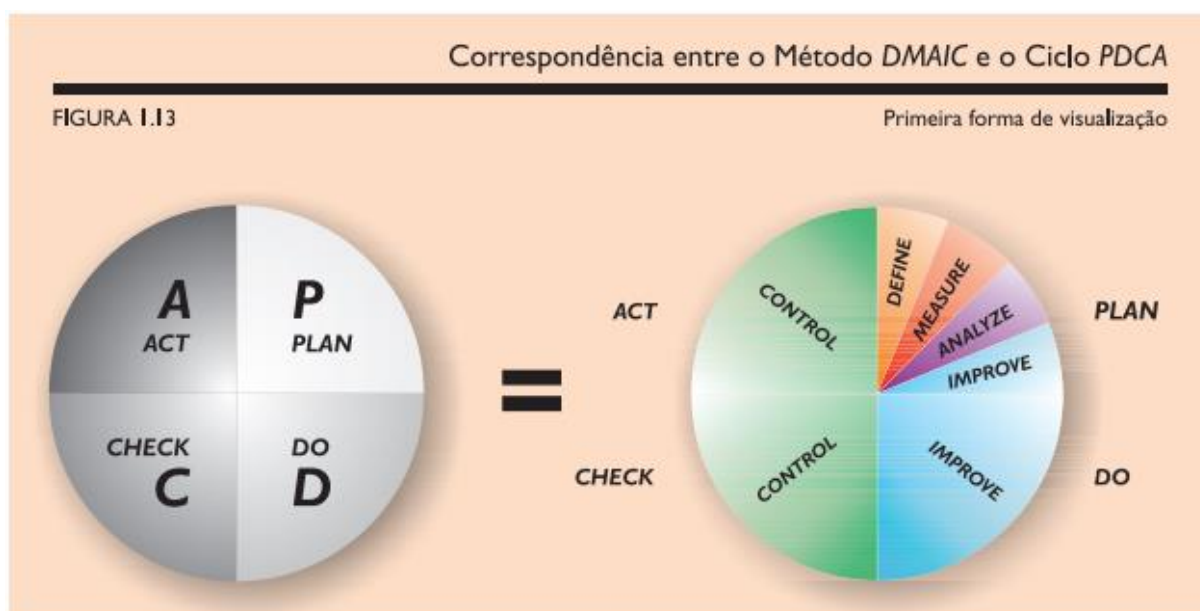
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho segue procedimentos teóricos com finalidades práticas e descrição de ocorrências e resultados reais. O método DMAIC foi o elemento guia para desenvolvimento do trabalho.

Segundo Werkema (2012, p.29) “o método DMAIC é construído por cinco etapas:

- **D** – Define (Definir): Definir com precisão o escopo do projeto;
- **M** – Measure (Medir): Determinar a localização ou foco do problema;
- **A** – Analyze (Analisar): Determinar as causas de cada problema prioritário;
- **I** – Improve (Melhorar): Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário;
- **C** – Control (Controlar): Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo; “

Figura 1.1 - Comparação Ciclo PDCA com DMAIC.



Fonte: WERKEMA (2012).

A pesquisa bibliográfica identificada no capítulo 3 aprofundará teoricamente as ferramentas utilizadas no desenvolvimento do projeto, localizando-as dentro das etapas do ciclo de melhorias aplicado.

Como se trata de uma empresa real com procedimentos internos definidos para determinadas atividades que ocorrem em paralelo ao projeto todas as ações tomadas respeitaram esses procedimentos e a ISO 9001.2015

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será composto por 5 (cinco) capítulos sendo;

O Capítulo 1, introdutório, aborda os conhecimentos básicos necessários para iniciar a leitura do trabalho, são abordados os problemas e objetivos a serem tratados. Apresenta a metodologia e conjunto de ferramentas adotados e que serão aprofundados na referencial teórico.

O Capítulo 2 apresenta os detalhes sobre o tema pesquisado, discorrendo sobre equipamentos, organização setorial, métodos de monitoramento e sistema de produção. O intuito dessa divisão na exploração do tema é o entendimento dos processos e demanda da solução do problema da forma realizada pela organização.

No Capítulo 3 são referenciados os conhecimentos utilizados como base para entendimento e construção do projeto realizado. Para isso foi dividindo o capítulo de forma em que cada referencial de ferramenta utilizada seja ligada a etapa do DMAIC que foi utilizada no projeto.

O Capítulo 4 aborda todo o desenvolvimento do trabalho, desde identificação do fluxo de valor até as melhorias realizadas em máquinas para aumento da qualidade dos insertos de chumbo. O capítulo foi dividido de forma que na primeira parte o uso das ferramentas Lean e o poder para enxergar os problemas foi conquistado e na segunda parte o uso de ferramentas da qualidade e do *Six Sigma* fornecem a melhoria desejada para diminuição das perdas por defeitos.

O Capítulo 5 destinado aos resultados e conclusões, inicialmente são definidos os ganhos quantitativos e qualitativos, mostrando financeiramente e culturalmente os impactos do projeto. Nas conclusões são brevemente debatidos o tempo de retorno dos investimentos, as dificuldades enfrentadas e uma proposta de continuidade ao projeto.

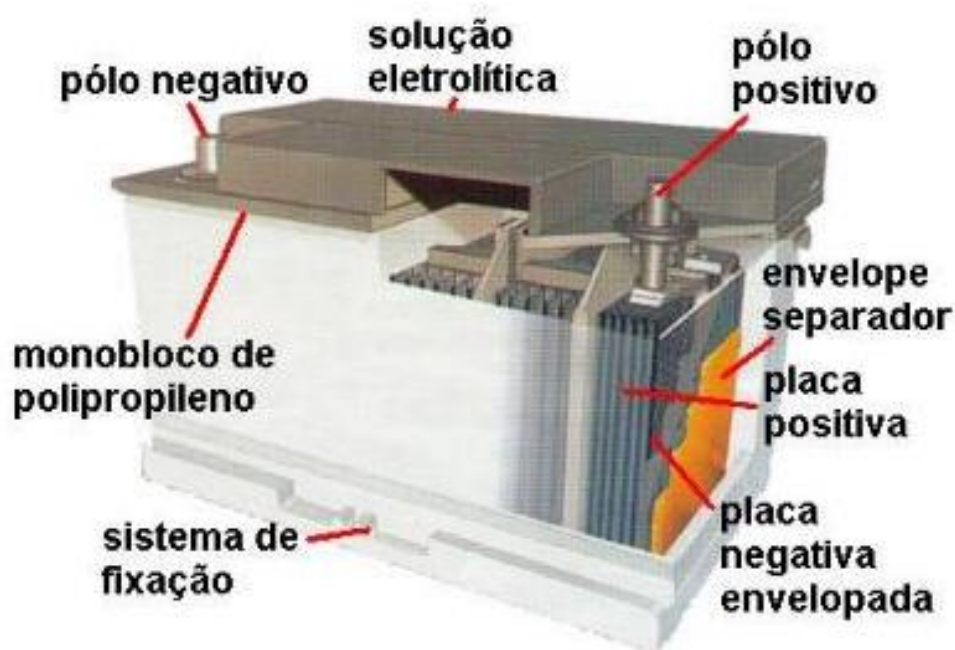
2 TEMA

O capítulo a seguir aborda o tema do projeto, localizando e explicando equipamentos, a organização do setor, o monitoramento da produção e o sistema de produção. O estudo do tema faz com que o cenário anterior ao projeto seja conhecido e contextualizado na implementação da metodologia Lean Six Sigma.

2.1 EQUIPAMENTOS

O setor que situa a *gamba* explorada no projeto foi a Fundição de Insertos de Chumbo. Os produtos são insertos de chumbo, também conhecidos como polos da bateria. O processo de fundição recebe lingotes de chumbo e insertos refugados do processo de injeção, realiza-se então a fusão do metal, a moldagem, a embalagem e o armazenamento de caixas com o produto.

Figura 2.1 - Esquema típico para baterias chumbo/ácido automotivas.



Fonte: Autosom (2008).

A fabricação de insertos de chumbo na fábrica analisada foi, por uma década, realizada em máquinas chamadas coquilhas manuais. Nestas máquinas um operador realiza de forma manual o derramamento de chumbo fundido na tampa, usando uma concha de fundidor, e após a solidificação do metal a separação de insertos considerados bons e dos defeituosos, que são jogados diretamente no cadinho com o resto do chumbo derretido.

Figura 2.2 - Coquilha manual para insertos de chumbo.



Fonte: O Autor (2020).

O tempo de ciclo ficava entre 15 segundos e 45 segundos e causava reclamação dos operadores devido calor, repetição de movimentos, riscos de manipular metal derretido e muito reprocessamento de refugos.

Para solucionar estes problemas a diretoria optou por inovar e reestruturar o setor com equipamentos chamados coquilhas automáticas, Figura 2.3. Nesses equipamentos o operador realiza a alimentação do cadinho com barras de chumbo, o controle dos parâmetros de produção, teste da qualidade e o recolhimento da embalagem com apontamento da produção.

Figura 2.3 - Fundidora automática.

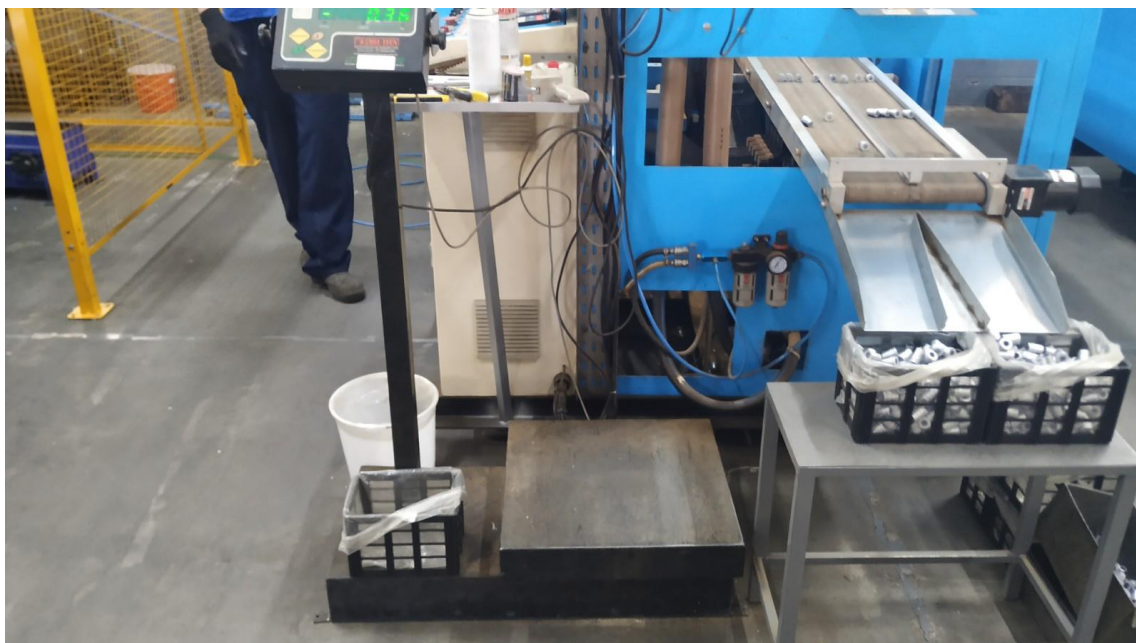


Fonte: O Autor (2020).

A qualidade do produto é determinada por inspeção visual para todos os possíveis defeitos de produção, menos um, em que há o uso de *poka-yoke*, a bucha curta. O padrão de qualidade que o inserto deve ter é baseado em condições relacionadas as dimensões da bucha, a impossibilidade de vazamentos e a soldabilidade com o pino interno da bateria. Buchas que não respeitam o dimensional, com têm falha de preenchimento, com fissuras e/ou formam borras quando derretidos são rejeitos.

O processo que ocorre na coquilha automática é semelhante ao que era feito nos equipamentos manuais. O chumbo derretido é derramado sobre um molde, que ao abrir os insertos são retirados por pinças comandadas por sensores. Os insertos são soltos em esteiras que despejam o produto nas embalagens, Figura 2.4.

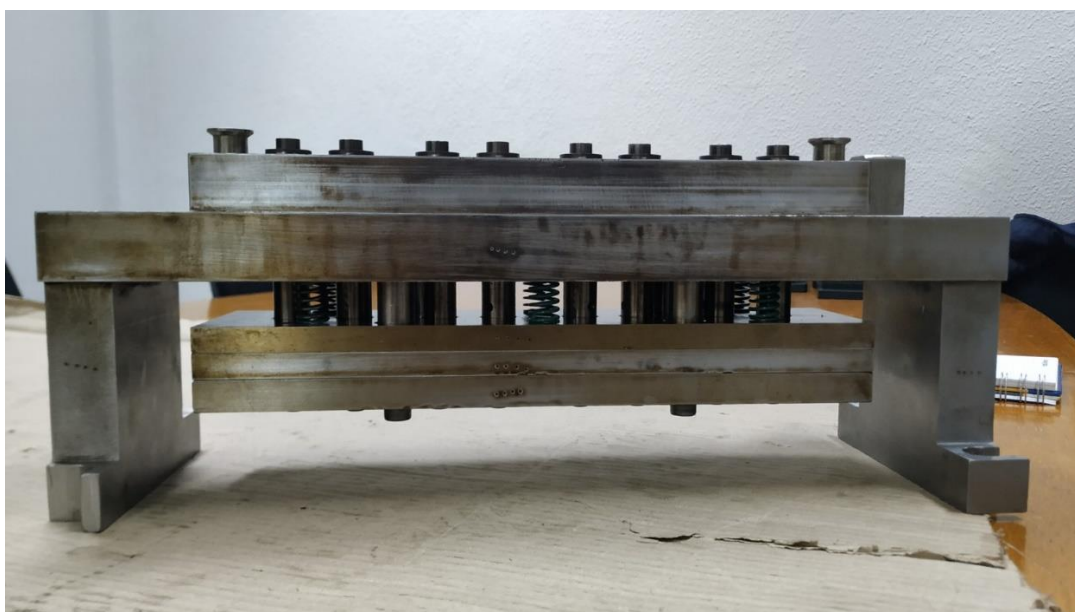
Figura 2.4 - Saída da máquina e balança para reporte de produção.



Fonte: O Autor (2020).

Os parâmetros passíveis de controle são as temperaturas do cadinho, do dosador e do molde. São definidos os tempos de derramamento, abertura, fechamento e início de avanço da pinça. Regulando manualmente a posição dos sensores é possível regular espaço da abertura do molde, avanço dos pinos de extração e posição para avanço da pinça.

Figura 2.5 - Molde para insertos de chumbo.



Fonte: O Autor (2020).

Para se produzir diferentes tipos de insertos são realizados setups de troca de molde. Sendo o molde, Figura 2.5, uma peça composta de placas e pinos móveis, que se utilizam de molas internas e a força de pistões do equipamento para realizar movimentos de abertura, extração e fechamento.

2.2 ORGANIZAÇÃO DO SETOR

O setor conta com um operador para cuidados de 4 coquilhas automáticas, um técnico do processo, que realiza setup para toca de moldes e regulagens, e um líder do setor, que responde ao supervisor de produção e realiza operação durante o intervalo. O mesmo líder é responsável por outros dois setores, sendo encarregado de 4 profissionais.

O setor de fundição trabalha em três turnos 6 dias por semana. Com o sábado à noite realizada a parada das máquinas e domingo durante a madrugada o religamento e início de processo.

O Setor poderia ser considerado desorganizado considerando elementos do sistema de produção adotados, com grande quantidade de matéria prima e produtos no local de trabalho, além de corredores trancados e 5S sem avaliação.

2.3 MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO

O Status da produção é monitorada com uso de MES (*Manufacturing Execution System*) instalado em um mini terminal industrial conectado nas máquinas. Nele eram abertas ordens de produção geradas pelo PCP e a ordenação para produção. Com apontamento dos motivos de parada e setup é gerado um indicador de Disponibilidade. Com o tempo de ciclo captado a cada abertura de molde é calculado a Performance O sistema foi reutilizado da época das coquilhas manuais, em que o resultado para Qualidade era obtido pelo cálculo automático considerando o peso apontado como somente peças boas, logo os insertos defeituosos eram retirados no momento da produção e derretidos. Por exemplo, se o MES recebeu leitura de 10 ciclos, sendo que cada ciclo produz 500g de produto, se o operador lançar 4kg de produção, 1kg foi considerado refugo, logo a qualidade indicada é de 4/5 ou 80%.

Porém com o uso dos equipamentos automáticos, o operador realizava a verificação visual da produção, retirando amostras em períodos determinados, a cada 1 hora de produção para inspeção visual do produto. Caso encontrado defeito, a última hora de produção era revisada e o técnico responsável realizava ajustes para correção.

Figura 2.6 - Praça de Indicadores.



Fonte: O Autor (2020).

Um líder do setor é responsável por, em reunião diária, divulgar os resultados obtidos no dia produtivo anterior. Os resultados são obtidos diretamente do MES, com o OEE, Disponibilidade, Qualidade e Performance em percentagem do planejado, mas também com valores monetários em reais para as perdas considerando o custo do produto. Os valores em reais eram transcritos para um quadro de gestão visual, Figura 2.6, em que a reunião visava ações imediatas e de médio prazo para redução de perdas e melhoria dos processos.

2.4 SISTEMA DE PRODUÇÃO

O sistema de produção para o setor da fundição se manteve empurrado, mesmo com a automação do processo. Ordens de produção eram geradas, com um peso de insertos a serem produzidos, gerando lotes de paletes com caixas de chumbo.

O peso de chumbo estocado chegava a 50 toneladas, gerando acúmulo de paletes e ocupação do espaço.

Para produzir em lotes, paletes com mais de 1 tonelada de lingotes de chumbo eram descarregados semanalmente, gerando uma soma de até 50 paletes de lingote esperando consumo.

O transporte, tanto de produtos quanto de matéria prima, ocorria semanalmente, com uso de caminhão que era descarregado em doca com paleteiras de seus paletes com lingotes e carregado com paletes de caixas de produto a serem descarregados em outro galpão, setor cliente da fundição, e postos em prateleiras, Figura 2.7. Além da dificuldade para movimentar paletes pesados, transtornos como quebra do palete e tombamento de caixas, o estoque no galpão cliente também era grande.

Figura 2.7 - Armazenagem de paletes com caixas com insertos de chumbo.



Fonte: O Autor (2020).

Outra questão observada era a quantidade de refugos que eram separados no setor cliente e voltavam ao setor de fundição. Sem controle de quantidade, eram colocados em sacos e sobre paletes vermelhos, Figura 2.8, e acumulavam até ter quantidade suficiente para encher o caminhão para transportar.

Figura 2.8 - Paletes com insertos refugados por defeito na qualidade.



Fonte: O Autor (2020).

A quantidade gerada, apesar de não ser mensurada, preocupava, pois, indicava que a inspeção hora a hora era falha e o acúmulo gerado, além de ocupar uma área nobre do galpão, inviabilizava rastrear a origem do defeito.

2.5 SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

A produção de insertos de chumbo foi modernizada de máquinas manuais para coquilhas automáticas, sendo que tais máquinas inovaram e melhoraram as condições de trabalho. As mudanças impactaram na organização do setor, em como a produção é gerenciada e como a qualidade é acompanhada. O sistema de produção empurrado utilizado no setor é visível dado tamanho dos lotes e intervenção da programação de produção.

Conhecer os equipamentos e as mudanças recentes têm importância no entendimento do projeto, pois assim conseguimos entender as dificuldades e resistências pela operação que partiu do manual para equipamentos com sistema de controle de parâmetros.

Entender a organização, monitoramento e sistema de produção traz importância de como os processos industriais não dependem somente das máquinas para a qualidade. O contexto de como a organização consegue visualizar o setor, com perdas e oportunidades, é alvo para a engenharia do processo.

No próximo capítulo serão referenciadas as teorias utilizadas no desenvolvimento do projeto, partindo do entendimento básico da metodologia utilizadas para os conceitos das ferramentas empregadas no projeto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ENGENHARIA DE PROCESSOS

A engenharia de processos é entendida como uma metodologia de análise e melhoria de processos dentro ou entre organizações. São definidos os objetivos da engenharia de processos como:

- Uniformização do entendimento da forma de trabalho, gerando integração (cultura);
- Análise e melhoria do fluxo de informações;
- Explicitação do conhecimento sobre os processos, armazenando, assim, o *know how* organizacional;
- Realização de análises organizacionais e de indicadores;
- Realização de simulações, apoiando a tomada de decisões e;
- Gestão da organização. (GROVER e KETTINGER, 2000, p. 48, tradução nossa).

O engenheiro de processos é um profissional com base de conhecimentos multidisciplinares, com boa relação tanto no chão de fábrica quanto com os setores administrativos, buscando a sinergia da fábrica para a melhor produtividade.

3.2 *LEAN SIX SIGMA*

A manufatura enxuta é uma tentativa das organizações para eliminar desperdícios. Desperdícios são tudo aquilo que não agrega valor, “Não Agrega Valor é um termo que descreve etapas ou funções de um processo que não são requisitos diretos para obter os produtos.” (KUBIAK, 0102, p.8, tradução nossa).

Uma das noções básicas que é buscada ao estudar e praticar o Lean Manufacturing é que somente a redução dos desperdícios, parte relevante e controlável dos custos, pode garantir um lucro estável, sendo o que o mercado determina o valor do produto.

Tabela 3.1 – Exemplo de Desperdícios.

Tipo de Desperdício	Exemplo
Defeitos	Bolhas, trincas, fraturas em peças injetadas; Peça fora das dimensões determinadas.
Excesso de produção	Produção parada em corredores; Máquinas com produtos amontoados ao redor; Produção empoeirada e antiga.
Estoques	Produtos de pedidos cancelados; consumíveis e componentes; Matéria-prima.
Processamento desnecessário	“Gambiarras” e ajustes não planejados; Retrabalho dos defeitos.
Movimento desnecessário	Operadores fora de posto; Bancadas e célula de trabalho sem ergonomia.
Transporte desnecessário	Lotes grandes e sem demanda; Retirada de paletes para “abrir caminho”.
Espera	Setups demorados; Falta de material para trabalho; Quebra de máquinas.

Fonte: O Autor (2020).

Assim como em um diagnóstico médico, determinando a doença (desperdício) uma sequência de tratamento e remédios (métodos e ferramentas) são receitados e somente surgem efeito com uso correto e intensivo.

O *Lean Manufacturing* busca eliminar ou reduzir os desperdícios usando:

- Trabalho em equipe com funcionários bem-informados e treinados multidisciplinarmente que participam das decisões que impactam nas suas funções.
- Local de trabalho limpo, organizado e padronizado.
- Sistema contínuo no lugar de bateladas e filas (isso é, reduzindo a quantidade de produtos em processo para o ideal, um).
- Sistema puxado no lugar do empurrado (logo, repondo o que for consumido)
- Reduzir o *Lead time* com processos, setups e planejamentos mais eficientes. (KUBIAK, 2009, p.8, tradução nossa).

O *Six Sigma* é um programa de melhoria que teve início nos anos 80 na Motorola. A alta gerência dessa companhia observou que uma quantidade considerável de clientes não estava satisfeita com a qualidade dos seus produtos e estavam migrando para a concorrência. Em consequência, a empresa reagiu, estabelecendo metas elevadas para cada um de seus processos, objetivando reduzir o número de defeito por peças produzidas. A implantação do *Six Sigma* na Motorola deu o caminho para resolver problemas críticos de qualidade em toda a organização, desde o chão de fábrica até os processos de suporte de vendas.

O nome *Six Sigma* relaciona-se ao objetivo de alcançar as menores taxas de saídas do processo com defeito, mesmo que a média do processo varie 1,5 desvio padrão. Esse valor é um fator de correção usado para representar a alteração e o desvio nas médias das saídas de um processo devido a causas assinaláveis a longo prazo. Exemplificando, um processo com a qualidade Seis Sigma gera 3 a 4 defeitos por um milhão de oportunidades a longo prazo.

Seis sigma é um processo de negócio que permite às organizações incrementar seus lucros por meio da otimização das operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos, falhas e erros. A meta do Seis Sigma não é alcançar níveis Seis Sigma de qualidade. Seis Sigma está relacionado à melhoria da lucratividade. Organizações que implementam Seis Sigma fazem isso com a meta de melhorar seus lucros. (ROTONDARO, 2011, p.18, tradução nossa).

Os dois métodos buscam ganhos para as organizações, sendo que as ferramentas de um podem incrementar o outro.

A integração entre o Lean Manufacturing e o Seis Sigma é natural: a empresa pode – e deve – usufruir os pontos fortes de ambas as estratégias. Por exemplo, o Lean Manufacturing não conta com um método estruturado e profundo de solução de problemas e com ferramentas estatísticas para lidar com a variabilidade, aspecto que pode ser complementado pelo Seis Sigma. Já o Seis Sigma não enfatiza a melhoria da velocidade dos processos e a redução do lead time, aspectos que constituem o núcleo de Lean Manufacturing. (WERKEMA, 2002, p.25).

Segmentando o *Lean Six Sigma* é obtido o ciclo DMAIC, semelhante ao PDCA, em que cada etapa é um *gate* para o avanço do projeto, gerando um método sistemático que pode e deve ser associado à cultura da empresa, garantindo a melhoria contínua, inovação e gerenciamento da rotina.

3.2.1 *Project Charter*

O *Project Charter* é um documento para registro de proposta de projeto *Lean Six Sigma*. A estrutura do documento é simples, mas cada empresa pode requerer a quantidade de informações definidas, assim preferencialmente segue-se o modelo aprovado.

Os elementos necessários de um termo de abertura do projeto incluem:

- Título do projeto: É importante usar um título descritivo que permita que outras pessoas identifiquem rapidamente o projeto.

- Tipo de projeto: Seja para melhoria da qualidade, aumento de receita ou redução de custos.
- Descrição do projeto: uma descrição clara do problema, da oportunidade e do objetivo.
- Objetivo do projeto: Por que você está realizando este projeto.
- Escopo do projeto: dimensões do projeto, o que está incluído e o que não está incluído.
- Objetivos do projeto: visar a melhoria do desempenho em termos mensuráveis.
- Equipe do Projeto: Patrocinador, Líder da Equipe e Membros da Equipe. É importante identificar Black Belts e Green Belts dentro da equipe. Clientes e CTQs: Clientes internos e externos e CTQs específicos para cada cliente.
- Benefícios de custo: um projeto de caso de negócios de economia esperada e o custo necessário para concluir o projeto. Prazo: data de início e data de término previstas do projeto. As datas de conclusão previstas de cada fase (por exemplo, DMAIC) do projeto são úteis. (BASU, 2009, p.60-p.61, Tradução nossa).

O conteúdo do Project Charter é aprovado ou não pela gerência ou diretoria. É um documento muito importante para visualizar o antes e o depois, criando uma cultura de revisão e acurácia no planejamento das equipes que comparam o idealizado com o conquistado, cada vez mais gerando previsões mais realistas dos ganhos.

3.2.2 SIPOC

O SIPOC é um diagrama que auxilia no entendimento do processo e a identificar todas as pessoas, setores e coisas relacionadas ao projeto. “A denominação SIPOC resulta das iniciais, em inglês, dos cinco elementos presentes no diagrama: fornecedores (Suppliers), insumos (Inputs), processo (Process), produtos (Outputs) e consumidores (Customers).” (WERKEMA, 2012, p.88).

As etapas para criar um SIPOC são:

- 1 - Estabeleça um nome para o processo.
- 2 - Defina o ponto de partida e o ponto final do processo a ser melhorado. Estes já devem estar listados na seção de escopo de a Carta da equipe.
- 3 - Liste os principais resultados do processo. Normalmente, esta lista inclui até três ou quatro resultados principais, embora o processo possa produzir mais.
- 4 - Defina quem recebe esses resultados, ou seja, os clientes. Esses clientes podem ser internos (parte do negócio) ou externos.
- 5 - Declare as etapas do processo de nível superior do processo. Mantenha a lista para quatro a oito etapas principais. Essas etapas não contêm nenhuma decisão pontos ou loops de feedback.
- 6 - Liste as entradas a serem processadas. Fique com uma a quatro entradas principais.
- 7 - Defina quem fornece as entradas para o processo. (MCCARTY; BREMER; GUPTA, 2004, p.325. Tradução nossa).

Comparar o SIPOC obtido com fluxogramas do processo e MFV é uma boa opção para visualizar o estado atual da produção e podem ser complementares ao entendimento do foco do projeto pela equipe.

3.2.3 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é com base no princípio de Pareto. Pareto foi economista no início dos anos 1900 que descobriu que 80% de toda a riqueza era detida por 20% de todas as pessoas. Isso ficou conhecido como regra 80/20 e foi considerado aplicável a mais do que a economia. Oitenta por cento do espaço do armazém é ocupada por 20% dos números de peça. Oitenta por cento dos defeitos são causados por 20% dos tipos de defeitos. “O objetivo do gráfico de Pareto é priorizar os problemas e decidir quais problemas devem ser tratados. Nenhuma empresa tem recursos suficientes para resolver todos os problemas; portanto, eles devem priorizar.” (STERN, 2016, p.54, Tradução nossa).

As etapas a seguir se aplicam à preparação de um Gráfico de Pareto:

- 1 - Identifique o problema geral (por exemplo, defeitos da placa) e suas causas (por exemplo, Soldagem, Gravura, Moldagem, Fissuras, Outros).
- 2 - Selecione uma unidade de medida padrão (por exemplo, frequência de defeitos ou Perda de dinheiro) por um período escolhido.
- 3 - Colete dados para cada uma das causas em termos da unidade escolhida de medição.
- 4 - Trace o gráfico de Pareto com as causas ao longo do eixo x e a unidade de medida ao longo do eixo y. As causas são mapeadas em ordem decrescente de valores da esquerda para a direita.

5 - Analise o gráfico e decida sobre a prioridade de melhoria.

As etapas a seguir se aplicam à preparação de uma Análise ABC:

- 1 - Decidir sobre as causas (por exemplo, número de clientes) e efeito (por exemplo, vendas) de as áreas problemáticas que você deseja priorizar.
- 2 - Selecione uma unidade padrão de medição do efeito (por exemplo, \$ para valores de vendas).
- 3 - Colete dados para cada causa (por exemplo, cliente) e o efeito correspondente (por exemplo, vendas em \$).
- 4 - Classifique a causa de acordo com o valor dos efeitos (por exemplo, clientes em ordem decrescente de \$ vendas).
- 5 - Calcule os valores % cumulativos das causas e efeitos.
- 6 - Trace os valores de % cumulativos das causas (por exemplo, número de clientes) ao longo do eixo x e os valores de % cumulativos dos efeitos (por exemplo, vendas em \$) ao longo do eixo y.
- 7 - Identifique as categorias A, B e C (por exemplo, A para 80% das vendas, B para 80-95% de vendas e C para o restante).
- 8 - Analise o gráfico e decida sobre a prioridade de melhoria. (BASU, 2009, p.77, Tradução nossa).

O entendimento do diagrama e boa interpretação auxiliam que a fábrica foque nos processos que garantem o funcionamento, permitindo diminuir a gama de produtos ou pensar em fluxos de produção diferenciado para cada categoria.

3.2.4 Mapeamento do Fluxo de Valor

O mapeamento do fluxo de valor é um diagrama tipicamente usado em projetos *Lean*. “É uma técnica para seguir o caminho de produção de um produto ou serviço do início ao fim, enquanto desenha uma representação visual de cada processo nos fluxos de materiais e informações. Posteriormente, um mapa de estado futuro é desenhado de como o valor deve fluir.” (KUBIAK, 2009, p.598, tradução nossa). Busca-se simplificar condições e parâmetros da produção de um determinado produto, considerando estoques intermediários, quantidade de operadores, *Lead Time* e *Takt Time* entre outras informações relevantes ao projeto.

As etapas básicas são:

- 1 - A primeira etapa do MFV é selecionar o produto ou processo para melhoria.
- 2 - Cada componente da produção desde a origem até o ponto de entrega é então identificado.
- 3 - Toda a cadeia de abastecimento do produto ou processo (por exemplo, por meio de pedido entrada, compra, fabricação, embalagem e envio) é mapeado sequencialmente.
- 4 - Os dados quantitativos de cada atividade (por exemplo, tempo de armazenamento, atraso, distância percorrido, tempo de processo e taxa de processo) são então registrados.
- 5 - Cada componente (ou seja, atividade) de produção ou processo é avaliado para determinar até que ponto ele agrega valor à qualidade do produto e à eficiência da produção.
- 6 - Essas atividades são então categorizadas como:
 - Valor adicionado
 - Necessário sem valor agregado
 - Desnecessário sem valor agregado.
- 7 - As áreas de posterior análise e melhoria são então identificadas claramente. (BASU, 2009, p.123, Tradução nossa).

Ir ao chão de fábrica visualizar os processos, anotar em papel e caneta, montar uma linha com os dados obtidos de forma que toda equipe consiga visualizar, seja colando post-it com os dados numa folha presa em uma parede ou utilizando um quadro branco são tradicionais e muito prático para o entendimento da ferramenta por todos da equipe.

3.2.5 Brainstorming

O brainstorming é uma ferramenta para o time gerar, de forma eficiente e criativa, um grande volume de ideias sobre um assunto encorajando o livre pensamento. Pode-se estruturar o brainstorming de forma em que cada participante tenha sua vez de expor uma ideia ou deixar que todos possam se expressar a qualquer momento.

Brainstorming é provavelmente a ferramenta de equipe mais usada e a maioria das pessoas sabe as regras do brainstorming:

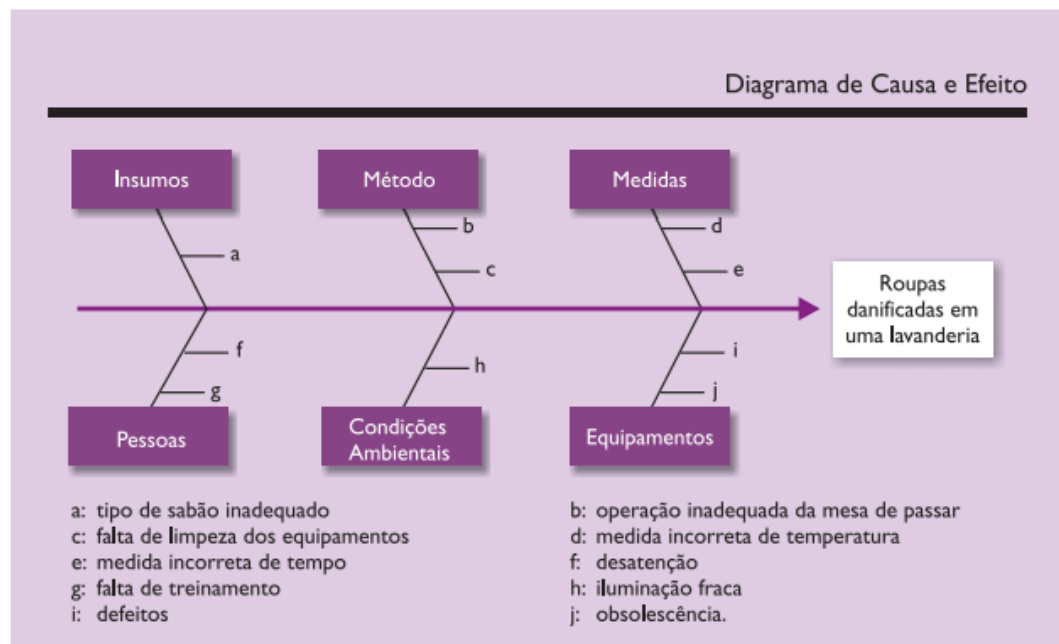
- O tópico da sessão de brainstorming deve ser claramente declarado.
- Os indivíduos podem completar sugestões ou pensamentos sem interrupção ou crítica.
- As sugestões devem ser tão breves quanto possível para manter um ritmo rápido.
- O objetivo principal é gerar uma quantidade de ideias.
- O foco é construir sugestões de outros, bem como gerar novas ideias.
- Um ambiente de criatividade e inovação é incentivado. (MCCARTY; BREMER; GUPTA, 2004, p.339. Tradução nossa).

O brainstorming é a ferramenta mais utilizada para trabalhos em equipe para soluções de problemas. Os líderes na utilização de tal ferramenta normalmente possuem experiência na gestão e controle do time, sabendo o momento em que os debates variam entre saudável para tóxica e interrompendo para retomar o foco.

3.2.6 Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito, também chamado de diagrama de Ishikawa ou diagrama de espinha de peixe, é uma ferramenta de uso complementar ao brainstorming, pois auxilia visualmente a posicionar e organizar possíveis causas do efeito analisado. O mais comum é utilizar os 6M (Máquina, Mão de obra, Materiais, Métodos, Medida e Meio Ambiente) como base dos enraizamentos das causas, servindo como foco e organizadores das ideias. Para projetos com times grandes podemos utilizar um grande diagrama de causa e efeito em branco em que as causas são escritas em post-it e coladas no diagrama (Método CEDAC).

Figura 3.1 – Exemplo de Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: WERKEMA (2012).

Apesar do seu formato simples esta é uma das ferramentas mais poderosas para visualizar causas de um problema, exatamente por sua simplicidade permite que todos os níveis operacionais e técnicos participem, compreendam e multipliquem o uso da ferramenta. Os passos para construir um gráfico de causa e efeito são apresentados a seguir:

- 1 - Selecione o formato de causa e efeito mais apropriado. Se o problema pode ser isolado em uma única seção ou departamento, escolha um 6M (equipe pequena) ou uma abordagem CEDAC (grande equipe).
- 2 - Defina com clareza e escreva o efeito-chave do problema em uma caixa para o lado direito do diagrama.
- 3 - Desenhe uma linha horizontal do lado esquerdo da caixa. Desenhe principal ramos (espinhas de peixe) do diagrama depois de concordar com as categorias principais (por exemplo 6M) de causas.
- 4 - Faça um brainstorm para cada categoria das possíveis sub causas que afetam a categoria.
- 5 - Liste as sub causas de cada categoria em um flipchart. Em uma abordagem CEDAC seria uma coleção de notas Post-It™ para cada categoria.
- 6 - Classifique as sub causas em ordem de importância por consenso do grupo (ou votação múltipla) e selecione até seis sub causas principais para cada categoria.
- 7 - Construa o diagrama publicando as principais sub causas em cada categoria. Esses são as 'causas raízes'.
- 8 - Decidir sobre uma análise de dispersão adicional ou coletar dados adicionais necessários para confirmar as causas raízes.
- 9 - Desenvolver soluções e planos de melhoria. (BASU, 2009, p.75, Tradução nossa).

O formato do gráfico e a construção do raciocínio formalizada por Ishikawa ainda é pouco utilizada, talvez por expor fragilidades em todos os pontos, porém sem acompanhamento e análise não há melhoria.

3.2.7 Kanban

O sistema de cartões ou *Kanban* é utilizado para auxiliar na implementação do sistema puxado de produção. Nele os cartões comandam a programação da produção, acompanhando o fluxo do produto e tornando visual o fluxo da informação.

Um sistema é mais bem controlado quando o material e as informações fluem para dentro e para fora do processo de maneira suave e racional. Se as entradas do processo chegarem antes eles são necessários, confusão desnecessária, inventário e custos geralmente ocorrem. Se as saídas do processo não são sincronizadas com os processos downstream, o resultado é frequentemente atrasos, clientes desapontados e custos associados. Um sistema kanban pode ser usado para simplificar e melhorar os procedimentos de reabastecimento. (KUBIAK, 2009, p.332, tradução nossa).

Dentro da ferramenta os *kanbans* podem ter diferentes finalidades. Há o *kanban* de movimentação (Cartão que sinaliza e autoriza movimentação de um lote mínimo); *Kanban* de fornecedor (Semelhante ao de movimentação mas para um fornecedor externo); *Kanban* expresso (Cartão que formaliza uma ordem de primeira prioridade devido a uma falha na funcionalidade dos demais *kanbans*); *Kanban* de sinalização ou produção (Cartão que indica ao processo produtor o lote a ser produzido); *kanban* contenedor (Formato em que o próprio contenedor indica a reposição, caixa cheia-caixa vazia ou *kanban* duas caixas).

1ª Regra: A retirada dos produtos do processo anterior pelo posterior deve ser na quantidade necessária e no tempo necessário. Dentro dessa regra, contém as seguintes subregras: “todas as retiradas sem um cartão kanban devem ser proibidas; qualquer retirada que seja superior ao número do kanban deve ser proibida; um cartão kanban sempre deve estar afixado ao produto”.

2ª Regra: O processo precedente produzirá os produtos nas quantidades requisitadas pelo processo subsequente. Subregras: “uma produção superior ao número de cartões de kanban deve ser proibida; quando vários tipos de peças estão para ser produzidas no processo precedente, a sua produção deve seguir a sequência original na qual cada tipo de kanban foi entregue”.

3ª Regra: Os produtos que apresentam defeitos não podem em hipótese alguma ser enviados para o processo seguinte. “Se alguns itens defeituosos fossem descobertos pelo processo subsequente, então ele mesmo faria a linha parar, já que ele não conta com unidades extras de estoque, e os itens defeituosos seriam mandados de volta para o processo precedente”.

- 4ª Regra: Os kanbans devem ser minimizados. O objetivo é manter uma quantidade mínima de estoque, à procura da redução do tempo de atravessamento (lead time).
- 5ª Regra: Os cartões kanban devem ser utilizados para adaptações de pequenas flutuações na demanda. No sistema tradicional de controle, por exemplo, não se encontra uma rápida solução para enfrentar e resolver essas variabilidades e adaptar a mudanças repentinas. (MONDEN, 2015, p.348 - p.349)

O sistema de cartões pode ser visto como uma ameaça ao PCP, porém quando bem entendido pela operação e equipe de PCP possibilita atuação mais ágil e o tempo ganho revertido para programações mais complexas, com o chão de fábrica dependendo somente de seus processos para maior flexibilidade na produção, também melhorando o planejamento de setores de compra de insumos e aumentando as oportunidades para equipe de vendas que ganha liberdade nas negociações.

3.2.8 Gestão Visual

O termo japonês *Mieruka* (“controle visual”) representa uma das ferramentas *Lean* mais poderosas disponíveis. Ela nos permite sintetizar e visualizar as informações sobre o desempenho de um processo para facilitar o entendimento, ao mesmo tempo, as informações precisam estar completas o suficiente para nos permitir, com apenas um olhar, tomar a decisão certa sobre como proceder.

Dentre os principais benefícios da gestão visual podemos destacar:

- Disponibilidade em tempo real e sempre atualizada de informações relativas ao fluxo;
- Melhor colaboração, engajamento e comunicação, não só da equipe mas também dos stakeholders;
- Oportunidade para promover a melhoria contínua;
- Promove o sistema puxado de produção, que por sua vez estimula responsabilidade distribuída e foco no objetivo;
- Maior produtividade (vazão do fluxo) e melhor qualidade devido a políticas explícitas. (Pirâmida Lean, 2015).

Os elementos visuais podem ser classificados em diferentes grupos: Sinais visuais (Visam explicar o que estamos vendo); Instruções visuais (Mostram como se comportar em determinado local); Medidas visuais (Visa mostrar o desempenho de algo); e Representações Visuais (Mostar atividades e processos concretos, exemplo A3 e MFV).

Os sistemas visuais precisam ter certas características:

- Fácil entendimento e clareza nas informações, ser rapidamente visualizado e interpretado durante a caminhada no gembá;
- A equipe responsável pelo processo é proprietária do sistema visual;
- Deve ser criada e instalada manualmente pela equipe, garantindo participação e conscientização na interpretação dos resultados;
- O local em que é exposta deve ser próxima ao processo, de forma segura e confortável, em que ao visualizar os indicadores consiga-se visualizar o processo;
- Os quadros devem ser usados como ferramenta de gestão, não decoração, manter somente indicadores que são usados e validados.

Gerir visualmente é trazer para a fábrica a informação e responsabilidade sobre ela, cortando intermediadores e diminuindo a oportunidade de escolha errada para foco estratégico de atuação das equipes e operação. Para que o tão desejado sentimento de dono seja compartilhado por todos os colaboradores a clareza das metas, resultados, ganhos e perdas é o caminho correto.

3.2.9 Procedimento Operacional Padrão

O procedimento operacional padrão é usado para indicar os procedimentos para execução de uma tarefa de um processo, de modo que os resultados sejam alcançados e mantidos. “Muitas organizações descobriram que procedimentos operacionais padrão documentados (POPs) e instruções de trabalho (conhecidas na literatura de manufatura enxuta como “Trabalho padrão”) ajudam a reduzir a variação do processo.” (KUBIAK, 2009, p.411, tradução nossa).

Duas considerações principais incluem:

- Os documentos devem ser mantidos atualizados. Em uma era de melhoria contínua, os processos podem estar mudando continuamente. Como resultado, é possível que diferentes lançamentos de documentação para a mesma documentação podem estar em uso simultaneamente. Portanto, é vital que os funcionários sempre ter acesso à documentação adequada com base na efetividade de o troco. É fácil ver como a complexidade de gerenciar tal sistema de documentação pode crescer exponencialmente. Com o de hoje baseado na Web e outras tecnologias, gerenciamento de configuração de documentação sistemas podem ser projetados e desenvolvidos para garantir que a documentação está disponível para o processo certo na parte certa no tempo certo.
- Existem vários formatos de documentação. A escolha certa depende de como a documentação deve ser usada, por quem e com que habilidade

nível. No entanto, as melhores práticas de documentação sugerem o desenvolvimento de documentos codificados por cores; dependem fortemente de gráficos, ilustrações e fotografias; e são leves em palavras. Fotografias de produtos e procedimentos aceitáveis e produtos e procedimentos inaceitáveis foram considerados muito úteis. Algumas organizações tiveram sucesso com o uso de fitas de vídeo para descrever operações complexas. Como sempre, o nível de detalhe fornecido em qualquer conjunto de documentação deve refletir as habilidades e educação dos níveis do pessoal que faz o trabalho real e o grau em que a variação deve ser controlada. Lembre-se, processos robustos geralmente requerem documentação menos detalhada do que processos não robustos. (KUBIAK, 2009, p.411, tradução nossa).

A padronização com instruções de trabalho bem-feitas e atualizadas, com períodos de revisão determinados são alvo do sistema de gestão da qualidade tanto quanto da engenharia de processos e operação. A boa comunicação entre os envolvidos gera economia de tempo e dinheiro para épocas de revalidação de certificados como a ISO9001.

3.2.10 A3

Foco do sistema de gestão da Toyota, a ferramenta A3 leva esse nome devido à folha de papel comumente utilizada para sua impressão. Nela todas as etapas para solução de problemas ficam estruturadas de forma concisa e sequencial, conforme as descobertas de solução de problemas e o processo de pensamento.

O A3 é altamente visual, contendo gráficos e imagens, nele é colocado o tema, o cenário, o estado atual, as causas-raiz, a meta, o plano de ação e o acompanhamento dos resultados.

Algumas de suas possíveis aplicações são:

- Corrigir a fraqueza nos níveis de habilidade e desenvolvimento de um plano de treinamento;
- Compra de novos equipamentos;
- Atividades de redução de custos;
- Atividades de melhoria da equipe (Círculos de Qualidade, eventos *kaizen*);
- Melhorar a produtividade e o fluxo do processo;
- Planejamento anual e desenvolvimento de estratégias. (Liker e Meier 2003, p. 308, Tradução nossa)

A ferramenta é flexível, podendo mudar e se adequar para a realidade de cada problema a ser enfrentado, sendo mais bem aproveitada para trabalhos em equipe, já

que canaliza as informações e o andamento do projeto e tira proveito dos diferentes pontos de vista e possíveis dúvidas para aprimorar sua construção e desenvolvimento.

3.3 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

A engenharia de processos junto com a metodologia *Lean Six Sigma* forma a base do conhecimento para o desenvolvimento do projeto. Foram apresentados as origens, aplicações e ganhos do método e suas ferramentas. Buscou-se para cada etapa do DMAIC referenciar a ferramenta utilizada, de forma simples em leitura rápida e direta. As fontes para informação são de referência nacional e internacional, construindo uma base sólida de conhecimento.

Com base nestes conhecimentos o desenvolvimento do trabalho foi construído, sendo a intenção que o capítulo seja revisitado e sirva como base para mais pesquisas e referências bibliográficas caso seja necessário ao leitor.

No capítulo de desenvolvimento serão abordadas as ações, situações, dificuldades e toda a implementação no chão de fábrica dos conhecimentos estudados. É escrito de forma que o leitor se sinta parte da equipe que conduziu o projeto, trazendo como os conhecimentos e ferramentas tiveram que ser adaptados, a relação com a administração e gestão.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 CRIANDO O FLUXO CONTÍNUO

Como visto no Capítulo 2, o setor da Fundação operava com programação de produção, baseada no consumo planejado para o setor cliente, Injeção, com uma semana de estoque, visto a movimentação semanal de matéria prima e, com o mesmo caminhão, movimentar paletes de produto para o setor cliente.

As ferramentas utilizadas para criação do fluxo contínuo são descritas a seguir, sendo que alguns detalhes considerados estratégicos pela indústria foram omitidos, porém mantidos os desafios encontrados, médias de tempo de execução, integrantes de equipes e orçamentos aproximados para a data de execução, dados de apoio para determinar o retorno financeiro do projeto.

4.1.1 Mapa do Fluxo de Valor

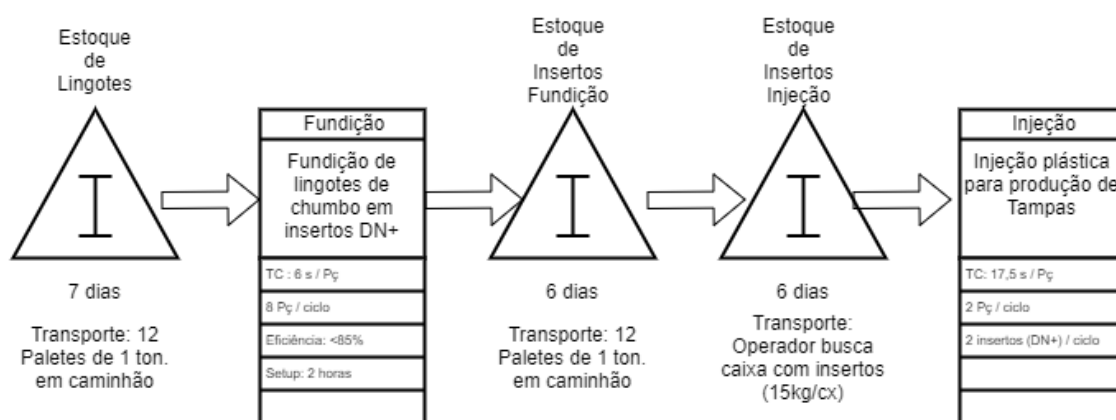
Para a criação do mapa de Fluxo de Valor foi primeiramente realizada definição de um produto de volume de produção na faixa “A” pelo diagrama de Pareto do modelo “ABC”. O produto selecionado correspondia a mais de 38% da produção de tampas e o inserto utilizado era compartilhado com outros 24 modelos de tampas, representando mais de 60% da produção de insertos, modelo *DN*.

A coleta de dados foi realizada utilizando histórico do MES, do ERP e coleta no *gemba*. Para o produto selecionado o *Lead Time* era de 43 dias, sendo o estoque de inserto correspondente a 12 dias e o de produto acabado 14 dias, os demais dias sendo outros estoques intermediários (8 dias de lingotes de chumbo e 7 dias de tampas aguardando selagem) e os processos.

O tempo de ciclo para o inserto de chumbo, produzido por coquilhas automáticas 6 segundos por peça, sendo o molde com ciclo de 48 segundo e 8 cavidades, com um molde dedicado ao polo positivo e outro ao negativo. O tempo de ciclo da injeção das tampas para o produto avaliado era de 17,5 segundo por peça, sendo o molde com duas cavidades e tempo de ciclo de 35 segundos.

A eficiência do processo de produção dos insertos de chumbo encontrado foi menor que 85%, meta do setor, sendo o maior influenciador a qualidade dos insertos e a performance dos equipamentos. Foi identificado que não havia coleta de dados de tipo de defeito gerado no processo nem dos defeitos segregados no setor cliente que voltavam para retrabalho. A Figura 4.1 apresenta os dados de estado atual coletados nesta etapa entre o setor de fundição e injeção.

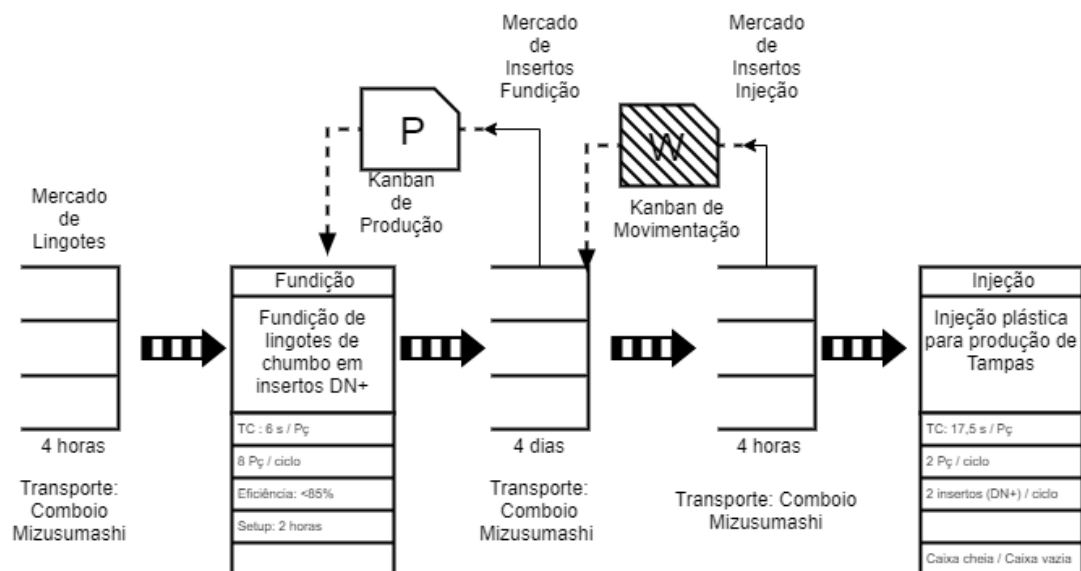
Figura 4.1 – MFV estado atual.



Fonte: O Autor (2020).

Com base nos dados coletados o estado futuro para o setor foi construído, Figura 4.2, planejando-se implementar um comboio de logística interna (*Comboio Mizusumashi*) cuja função é o foco na movimentação de lotes menores de produtos, evitando viagens vazias.

Figura 4.2 – MVF estado futuro.



Fonte: O Autor (2020).

Para lingotes de chumbo uma gestão visual de quantidade necessária e para caixas de insertos um kanban de dois cartões (Produção e Movimentação). O ganho em redução de estoques de 15 dias, ganho de área ocupada por estoque na casa de 75% e menor influência do PCP no setor da Fundição.

4.1.2 Logística interna e *Mizusumashi*

Buscando o fluxo contínuo, reduzindo estoques intermediários e os desperdícios por transporte e movimentação foi implementado um operador com foco em movimentação de materiais para alimentação dos postos de trabalho, o *Mizusumashi*. Inicialmente 1 operador por turno de produção, logo 3 operadores no total, subordinados ao supervisor de produção e com no mínimo 5 anos de vivência como colaborador, aproveitando-se desta experiência para implementação e treinamento sobre materiais e pontos de consumo, para criar-se rota e trabalho padrão.

Ao longo de dois meses foram testados diversos rebocadores elétricos (fornecidos por terceiros) e sistemas de carrinhos de reboque, sendo esses projetados internamente para resistirem aos diferentes pisos (asfalto e concreto), à carga (podendo chegar até 1,5 toneladas de materiais) e de dimensões que manobrassem nos corredores e vencessem o desafio do desnível entre uma fábrica e outra

(Aproximadamente 5 metros de desnível em um trajeto de 40 metros). O investimento foi de aproximadamente 90 mil reais para a data (setembro de 2019).

O treinamento da operação ocorreu de forma teórica, em sala, com os operadores reunidos e com auxílio do layout, expertise de um consultor externo e dinâmicas sobre perdas de movimentação e transporte, num total de 16 horas. Complementar ocorreu treinamento prático, sendo acompanhados de perto para auxílio no desenvolvimento das rotas e padronização do trabalho, num total de 48 horas com cada operador.

Como resultado dos treinamentos foi criada uma rota padrão, um tempo de ciclo para conclusão da rota e instruções de trabalho com ações de segurança ao pilotar o rebocador carregado, *check-list* de troca de turnos, documento para solicitação e interação com almoxarifado, forma de transporte de informações e cadeia de ajuda para com a supervisão e manutenção dos equipamentos. Ao total foram desenvolvidos 16 documentos para padronização do trabalho do *Mizusumashi* respeitando a ISO 9001/2015.

Figura 4.3 – Rebocador e comboio de logística interna (*Mizusumashi*).



Fonte: O Autor (2020).

Com a implementação dos sistemas de gestão visual e kanban (Produção, movimentação, Caixa cheia / Caixa vazia ou kanban dinâmico) foram realizados novos treinamentos, sempre com conteúdo teórico em sala e acompanhamento prático. A logística interna também foi implementada em outros setores, paralelamente aos setores escopo do trabalho.

Para o setor fundição a logística interna assumiu o transporte da matéria prima, levando lingotes de chumbo e outros consumíveis entre o almoxarifado e o ponto de consumo, transporte de caixas com insertos refugados para derretimento e retrabalho (Liberando a área em que os refugos ficavam em paletes até serem transportados) e movimentação de caixas vazias. Essa rota entre as duas fábricas ocorre quando os *kanbans* de movimentações validam o momento correto.

As caixas de insertos são transportadas entre mercados (mercado de insertos da Fundição para mercado de insertos Injeção) pela logística interna, visto que a rota na fábrica cujo setor de cliente da fundição é mais dinâmico, e entre o mercado e os pontos de consumo sendo abastecidos de forma dinâmica, sempre iniciando com duas caixas e a logística repondo a caixa vazia com uma cheia. Mais detalhes do esquema obedecido no próximo tópico.

4.1.3 Supermercado e Kanban

Buscando auxiliar a logística interna na determinação do tempo correto para movimentação, abastecimento e transporte de materiais foram implementadas ferramentas de gestão visual, como os sistemas *kanban*. Do MFV de estado futuro, Figura 4.2, ficou definido que o modelo que melhor se adequaria é um *kanban* de dois cartões para o produto e uma gestão visual para os lingotes.

Para os lingotes foi desenvolvido um suporte com capacidade máxima equivalente a 4 horas de produção, Figura 4.4, em que a logística interna reabastece conforme o consumo, evitando com que a quantidade de lingotes atinja a faixa vermelha (Estoque de Segurança). Uma vez por semana os lingotes da faixa de segurança são substituídos para evitar excesso de oxidação.

Figura 4.4 – Gestão a vista para reposição de lingotes de chumbo



Fonte: O Autor (2020).

Para os supermercados de caixas com insertos produzidos foram construídos *flowracks* utilizando sobras de porta paletes disponíveis na fábrica, Figura 4.5. A adoção de *flowracks* foi tomada para que seja feito FIFO e os insertos mais antigos sejam consumidos primeiro, evitando oxidação que é prejudicial no setor cliente. O abastecimento do mercado é realizado pelo operador da fundição.

O esquema realizado é que em cada fileira de caixas seja o mesmo produto e corresponde a um lote de produção (Um *kanban* de produção). Ao completar a fila de caixas o cartão é posto no suporte na frente, Figura 4.6. Quando o *Mizusumashi* acaba com o conteúdo de uma fileira ele retira o cartão e coloca no quadro formador de lotes, feito de eletrocalhas e nichos tapados com fita crepe. Cada nicho aberto recebe um *kanban* de produção, ao preencher todos o nicho o lote de produção está pronto e o *Mizusumashi* retira os cartões e coloca no varal, indicando a ordem em que devem ser produzidos os lotes. Os ajustes são feitos abrindo ou fechando nichos, de forma que os lotes sejam do tamanho que compense o setup e ao mesmo tempo não falte produto. Após acerto dos nichos o quadro foi trocado por um melhor acabado e resistente. Este quadro foi utilizado em outros sistemas *kanban* para treinamento, sendo fácil de transportar, entender e realizar manutenção, com custo baixo de produção, aproximadamente 30 reais.

Figura 4.5 – *Flowrack* para caixas (Mercado de insertos Fundição) trás.



Fonte: O Autor (2020).

Figura 4.6 – *Flowrack* para caixas (Mercado de insertos Fundição) frente.



Fonte: O Autor (2020).

Ao retirar uma caixa do mercado de insertos de fundição o *Mizusumashi* coloca na caixa o cartão correspondente pelo transporte. Para cada caixa é necessário um cartão autorizando transporte. As caixas com o *kanban* de movimentação são levadas

para um segundo *flowrack*, Figura 4.7, sendo que cada fileira é preenchida somente com um tipo de caixa de produto para evitar trocas e confusões.

Figura 4.7 - *Flowrack* para caixas (Mercado de insertos Injeção).



Fonte: O Autor (2020).

Conforme a demanda do setor de injeção as caixas com insertos de chumbo são retiradas do mercado e o *kanban* de movimentação é colocado no quadro para formação de lotes, seguindo o mesmo esquema do quadro no setor da fundição. Após fechar um lote de cartões o *Mizusumashi* os coloca no varal para priorização quando realizar o transporte para o setor da fundição. Assim como o quadro formador de lotes na fundição os nichos para *kanban* podem ser abertos ou fechados conforme aumento ou diminuição da demanda.

Figura 4.8 – Quadro formador de lotes para *kanbans* de movimentação.



Fonte: O Autor (2020).

A gestão visual e utilização de cartões fez com que o fluxo da informação entre os setores possível de acompanhar, sendo crítico quando ocorre extravio ou perda de um cartão, pois o mercado fica incompleto. Também facilitou na contagem dos estoques de produtos, pois somente contando os cartões nos quadros e debitando do total tem-se o estoque atual.

4.1.4 Qualidade e Caixas vermelhas

A utilização de mercados e logística interna é muito prejudicada quando há defeitos nos produtos, tanto que é uma busca e premissa não haver defeitos no mercado. Porém o método de separação, classificação e registro dos defeitos não estava sendo feito. O *Mizusumashi* tornou a movimentação destes defeitos muito mais dinâmico, sendo que tanto a informação do problema quanto os insertos retornavam ao setor algumas horas depois do transporte.

Para classificar e avaliar a quantidade de defeitos que circulavam nos mercados foram instaladas caixas vermelhas identificadas com os três principais efeitos observado: Inseto curto (comprimento fora do padrão), Trincas ou furos (falhas na estrutura do inserto) e má formação (Falhas no preenchimento do molde pelo chumbo gerando insertos incompletos).

O operador da fundição e o líder do setor tornaram-se responsáveis por observar a qualidade, separar e registrar os defeitos encontrados. Sendo que foi desenvolvida uma ferramenta *poka-yoke* para identificar insertos fora do tamanho especificado e realizado treinamento para identificação visual dos outros principais defeitos encontrados. A partir dos dados encontrados foi possível identificar o principal defeito e mensurar como as ações realizadas surtiram efeito ou não, ações abordadas dentro do DMAIC.

4.2 SOLUÇÃO DE PROBLEMAS E MELHORIA DA QUALIDADE DE INSERTOS

A implementação das caixas vermelhas possibilitou identificar os defeitos de maior ocorrência, criando a oportunidade de ampliar o projeto para solução destes e aumentar a confiabilidade dos produtos nos mercados.

Para continuidade do projeto foi escolhido o método DMAIC ajustando ferramentas para a realidade da empresa. Os passos descritos a seguir foram aplicados durante o ano de 2020.

4.2.1 Definir

Na primeira fase foi desenvolvido um documento *Project Charter*, Anexo 1, cuja função é apresentar o problema e definir premissas e parâmetros utilizados ao longo da solução do problema. Este foi aprovado e seguiu para registro interno.

Dentro do definir também foi construído um diagrama SIPOC, Tabela 4.1, para compreender melhor o processo e servir como cenário para construção do A3 utilizado para manter o time na mesma etapa e informado, além de um método de controle do projeto.

Tabela 4.1 – SIPOC para o processo de fundição de insertos de chumbo.

Supliers	Inputs	Process	Output	Costumer
Almoxarifado	Lingotes de chumbo	Início	Insertos de chumbo	Injeção de tampas
Fundição/Injeção	Insertos com defeito	Receber a informação de produto e lote a ser produzido - Início Setup;		Resinagem de Insertos
CTT/Injeção/Seladora	Insertos de retrabalho de tampas	Setup (Instalar molde do produto);	Insertos com defeitos	Fundição
Kanban	Informação programação de produção	Abastecer máquina com lingote de chumbo (Aprox. 1 Lingote/Hora);	Borra (Oxidos e impurezas)	Coletor de residuos
PCP	Ficha de produção	Setup (Regular manipulador e controladores conforme ficha técnica de fundição);	Informações da produção	PCP/NC
Qualidade	Ficha de controle da qualidade	Preparar caixa com pacote para insertos na saída da esteira;	Informações da qualidade	Qualidade
		Setup (Início de processo);		
		Apontar quantidade de insertos até peça boa - fim Setup;		
		Colocar caixas com pacote para insertos na saída da esteira;		
		Verificação de qualidade (peça padrão x peça hora a hora / pokayoke)		
		Pesar caixas cheias de insertos;		
		Apontar quantidade produzida (NC);		
		Preencher ficha de produção (Gráficos de controle, produção, refugos)		
		Realizar limpeza do molde (Quando necessário);		
		Abastecer máquina com lingote de chumbo (Quando necessário);		
		Mergulhar breu no cadinho para retirar impurezas do chumbo (Quando necessário);		
		Retirar excesso de Borra (Quando necessário);		
		Fim		

Fonte: O Autor (2020).

Dos defeitos observados três foram selecionados para as caixas vermelhas (Insero curto, trincas ou furos e má formação), porém a definição de qual seria foco do projeto somente foi selecionado na fase *Medir*.

4.2.2 Medir

Nesta fase foram revisados os *poka-yoke's* e definido que o diagrama de Pareto construído baseado nos dados de peso de defeitos nas caixas vermelhas seria a ferramenta para definir qual problema é o foco para o projeto.

Com os dados de 12 dias de coletas foi construído o diagrama de Pareto para peso de defeitos encontrados nas caixas vermelhas, avaliada toda população produzida e é inspecionada peça-a-peça na fundição ou injeção. O defeito com maior expressividade foi o inserto curto.

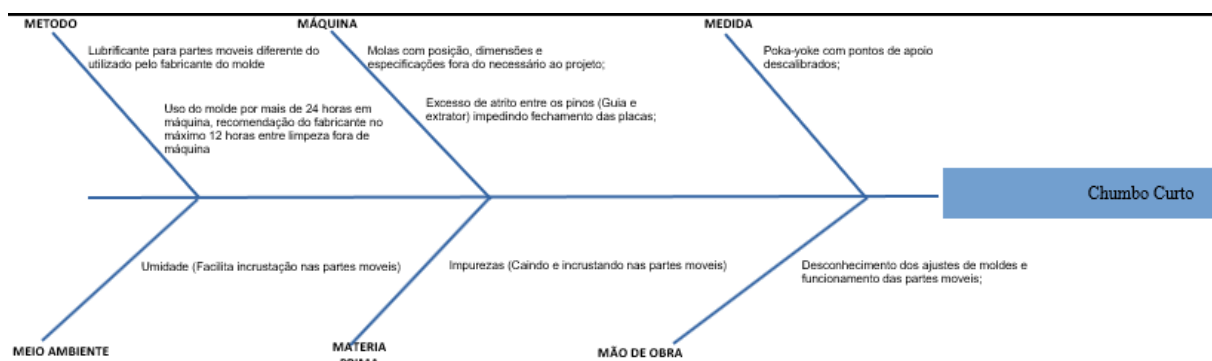
As medições utilizando os *poka-yoke's* continuaram por toda a execução do projeto. A quantidade de defeitos encontrada tinha seu peso apontado no sistema MES e paralelamente foi desenvolvida uma planilha para coleta de dados, devido problemas no sistema de coleta de dados, como descrito no segundo capítulo. Os pesos dos defeitos com os motivos, vindo das caixas vermelhas, foram utilizados para acompanhar e avaliar as ações implementadas na fase de melhorar.

4.2.3 Analisar

Para realizar a análise das causas do defeito inserto curto foram realizadas três reuniões, sendo duas para coletar informações sobre funcionamento do molde, máquina e processo produtivo e uma reunião para realizar *brainstorm* e desenvolver um diagrama de Causa e Efeito.

O diagrama de Causa e Efeito utilizou os 6M's para separar as possíveis causas, Figura 4.9, e as possíveis causas foram avaliadas e soluções propostas.

Figura 4.9 - Diagrama de Causa e Efeito para Inserto curto (Chumbo curto).



Fonte: O Auto (2020).

Para a causa relacionada com medida foi abandonada devido a revisão de todos os instrumentos realizada para a etapa medir.

Para a causa relacionada à mão de obra foi proposto realizar atualização das instruções de trabalho, ou criação caso faltante, e treinamento dos operadores.

Para a causa relacionada à matéria prima foi proposto realizar testes laboratoriais e comparar os dados obtidos de composição com a tabela de dados fornecida pelo fornecedor de lingotes de chumbo.

Para a causa relacionada a meio ambiente foi abandonada devido dificuldades em adequar o setor produtivo para obter controle da umidade, sendo deixada como reserva em caso outras ações não demonstrassem ganhos relativos à qualidade.

Para as causas relacionadas à máquina foi proposto entrar em contato com o fornecedor do molde e entender o dimensionamento das molas envolvidas na movimentação das placas moveis e medir os pinos para identificar possíveis irregularidades que geram atrito entre as placas moveis.

Para as causas relacionadas ao método foi proposto conversar com o desenvolvedor do molde sobre melhor lubrificante a ser utilizado, sendo que foi identificado que o lubrificante utilizado tinha faixa de atuação entre 10°C – 195°C e o molde opera entre 350°C – 420°C. A causa identificada de utilizar mais de 24 horas foi proposta pelo fabricante quando entrado em contato sobre especificações, porém foi deixado como ação reserva, pois realizar setup com menos de 24h de utilização demanda recalculer todo o tamanho de mercado e quadro *kanban* formador de lote. O fabricante é chinês e não proveu manual ou melhores práticas de conservação do equipamento.

Foi então criado o plano de ação definitivo presente no A3, em que as causas são abordadas e realizada a melhoria, sendo que cada ação possuiu seu próprio ciclo PDCA para implementação. Houve essa sugestão de utilizar o PDCA no plano de ação no lugar do DMAIC pois a equipe tinha mais familiaridade com aquele.

4.2.4 Melhorar

A etapa de melhorias foi iniciada com a reunião com o fabricante do molde para insertos de chumbo. Desta reunião saiu-se com a informação do lubrificante ideal a ser utilizado, com molibdênio e faixa de atuação 200°C – 500°C e que as molas utilizadas na construção do molde seguem padrão de cor/força diferente do padrão utilizado no Brasil, logo, deveria trocar pelo modelo chinês ou recalculer o tamanho.

Realizado o orçamento com o fornecedor chinês e com o nacional, considerando tempo de entrega, preço e demanda interna optou-se por reavaliar o dimensional da mola. Para tal foi considerado o trabalho e diâmetro da mola e informações sobre tabeladas para encontrar a melhor mola para uma vida útil dentro do padrão que coubesse no molde. Com base nos cálculos realizados para o trabalho e comparado com os dados tabelados a mola que melhor atende necessitava modificar e realizar furação nos moldes, pois é 30% mais comprida.

A furação foi realizada e as novas molas testadas, com o novo conjunto as molas comprimem abaixo do indicado para 95% da vida útil e a força é constante em todo o curso de trabalho das placas moveis.

Entre realizar os cálculos e furação para um molde teste, foram realizadas as demais melhorias propostas e acompanhado. Iniciando com medição e validação dos pinos guia, em que foram fabricados um novo conjunto de pinos guia, visto que os em utilização para um molde estavam torcidos e angulados. Com a troca e avaliação pode-se verificar que o mal fechamento das placas que causa a torção dos pinos e não o contrário, logo, não houve redução dos defeitos com o uso de novos pinos.

Os testes de laboratório para a qualidade da matéria prima apontaram semelhança de 95% com o relatado pelo fornecedor, sendo descartado a causa de impurezas ou matéria prima para o inserto curto.

O treinamento com os operadores ocorreu de forma a revisar os processos de regulagem da máquina e criar as instruções de trabalho. Foram escritas 6 instruções de trabalho com procedimento de regulagem de máquina e molde, forma de alimentar com matéria prima, procedimento de limpeza de molde e armazenamento. Porém não houve ganhos significativos na qualidade do produto, sendo observada uma semana produtiva.

A utilização do lubrificante correto para a faixa de temperatura auxiliou em 5% a redução dos defeitos, avaliado uma semana produtiva. Mas os ganhos mais significativos foram na limpeza do molde, pois o lubrificante anteriormente utilizado carbonizava e grudava no molde, sendo necessário lixá-lo e polir, gastando até 5 horas para limpeza. Após a troca do lubrificante e padronização do processo de limpeza o tempo caiu para 20 – 40 minutos.

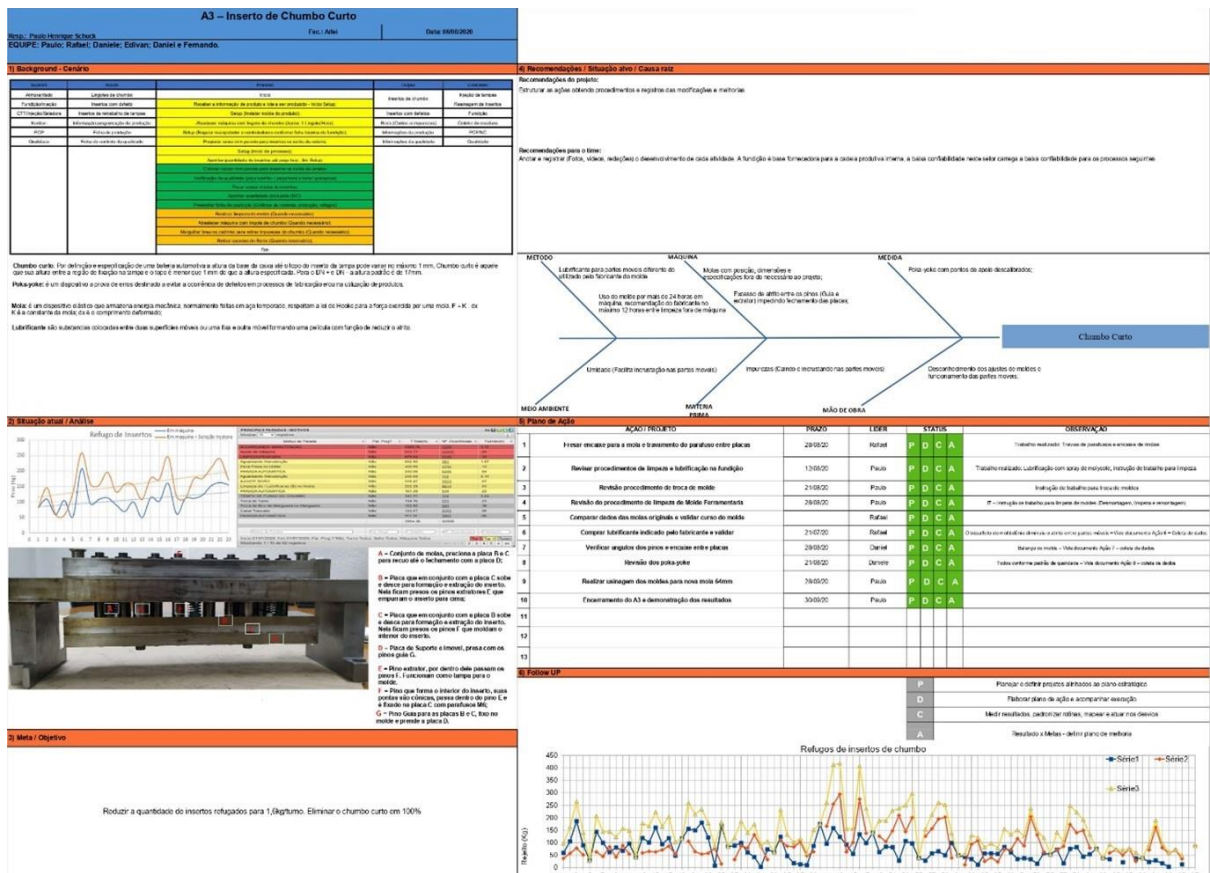
Com o molde adaptado para as molas foi realizado teste, sendo na primeira semana de coleta de dado ocorrendo redução de 96% na quantidade de refugos e 100% de redução da incidência do inserto curto.

4.2.5 Controlar

Considerado um sucesso a adaptação dos novos conjuntos de molas seguiu-se para adaptação de todos os moldes para o novo modelo. Manteve-se o uso do lubrificante com molibdênio e as instruções de trabalho criadas.

A planilha utilizada para captação dos dados continuou a ser utilizada por mais 3 meses, sendo utilizada para encerrar o A3, Figura 4.10, sendo realizado o acompanhamento da quantidade de defeitos diariamente.

Figura 4.10 - Documento A3 utilizado para solução do problema em equipe.



Fonte: O Autor (2020).

A análise das quantidades de refugos foi realizada de forma comparativa, gerando um gráfico de linhas ao longo do tempo, Anexo 1, sendo visível que defeitos continuaram a existir, em sua maioria detectados no setor cliente por inspeção visual, logo, trincas ou furos e má formação, o defeito de inserto curto foi eliminado e no período de controle não houve mais ocorrência.

4.3 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

O desenvolvimento de um projeto *Lean* inicia-se enxergando os problemas, no caso específico aplicando a ferramenta de mapa de fluxo de valor. Visualizados os pontos de melhoria e projetada uma meta ao fluxo de material e informação, assim desdobrando os objetivos para tal meta. Realizar a implementação do fluxo contínuo com logística interna, sistemas de gestão visual e padronização do trabalho requereu esforços multidisciplinares, desde projetos de vagonetes e rotas para o comboio logístico até cálculos de demanda e treinamento para uso de ferramentas e documentos.

A conquista de um transporte mais fluido e no momento exato levou o projeto a aprofundar o desafio dos defeitos, sendo neste momento os conceitos e ferramentas da qualidade e *Six Sigma* tomando o protagonismo do projeto. O envolvimento da equipe, com todos no mesmo nível de entendimento do problema, foi uma das premissas ao desenvolvimento. O mergulho realizado nos detalhes do processo, conhecendo toda engenharia envolvida na produção e procedimento gerou um plano de ação complexo, porém realizável dentro do prazo proposto. Cada ação realizada, partindo das de rápida aplicação até as envolvendo investimento e mudanças nos moldes foi acompanhada com a mesma seriedade e seus resultados considerados ao andamento do projeto.

Tabela 4.2 – Resumo dos ganhos com o projeto.

Parâmetro	Antes	Depois	Resultado
Estoque	12 dias (96 m ²)	4 dias (24 m ²)	Redução 66,6% (Redução 75%)
Movimentação	17 Operadores/turno (8 horas/turno)	Não é realizado	Redução 100%
Defeitos	150 kg/dia	7 kg/dia	Redução 96%

Fonte: O Autor (2020).

As conquistas do projeto foram além do financeiro, deu-se início ao uso da ferramenta A3 na empresa, como sendo uma forma de resolver problemas e manter a equipe informada visualmente. Foi implementado o operador logístico, *Mizusumashi*, em toda a fábrica, ganhando o tempo de movimentação dos operadores e flexibilização dos tamanhos de lotes movimentados no tempo correto. O capítulo a seguir é dedicado às conquistas, resultados, dificuldades e propostas de melhoria, trazendo conclusão ao projeto.

5 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os projetos *Lean Six Sigma* proporcionam ganhos, ou redução das perdas, tanto financeiramente quanto culturalmente. Para melhor apresentar os resultados e gerar conclusões que melhor representem o projeto foi escolhido ressaltar os resultados obtidos de formas diferentes, uma quantitativamente e outra qualitativamente.

5.1 RESULTADOS QUALITATIVOS

Usando como definição de resultado qualitativo todas as respostas obtidas por ação realizada para formulação do projeto que é composta de características difíceis de serem medidas ou subjetivas ao tempo, pessoa e condição da visualização da resposta.

O primeiro ganho qualitativo foi referente ao entusiasmo da equipe em solucionar um conjunto de problemas utilizando não só intuição ou obedecendo ordens, mas sim utilizando ferramentas e sendo parte da solução. Percebeu-se um interesse de todos no projeto, nas reuniões de *brainstorming*, na implementação da logística interna, na interação entre setores e como o projeto influenciaria a vida e trabalho ao longo do tempo.

Ao realizar o mapa de valor consideramos como resultado qualitativo a melhoria em enxergar os processos e fluxo da empresa, como facilitou traduzir informações e condições da fábrica para um pensamento estruturado, criando a sensação de tradução de um texto para uma linguagem comum.

O resultado da implementação da gestão visual e logística interna na organização do setor foi o principal ponto a ser observado de forma qualitativa. Os operadores trabalham mais satisfeitos e entusiasmados quando a lógica da organização é fácil de entender, os porquês dos processos e trabalhos é realizado explicado facilmente. Quando os objetos têm função e local definido ganham importância muito maior na ausência, percebendo-se aumento da responsabilidade para manter organizado conforme planejado.

Aumentar a responsabilidade da operação para decisões que influenciam diretamente no dia a dia do colaborador também se mostrou um resultado positivo a médio prazo, pois a curto prazo houve conflito entre turnos para manutenção do setor e até ocorrer o nivelamento do entendimento da informação ocorreram erros de interpretação e erro na organização do setor, foram necessários momentos de treinamento e reunião com os Recursos Humanos para que os operadores da produção resolvessem os conflitos.

A implementação do operador logístico, *Mizusumashi*, resultou em diversos benefícios, principalmente na mobilidade para o transporte de lotes e agilidade na transmissão da informação, porém um dos ganhos mais sentidos foi que o *Mizusumashi* também serve como validador da normalidade entre processos, sendo que ao identificar algo fora do normal, seja em volume de rejeitos ou atraso para entrega/consumo ele dispara a cadeia de ajuda, com a liderança e supervisão auxiliando para resolver percalços.

Para a redução dos defeitos, em que foram utilizadas ferramentas da qualidade e do *Six Sigma*, os ganhos sentidos foram durante o projeto e após. Durante o projeto foi possível visualizar como o entendimento do que é qualidade e como tratamos ela dentro da fábrica influencia como as ações para sua melhoria serão realizadas. A cada etapa do DMAIC via-se a necessidade de conhecer mais o processo e equipamentos, gerando um sentimento de empatia para com os colaboradores da operação, resultando em diálogos mais construtivos, em que eles deixaram alguns preconceitos de que os setores técnicos não queriam admitir problemas ou atuar sobre as queixas e o setor técnico vivenciou as dificuldades e necessitou evoluir na forma de traduzir informações complexas para o entendimento de todos.

O ganho na qualidade do produto, ou diminuição das perdas por defeitos, teve reflexo não só no desempenho do setor, mas foi percebido que a maior confiança do cliente fez com que o desempenho deste melhorasse. Dentro da percepção de conflitos foi percebido maior união entre os setores, visto que os clientes valorizaram os esforços da fundição para melhoria, não somente trazendo reclamações, mas com mensagens de apoio e dicas para melhorar e participar de futuras melhorias. Estimamos que os ganhos na performance, descrito em ganhos qualitativos, da operação foi devido não a diminuição do trabalho de revisão, mas que os defeitos encontrados seriam tratados e soluções buscadas baseada na informação correta.

5.2 RESULTADOS QUANTITATIVOS

Para melhor visualizar os desperdícios combatidos e os ganhos do projeto, assim como na Tabela 4.2, são vistos três tópicos: Movimentação, defeitos e estoque.

Ao utilizar Mizusumashi todas as movimentações em vazio realizadas pelos operadores, seja indo buscar material ou voltando de levar produtos foi eliminada. O ganho foi de 8 horas por turno, sendo que foi considerado o valor de 5 reais a hora da operação, o ganho monetário estimado foi de 30 mil reais/ano.

Com eliminação da movimentação e otimização do transporte realizado pelo operador logístico, utilizando flowracks e kanban, o estoque foi reduzido em aproximadamente 65%, considerando o tempo para consumo, mas o maior ganho foi na redução do espaço destinado a estoques, antes 96 m² ocupados por paletes no

chão, para os atuais 24 m² ocupados por flowracks. Os ganhos estimados são calculados considerando 500 reais m²/ano, logo a redução no desperdício foi na casa de 36 mil reais por ano.

A redução dos defeitos e retrabalho envolvido na produção dos insertos de chumbo chegou a 96%, isso significa que de uma média diária de 150 kg de refugos para 7kg. O valor do kg de retrabalho era calculado a 13 reais, logo houve uma redução das perdas de mais de 450 mil reais.

5.3 CONCLUSÃO E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE DAS MELHORIAS

É uma consideração muito importante na idealização e planejamento de um projeto o tempo para retorno dos investimentos. Como visto, os investimentos realizados durante a fase de implementação do *Lean* foram mais volumosos do que na implementação da melhoria da qualidade, porém o retorno da melhor qualidade foi monetariamente maior. Deve-se observar o relacionamento entre as ações, em como o fluxo contínuo e melhorias em enxergar as perdas proporcionou ao projeto os ganhos obtidos. Assim consideramos todos os investimentos realizados ao longo de todo o projeto como os ganhos de todo o projeto.

Os investimentos realizados foram aproximadamente de 165 mil reais, desconsiderando o custo do tempo em horas de trabalho dedicadas pela equipe, sendo que muitos materiais utilizados na construção dos mercados estavam disponíveis na empresa e cerca de 75% dos custos dedicados na aquisição do rebocador e construção das vagonetes. Somando-se todos os ganhos do projeto, monetariamente, resulto em mais de 500 mil reais/ano, logo o retorno se deu num prazo de menos de 6 meses após realização do projeto.

A ferramenta A3 foi concluída com uma celebração, visto os resultados obtidos na diminuição das perdas, e com a escrita do trabalho de conclusão de curso encerra-se também o projeto completamente. Como equipe, foi concluído que houve crescimento, tanto no conhecimento teórico quanto prático, de todos envolvidos nos processos e uma maturidade adquirida no uso de ferramentas da qualidade.

Observando os ganhos fica mais fácil de concordar que um projeto Lean six sigma têm retorno, más foi um dos pontos mais difíceis na implementação do projeto,

todos da equipe visualizarem os desperdícios e manter o entusiasmo para combatê-los ao longo do tempo do projeto. A maior dificuldade se deu na implementação da logística interna, em educar os operadores e ajustar os processos para que o fluxo do transporte não rompesse. Mudança na cultura de uma fábrica é desafiadora mas assim como toda criação de rotina, demanda tempo e uso da própria rotina.

Seguindo o planejamento dos ciclos de melhoria contínua e filosofia *Kaizen* fundamental ao *Lean Six Sigma* seguem como propostas de continuidade as melhorias nas rotas do comboio logístico e acerto dos *kanbans*, visto mudanças de layout e na demanda do cliente. Outro ponto observado é o retorno obtido com a diminuição dos defeitos, assim sugerindo o uso do modelo A3 desenvolvido para sanar problemas de qualidade nas áreas de Moagem do plástico e Selagem de tampas, sendo ambos com grande potencial de retorno financeiro a curto prazo, observado no mapa de fluxo de valor, sendo esse sempre carente de revisão e atenção da gestão.

REFERÊNCIAS

AUTOSOM. **Baterias automotivas.** Disponível em: <http://autosom.net/artigos/baterias.htm>. Acesso em: 11 fev. 2021.

BASU, Ron. **IMPLEMENTING SIX SIGMA AND LEAN: A Practical Guide To Tools and Techniques.** 1. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2009.

GROVER; KETTINGER, V. & W. **Process Think: Winning Perspectives For Business Change in the Information Age.** 1. ed. [S.l.]: Idea Group Inc., 2000.

IMAI, Misaaki. **KAIZEN: La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa .** 13. ed. Mexico: Compania Editorial Continental, 2001.

JUNIOR, M. B. C, e BORGES, W. S. **A APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS LEAN SEIS SIGMA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE ESTUDOS DE CASOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS.** Revista GETEC v.7, n.15, p.37-57/2018. Disponível em: <<http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/getec/article/view/1188>> Acesso em: 07 set. 2020.

KUBIAK, T.M., BENBOW, Donald W., **THE CERTIFIED SIX SIGMA BLACK BELT HANDBOOK.** 2ª edição. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press, 2009.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **The Toyota way fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4ps.** New York: McGraw-Hill, 2003.

MCCARTY, Thomas; BREMER, Michael; GUPTA, L. D. E. P. **THE SIX SIGMA BLACK BELT HANDBOOK.** 1. ed. Illinois: McGraw Hill, 2004.

MONDEN, Y. **SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO: uma abordagem integrada ao just in time.** 4ªed. Bookman editora, 2015.

PIRÂMIDE LEAN. **Gestão visual na prática.** Disponível em: <https://piramidelean.com.br/gestao-visual-na-pratica/#:~:text=Gest%C3%A3o%20visual%20ou%20Visual%20Management%2C%20em%20ingl%C3%AAs%2C%20%C3%A9,o%20compartilhamento%20de%20informa%C3%A7%C3%B5es%20entre%20as%20pessoas%20interessadas>. Acesso em: 15 abr. 2021.

PLANET LEAN. **Understanding lean visual management tools.** Disponível em: <https://planet-lean.com/understanding-lean-visual-management-tools/>. Acesso em: 15 abr. 2021.

ROTONDARO; R.. **Seis Sigma : Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos.** 1. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

ROZA, J. L. et al. **AS VANTAGENS DO USO LEAN NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA COM FOCO NA INDÚSTRIA 4.0. X FATECLOG - LOGÍSTICA 4.0 & A SOCIEDADE DO CONHECIMENTO,** Disponível em:

<<http://fateclog.com.br/anais/2019/AS%20VANTAGENS%20DO%20USO%20LEAN%20NA%20IND%C3%9ASTRIA%20AUTOMOBIL%C3%8DSTICA%20COM%20FOCO%20NA%20IND%C3%9ASTRIA%204.0.pdf>> Acesso em 07 set. 2020.

STAMATIS; H., D.. **SIX SIGMA AND BEYOND**: Design for Six Sigma. 1. ed. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 2003.

STERN, Terra Vanzant. **LEAN SIX SIGMA**: International Standards and Global Guidelines. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.

WERKEMA, Cristina, **CRIANDO A CULTURA LEAN SIX SIGMA**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ANEXO 1 Project Charter

Redução de perdas por produção de insertos defeituosos na Fundição

Descrição do problema: Na fundição de insertos a produção de produtos defeituosos é a principal causa de perdas, provocando uma sequência de retrabalho e ajustes diários.

No primeiro semestre de 2020, o valor médio diário de perdas decorrentes de produção defeituosos apresenta característica crescente e o método de solução dos problemas é empírico.

As principais perdas econômicas resultantes do problema no primeiro semestre foram em relação à qualidade e retrabalho (R\$270.000,00) e para de máquinas para Ajuste/Limpeza (R\$64.000,00).

Definição da meta: Reduzir em 85%, em custos reais, as perdas relacionadas a produção de insertos com inconformidades nas máquinas fundidoras automáticas (FN1, FN2, FN3 e FN4) até dezembro de 2020.

Avaliação do histórico do problema: Anexo 1.

Restrições e suposições: Os dados coletados pelo MES NCsystem para o setor fundição não são confiáveis para o setor da fundição quanto à qualidade (Tipo de Refugos e Quantidade).

Os membros da equipe deverão disponibilizar 30% do tempo semanal para desenvolvimento do projeto.

Equipe de trabalho: Membros da Equipe: Paulo H. Schuck (Black Belt – Líder da equipe), Rafael Strapazzon (Projetos), Gilmar Alaércio de Melo (Supervisor da Manutenção), Fernando D. Justino (Técnico em Fundição) e Daniele Ap. C. Heinzen (Inspetora da Qualidade).

Champion: Arlei Drescher (Gerente Industrial).

Sponsor: Acyr Urio Jr.

Logística da equipe: Reuniões quinzenais, preferencialmente segunda feira após ao meio-dia. Sendo uma reunião bimensal com o Champion e o Sponsor. Reuniões realizadas no auditório com limite máximo de 1 hora e 30 minutos.

Cronograma preliminar: Define:03/07/2020; Measure: 14/08/2020; Analyze: 19/09/2020; Improve: 25/10/2020; Control: 08/12/2020;

I. Perdas Monetárias Resultantes:

a. Perdas por Retrabalho 01/01/2020 até 01/07/2020:

NCsystem = R\$270.000,00.

Estimado pelas fichas de produção e movimentação: R\$234.000,00.

b. Perdas por Paradas de Limpeza e Ajuste de Máquina 01/01/2020 até 01/07/2020:

Estimado pelo NCsystem = R\$64.000,00

ANEXO 2

