



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Valter Rocha Morais

Implementação de Ferramentas
Lean Six Sigma numa linha de Produção

Valter Rocha Morais
Implementação de Ferramentas
Lean Six Sigma numa linha de Produção

UMinho | 2014

Julho de 2014



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Valter Rocha Morais

Implementação de Ferramentas
Lean Six Sigma numa linha de Produção

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Sérgio Dinis Teixeira de Sousa

Julho de 2014

DECLARAÇÃO

Nome: Valter Rocha Morais

Endereço eletrónico: megavalter@hotmail.com

Telefone: 005592 9265-3212 e 005592 3618-3024

Número do Bilhete de Identidade: 1123841-0

Título da dissertação: Implementação de Ferramentas Lean Six Sigma numa linha de Produção

Orientador: Professor Doutor Sérgio Dinis Teixeira de Sousa

Ano de conclusão: 2014

Designação do Mestrado: Mestrado em Engenharia Industrial

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO.

Universidade do Minho, ____/____/____.

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus, criador de tudo e de todos, que com certeza colaborou para que eu chegasse até aqui.

Agradeço em especial a minha mãe Rosimara Rocha Morais, mulher guerreira que me ofereceu a oportunidade e incentivo, sempre esteve ao meu lado nas alegrias e tristezas.

Um trabalho como este é fruto de um esforço mais quase coletivo, desta forma, gostaria de agradecer a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho através do seu empenho, disponibilidade, colaboração e amizade. No entanto, tenho de agradecer de uma forma especial:

Ao professor e meu mestre: Doutor Mario Pierre Filho, orientador, amigo e mentor, sempre me presenteando com sua dedicação, orientação e apoio durante a elaboração desse trabalho.

Aos colaboradores da empresa com quem trabalhei chefes, engenheiros e operários, que compreenderam a importância deste trabalho e me ajudaram a ultrapassar todos os obstáculos.

Aos meus colegas de mestrado, alguns ficaram para sempre em minha vida, não só pela ajuda neste projeto, mas pela importância que tiveram em momentos importantes de minha vida.

Agradeço aos amigos, pela força oferecida no momento que mais precisei e por entender a minha ausência quando tive que me dedicar a este trabalho.

Agradeço, de forma especial, ao meu orientador Sérgio Sousa, principalmente pela compreensão e paciência, que através da sua supervisão me ofereceu os meios e as aprendizagens para tornar este projeto possível.

Agradeço, com um carinho especial, aos meus irmãos pela compreensão, apoio e paciência, ajudando-me a ultrapassar os momentos mais difíceis.

A todos meu sincero OBRIGADO!

RESUMO

As empresas do ramo de componentes para motos encontram-se inseridas num ambiente de contínuas mudanças advindos do aprimoramento de seus produtos e pelas exigências do mercado. Estas modificações implicam na flexibilidade das linhas de produções e alterações em processos, causa de inúmeros obstáculos à performance da produtividade.

O foco do estudo é o uso da metodologia *Lean Six Sigma* num projeto de melhoria numa linha de produção do setor de maquinagem da empresa, buscando a eliminação de perdas que causam baixa produtividade, comprometendo o cumprimento do plano de produção e a satisfação dos clientes.

A utilização do DMAIC em conjunto com a metodologia *Lean* permitiu analisar os fatores que influenciam na perda de produtividade da linha e identificar as ferramentas adequadas a cada fase. Após o recolhimento de dados na medição, foram analisadas as principais causas, identificando alguns problemas que contribuíam para perda de produtividade, como falta de padronização nas atividades de *setup*, excesso de paragens para ajustes dos processos e aumento dos defeitos de qualidade, utilizando para isso, gráficos de controle, análise de Pareto e diagrama de causa-e-efeito. O planeamento das ações na fase de melhoria teve como base a reconfiguração do *layout* da linha, assim como a modernização do processo para flexibilização da produção, principal causa das perdas de produtividades.

A implementação das ações trouxeram benefícios significativos como redução das paragens para ajustes 112 para 22 minutos, redução no nível de defeitos em aproximadamente 50%, redução no número de operadores de 21 em três turnos para 16 em dois turnos comerciais. Tais melhorias também permitiram um aumento da capacidade produtiva de 2.352 para 3.035 e na produtividade do sistema subindo de 98 para 152 peças/operador.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean* Seis Sigma, Projetos Industriais, Melhoria Contínua.

ABSTRACT

The companies in the motorcycle components are inserted in a continuous change arising from the improvement of its products and the demands of the market environment. These changes imply the flexibility of manufacturing lines and process changes, because of numerous obstacles to productivity performance.

The focus of the study is the use of Lean Six Sigma improvement project in a production machining company line sector, seeking the elimination of losses that cause low productivity, jeopardizing the fulfillment of the production plan and customer satisfaction.

The use of DMAIC in conjunction with Lean methodology allowed us to analyze the factors that influence the productivity loss of the line and identify appropriate tools for each phase. After the data collection in the measurement, were you analyze the main causes, identifying some problems that contribute to lost productivity, as lack of standardization in the setup activities, excessive stops for adjustments of processes and increased quality defects, using this, control charts, Pareto analysis and diagram cause-and-effect. The planning of actions on the improvement phase was based on the reconfiguration of the line layout, as well as the modernization of the process for production flexibility, the leading cause of lost productivity.

The implementation of actions brought significant benefits as a reduction of stops for adjustments 112 for 22 minutes, reduce the level of defects in approximately 50% reduction in the number of operators in three shifts of 21 to 16 commercial two shifts. Such improvements also allowed an increase in production capacity of 2.352 to 3.035 and system productivity rising from 98 to 152 parts/operator.

KEYWORDS: Lean Six Sigma, Industrial Projects, Continuous Improvement.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABELAS	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS	xix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Contexto da investigação	1
1.2 Motivação e topicos de investigação	1
1.3 Objetivos do trabalho	2
1.4 Método de investigação	2
1.5 Definição do tema da investigação	3
1.6 Estratégia da investigação	3
1.7 Fontes bibliográficas	4
1.8 Pesquisa bibliográfica	5
1.9 Organização do documento	7
2. REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA	9
2.1 O mercado competitivo e cultura organizacional	9
2.2 Estratégia para melhoria do desempenho	10
2.3 Planeamento na gestão das operações	10
2.4 Gestão pela qualidade total e programas de melhorias	12
2.4.1 Programa de melhoria	12
2.4.2 Foco no cliente	13
2.4.3 Controlo e Análise dos processos	13
2.4.4 Melhoria dos processos	14
2.5 <i>Lean Manufacturing</i> : mundaça cultural da organização	15
2.5.1 História <i>Lean</i>	15

2.5.2	Pensamento <i>Lean</i>	16
2.5.3	Princípios <i>Lean</i>	17
2.5.4	Os sete Desperdícios	18
2.5.5	Principais ferramentas	19
2.5.5.1	VSM (<i>Value Stream Map</i>) Mapa de Fluxo de Valor.....	19
2.5.5.2	SMED (<i>Single Minute Exchange Die</i>) Troca Rápida de Ferramentas	20
2.5.5.3	OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>) Eficiência Geral dos Equipamentos	20
2.5.5.4	<i>Standard Work</i> (Trabalho Padronizado)	22
2.6	Seis Sigma: estratégia de melhoria	22
2.6.1	História do Seis Sigma	22
2.6.2	Abordagem Estratégica: Metodologia de Gerenciamento	23
2.6.3	Abordagem Estatística: Melhoria dos processos.....	24
2.7	<i>Lean Seis Sigma</i> : melhor resultados	26
2.7.1	Surgimento da LSS	26
2.7.2	Necessidades para fusão do <i>Lean</i> com <i>Six Sigma</i>	27
2.7.3	Características da Metodologia.....	28
2.7.4	Melhor resultado.....	28
3.	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	31
3.1	Corporação internacional	31
3.2	Descrição da empresa	32
3.3	Características do negócio	33
3.4	Produtos	34
3.5	Estrutura organizacional	35
3.6	Produto da investigação.....	36
3.7	Sistema de produção.....	38
3.8	Descrição da cadeia produtiva do cilindro externo	39
3.8.1	Fluxo do processo do cilindro externo.....	40
3.8.2	Fundição	41
3.8.3	Processo de maquinagem.....	42
3.8.4	Pintura e montagem	43

4. PROJETO DE MELHORIA DA LINHA CILINDRO EXTERNO	45
4.1 FASE DE DEFINIÇÃO	45
4.1.1 Seleção do projeto	46
4.1.2. Plano e identificação do projeto.....	46
4.1.3 Declaração do projeto	47
4.1.4 Descrição do processo.....	49
4.1.5 Viabilidade do projeto.....	50
4.1.6 Definição do problema	50
4.1.7 Descrição dos aspetos da linha de produção	51
4.1.8 Planeamento e controlo da produção	51
4.1.9 Horários de trabalho e disponibilidade.....	52
4.1.10 Demanda da linha	52
4.1.11 Método de análise	53
4.1.12 Cálculo da eficiência da linha.....	53
4.2 FASE DE MEDIÇÃO.....	55
4.2.1 Pesquisa para caracterização do processo de fabricação.....	55
4.2.1.1 Descrição das características do produto	55
4.2.1.2 <i>Layout</i> e fluxo do processo.....	57
4.2.1.3 Tempos das operações.....	58
4.2.2 Estratificação do problema.....	58
4.2.2.1 Eficiência do estado atual da linha	59
4.2.2.2 Tempo disponível da linha	59
4.2.3 Levantamento da capacidade planeada de produção.....	61
4.2.4 Levantamento das perdas e desperdícios dos processos	61
4.2.4.1 Levantamento dos indicadores dos processos	62
4.2.4.2 Indicador de qualidade	62
4.2.4.3 Indicador de ajustes nos equipamentos.....	63
4.2.4.4 Indicador de avarias dos equipamentos.....	64
4.2.4.5 Indicador de outras paragens na linha.....	65
4.2.4.6 Indicador de falta de material.....	66
4.2.4.7 Avaliação da eficiência da linha.....	67

4.2.5 Avaliação das operações com as maiores perdas	68
4.2.6 Avaliação de mudanças de cenário	69
4.2.7 Levantamento da capacidade produtiva encontrada.....	70
4.2.8 Impacto sobre a linha de produção	71
4.2.9 Custos associados às falhas	72
4.2.10 Cálculo do sigma atual e <i>target</i>	73
4.3 FASE DE ANALISAR	74
4.3.1 Identificação das Causas Raiz	74
4.3.1 Descrição dos principais problemas encontrados	74
4.3.2 Levantamento sobre o processo.....	77
4.3.2.1 Processo de maquinagem.....	77
4.3.2.2 Tempos das operações.....	77
4.3.2.3 Operadores	77
4.3.3 Levantamento das atividades relacionadas ao processo.....	78
4.3.3.1 <i>Setup</i>	78
4.3.3.2 Ajustes	78
4.3.4 Matriz Causa-Efeito	80
4.3.5 Informações extraídas das análises	81
4.4 FASE DE MELHORAR.....	82
4.4.1 Análise para nova configuração das atividades de <i>setup</i>	82
4.4.1.1 Análise da características das operações <i>gargalos</i>	82
4.4.2 Estabelecimento de padrões para melhoria	84
4.4.3 Comparação entre as oportunidades de melhoria.....	84
4.4.3.1 Análise da proposta SMED.....	85
4.4.3.2 Nova tecnologia (CNC).....	86
4.4.3.3 Seleção da proposta de melhoria	88
4.4.3.4 Resultado encontrado	88
4.4.3.5 Análise do impacto dos novos recursos dos equipamentos	90
4.4.3.6 Análise da implementação dos novos equipamentos na linha	90
4.4.4 Planeamento da implementação das melhorias.....	92
4.4.4.1 Itens considerados nas ações de melhorias.....	92

4.4.4.2 Escolha do maquinário	93
4.4.4.3 Características técnicas	93
4.4.4.4 Identificação e divisão de produtos na linha	94
4.4.4.5 Agrupamento das operações.....	94
4.4.4.6 <i>Takt Time</i>	95
4.4.4.7 Balanceamento da linha e novos postos de trabalho.....	96
4.4.4.8 Mudanças no <i>layout</i>	97
4.4.4.9 Balanceamento da linha e novos postos de trabalho.....	98
4.4.5 Implementação das ações de melhorias.....	99
4.4.5.1 Novo <i>layout</i>	99
4.4.5.2 Novo fluxo do processo.....	100
4.4.5.3 Movimentação na linha.....	100
4.4.5.4 Novos tempos das operações para as duas linhas.....	101
4.4.5.5 Resultados das Melhorias	102
4.4.5.6 Troca de modelos	102
4.4.5.7 Troca de ferramentas	103
4.4.5.8 Resultados encontrados.....	103
4.4.6 Outros indicadores de desempenho	105
4.4.6.1 Melhorias alcançadas com uso da nova tecnologia.....	106
4.4.6.2 Benefícios ao sistema	106
4.5 FASE DE CONTROLO.....	107
4.5.1 Impacto e eficácia das melhorias	107
4.5.2 Problemas ocorridos na fase de controlo.....	108
4.5.3 Monitorização do processo.....	108
5. RETORNO DE INVESTIMENTO DO PROJETO DE MELHORIA	109
5.1 Comparação dos resultados.....	111
6. CONCLUSÃO	113
6.1 Conclusões.....	113
6.2 Trabalho futuro.....	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
ANEXOS	119

ANEXO I – PROCEDIMENTOS PARA TROCA DE MODELOS.....	120
ANEXO II – PROCESSO COMPLETO PARA FABRICAÇÃO DO AMORTECEDOR.....	121
ANEXO III – TABELA DO CÁLCULO DE EFICIÊNCIA.....	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cinco fases para o aperfeiçoamento dos processos	15
Figura 2: Cálculo do OEE	21
Figura 3: Percentuais da curva normal em função do desvio padrão	25
Figura 4: Soluções Híbridas para melhoria dos processos	27
Figura 5: Equilíbrio de custo/valor	29
Figura 6: Filiais da corporação no mundo	31
Figura 7: Localização da empresa no Polo de Manaus	32
Figura 8: Principais produtos fabricados.....	34
Figura 9: Estrutura organizacional da empresa.....	35
Figura 10: Função do amortecedor da motocicleta	36
Figura 11: Amortecedor da motocicleta.....	37
Figura 12: Processo de fabricação do amortecedor	38
Figura 13: Fluxo do processo de fabricação do amortecedor	39
Figura 14: Fluxo do processo de fabricação do amortecedor	40
Figura 15: Operações utilizadas no processo de fundição.....	41
Figura 16: Operações utilizadas no processo de maquinagem.....	42
Figura 17: Plano de projeto.....	47
Figura 18: Diagrama SIPOC das operações da linha.....	49
Figura 19: Gráfico com o plano de produção e capacidade produtiva da linha.....	50
Figura 20: <i>Layout</i> da Linha de produção	57
Figura 21: Tempos das operações da linha de produção	58
Figura 22: Gráfico da eficiência da linha de produção calculada pela engenharia.....	60
Figura 23: Gráfico dos problemas de qualidade na linha	63
Figura 24: Gráfico dos ajustes nos processos.....	64
Figura 25: Gráfico das avaria dos equipamentos	65
Figura 26: Gráfico das paragens por outros motivos	66
Figura 27: Gráfico da eficiência da linha de produção.....	67
Figura 28: Gráfico de Pareto das maiores perdas por operação	68
Figura 29: Nova tecnologia CNC	86

Figura 30: Agrupamento das operações nos CNC	94
Figura 31: Novos tempos de processos da linha.....	96
Figura 32: Nova tecnologia CNC	97
Figura 33: Novos tempos das operações da linha.....	98
Figura 34: Novo <i>layout</i> da linha	100
Figura 35: Novos tempos das operações da linha.....	101
Figura 36: Nova eficiência da linha	104
Figura 37: Processo completo para fabricação do amortecedor	121

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros utilizados na investigação.....	6
Tabela 2: Declaração do Projeto	48
Tabela 3: Capacidade planeada	61
Tabela 4: Capacidade produtiva encontrada.....	70
Tabela 5: Cálculo com número de unidades não produzidas	71
Tabela 6: Cálculo do total de perdas na linha de produção	71
Tabela 7: Cálculo do valor total perdidos pelas unidades não produzidas.....	72
Tabela 8: Cálculo do nível do Sigma atual do processo.....	73
Tabela 9: Cálculo do nível do Sigma como meta para processo.....	73
Tabela 10: Causas dos problemas de qualidade.....	75
Tabela 11: Causas dos problemas com ajustes.....	75
Tabela 12: Causas dos problemas de avarias.....	76
Tabela 13: Matriz de Causa e Efeito.....	81
Tabela 14: Metas para implementação da nova tecnologia	87
Tabela 15: Diferenças entre as duas oportunidades de melhoria	89
Tabela 16: Datas da elaboração dos programas e testes dos novos equipamentos	91
Tabela 17: Tempos registros nos testes dos novos equipamentos	95
Tabela 18: 5W2H	99
Tabela 19: Novos tempos de <i>setups</i> da linha	102
Tabela 20: Novos resultados da linha.....	103
Tabela 21: Nova capacidade produtiva da linha.....	104
Tabela 22: Outros indicadores	105
Tabela 23: Cálculo do novo nível Sigma do processo	107
Tabela 24: Redução da mão-de-obra.....	109
Tabela 25: Retorno de investimento quanto à mão-de-obra.....	109
Tabela 26: Retorno de investimento quanto aos dispositivos.....	110
Tabela 27: Retorno de investimento quanto às paragens	110
Tabela 28: Matriz do retorno total alcançado com as melhorias.....	111
Tabela 29: Avaliação do tempo para retorno de investimento	111

Tabela 30: Procedimentos para trocas de modelos	120
Tabela 31: Cálculo de eficiência.....	122

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CN – *Numerical Control*

CNC – *Computer Numerical Control*

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*

ISO – *International Organization for Standardization*

JIT – *Just-In-Time*

LSS – *Lean Six Sigma*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PCP – *Planeamento e Controlo da Produção*

PDCA – *Plan, Do, Check, Action*

SIPOC – *Suppliers, Inputs, Process, Output e Customers*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

STP – *SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO*

TC – *tempo de ciclo*

TQM – *Total Quality Management: Gerenciamento Total da Qualidade*

TT – *Takt Time*

VOC – *Voice of the Customer*

VOP – *Voice of the Process*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work-In-Process*

σ – Letra grega utilizada em estatística para representar desvio padrão

μ – Letra grega utilizada em estatística para representar média da dispersão

5S – *Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu, Shitsuke*

5W2H – *What, Why, Where, When, Who, How, How Much*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentado o contexto da investigação e as motivações que levaram ao desenvolvimento deste trabalho, ainda será descrito os objetivos que se pretendem alcançar e a organização do documento.

1.1 Contexto da investigação

A metodologia *Lean Six Sigma* (LSS) promove nas organizações o pensamento de melhoria contínua de produtos (e ou serviços) e processos visando o alinhamento das estratégias de negócios e a necessidade de maximizar o valor de seus produtos (George, 2002). O LSS pode ser definido como uma filosofia de trabalho adotada por empresas que utilizam métodos e ferramentas para reduzir a variabilidade de processos, para eliminar desperdícios e melhorar a qualidade percebida pelo cliente. Esta filosofia se estiver alinhada com o planeamento estratégico da empresa, propicia maiores oportunidades no mercado. Apresenta características únicas ao combinar várias ferramentas, servindo de apoio ao desenvolvimento das estratégias empresariais. Também auxilia no detalhamento das fases nos projeto de melhoria e quanto ao o objetivo do projeto e alcance dos resultados (George, 2005).

1.2 Motivação e topicos de investigação

Estabelecer o que é valor numa organização permite criar condições para eliminar as atividades que não adicionam valor e realizar as que o geram de forma eficaz. O resultado deste tipo de pensamento chamado de enxuto é uma forma de se fazer mais produtos aumentando a eficiência dos processos, mas o importante está na determinação em produzir apenas o que o cliente quer (Womack, 1998).

O foco do estudo é o uso da metodologia *Lean Six Sigma* em projetos de melhoria da qualidade e tem como aspecto principal a fusão do *Lean Manufacturing* com o *Seis Sigma*. Com esta combinação pode-se melhorar significativamente os resultados de projetos ao utilizar as ferramentas *Lean* na avaliação de desperdícios, aumentando a velocidade do processo e reduzindo defeitos.

Este projeto explora a implementação da metodologia, com destaque para a análise das causas do mau desempenho e as ações que permitem eliminar falhas no sistema produtivo, integrando a estratégia da organização com resultados do projeto. O estudo torna-se relevante ao evidenciar os benefícios da implementação da metodologia LSS num projeto industrial de uma empresa de produção de componentes para moto, cuja finalidade é recuperar a produtividade numa linha de produção.

O tema de melhoria de processo utilizando LSS, apesar de já explorado em pesquisas, se mostra relevante neste estudo de caso ao ser integrado num projeto industrial que prevê investimentos na recuperação da produtividade numa área industrial. O aprofundamento do conhecimento neste tipo de casos oferece novas alternativas a empresas que visam alavancar seus resultados e alcançar a satisfação de seus clientes.

1.3 Objetivos do trabalho

Este estudo visa implementar a metodologia *Lean Six Sigma* numa indústria do ramo de metalurgia do Polo de duas rodas de Manaus, tendo como objetivo propor alternativas em novas tecnologias no investimento de reestruturação na linha de fabricação de amortecedor do setor de maquinagem.

1.4 Método de investigação

A metodologia consiste na definição dos passos a seguir num determinado processo. A finalidade é analisar as características dos diversos métodos existentes e avaliar suas potencialidades e limitações na implicação de seu uso (Vergara, 2009).

Para Saunders (2007) a pesquisa é um processo altamente criativo, no entanto é fundamental que as questões e os objetivos do estudo estejam claros, de forma que garanta que os métodos que utilize permita encontrá-los.

1.5 Definição do tema da investigação

O tema da investigação deve ser algo que excita a imaginação do autor e deixe-o confortável para desenvolver as habilidades necessárias para investigar o assunto (Saunders, 2007). O tema da pesquisa surgiu da necessidade de analisar os efeitos num projeto de melhoria que utiliza a metodologia *Lean Six Sigma* para melhoria da produtividade da linha de produção no parque industrial da empresa. Com o objetivo de desenvolver conhecimento científico sobre o tema em conjunto com a finalidade da empresa de implementar processo de melhoria contínua, a investigação promove um bom ambiente para avaliação e questionamento sobre, quais variáveis influenciam no mau desempenho dos processos e as ações que permitem eliminar falhas no sistema produtivo.

1.6 Estratégia da investigação

De acordo com Saunders (2007) o mais importante na escolha numa estratégia de investigação não é o rótulo atribuído a ela, mas sua capacidade de responder a(s) pergunta(s) da pesquisa e alcançar seus objetivos, sendo divididas em:

- Experimentação;
- Sondagem/levantamento;
- Caso de Estudo;
- Investigação-ação;
- Teoria fundamentada;

- Etnografia;
- Investigação documental.

Considerando os questionamentos e objetivos da investigação decidiu-se selecionar a metodologia de Caso de Estudo. É uma estratégia particularmente interessante para ganhar rica compreensão do contexto da investigação e nos processos estabelecidos e tem considerável capacidade em responder às perguntas "porquê?", "o quê?" e "como?" (Saunders, 2007).

O estudo de caso decorre num ambiente industrial e descreve a implementação da ferramenta *Lean* Seis Sigma numa linha de produção que fábrica componentes para motos no Polo industrial de Manaus.

Existem várias técnicas para recolha de dados e podem ser realizadas de forma combinada: entrevistas, observação, análise documental e questionários (Saunders, 2007).

As técnicas utilizadas para recolha de dados neste projeto foram análise da documentação referente à performance da produção e operações de atividades específicas, observação direta do processo e entrevista (formais ou informais, com perguntas abertas ou fechadas).

As entrevistas foram efetuadas a líderes, chefes e gerentes das áreas relacionadas com desempenho dos processos.

1.7 Fontes bibliográficas

As fontes bibliográficas ajudam a obter conhecimento sobre o tema e orientam no desenvolvimento da investigação, são divididas em três categorias: primária, secundária e terciária (Saunders, 2007). Estas diferenças nas categorias representam o fluxo de informação a partir da fonte, sendo divididas em três categorias:

- Fontes primárias;
- Fontes secundárias;

- E fontes terciárias.

Fontes primárias correspondem à primeira ocorrência da informação, tais como publicações do autor, relatórios, publicações do governo e documentos de planejamento. Também incluem manuscritos inéditos, cartas, memorandos e atas de comissões.

Nas fontes secundárias apresentam-se como segunda ocorrência num trabalho, como livros e revistas e publicações da literatura primária.

As fontes terciárias ocorrem quando se utiliza as chamadas de “ferramentas de busca”. Eles auxiliam na localizar das literaturas primárias e secundárias ou na introdução a tópicos ou termos em índices, resumos, enciclopédias e bibliografias (Saunders, 2007).

Este modelo de fluxo de informação é típica de publicações, porém a Internet está mudando esta situação ao oferecer um meio direto as publicação e informação.

1.8 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é um processo demorado, que geralmente leva mais tempo do que o previsto para relacionar a literatura sobre o tema em estudo, por isso, seu planejamento é fundamental para realizá-la com eficiência e obter o sucesso na investigação (Saunders, 2007).

De acordo com Saunders (2007) um planejamento deve ser realizado antes de iniciar a busca pela literatura:

- Definir parâmetros da pesquisa;
- Gerar palavras-chave e termos de pesquisa;
- Definir bancos de dados e motores de busca;
- Utilizar critérios para selecionar os estudos mais relevantes.

A clareza na escolha dos parâmetros da investigação torna mais eficiente o processo de recolha de informações. Estes parâmetros podem ser divididos em:

- Linguagem de publicação;
- Área de assunto;
- Setor de negócios;
- Área geográfica;
- Período de publicação;
- Tipo de literatura.

Foram considerados os seguintes parâmetros para clarificar a pesquisa. Estes estão relacionados na Tabela 1:

Tabela 1: Parâmetros utilizados na investigação

Parâmetro	Centralização
Linguagem de publicação	Inglês Português
Área de assunto	Lean Manufacturing Six Sigma
Setor de negócios	Produção Industrial Planejamento Industrial
Área geográfica	Europa Brasil
Período de publicação	Últimos 10 anos
Tipo de literatura	Teses Relatórios Acadêmicos Livros Artigos Científicos

1.9 Organização do documento

Esta dissertação está dividida em seis capítulos: introdução, revisão da literatura, apresentação da empresa, implementação do projeto de melhoria na linha de produção, retorno de investimento e conclusão e trabalho futuro.

Neste capítulo é apresentada uma breve introdução o enquadramento da pesquisa seguido das motivações para escolha do tema e os objetivos que se pretendem alcançar com trabalho. Também é apresentada uma descrição da metodologia de investigação utilizada para o desenvolvimento do projeto, definição do tema, estratégica adotada, fontes bibliográficas e pesquisa bibliográfica.

No segundo capítulo é apresentado à revisão crítica da literatura relacionada com o tema do trabalho: estratégia empresarial, *Lean Manufacturing*, *Six Sigma*, LSS, Gestão de Operações, Ferramentas de gestão e Projetos industriais.

No terceiro capítulo é apresentada uma pequena síntese histórica sobre a empresa no Polo industrial de Manaus, os produtos, a estrutura organizacional e o sistema de produção.

No quarto capítulo é apresentado o projeto de melhoria *Lean Six Sigma* implementado na linha de produção do setor de maquinagem, demonstrando o planeamento das atividades e ações de melhoria realizadas na empresa.

No quinto capítulo são apresentadas os cálculos para retorno de investimento do projeto

No sexto capítulo são apresentadas as conclusões sobre o trabalho, identificação de limitações e trabalho futuro.

E por último apresentam-se as referências utilizadas neste trabalho.

2. REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA

Neste capítulo será apresentado à revisão crítica da literatura relacionada com o Lean Six Sigma. Serão abordados com detalhe os temas: Lean Manufacturing, Six Sigma e outras áreas adjacentes como Estratégia Empresarial, Gestão de Operações, Gestão pela Qualidade, Ferramentas de gestão e Projetos industriais.

2.1 O mercado competitivo e cultura organizacional

O mundo passa por período de mudanças, que ocorrem cada vez mais rápidas, originadas da evolução social, tecnológica e, sobretudo mental (Campos, 2004).

Para Porter (1991) diante destas mudanças, a principal questão das organizações não consiste em empregar estratégias de negócios ou buscar novos nichos de consumidores e sim em buscar fatores de sucesso no negócio, que encontram em: capacidade de aprender a se redefinir, adequando-se as novas condições do mercado e na busca de vantagens competitivas face aos concorrentes pela inovação dos processos e melhoria contínua das atividades.

Para se manterem competitivas, muitas empresas estão reformulando estratégias e utilizando programas de melhoria e métodos padronizados para melhorar os seus resultados e oferecer produtos e serviços, aos quais seus clientes reconhecem como superiores (Rotondaro, 2008).

Conforme Hamel & Prahalad *et al.* (1989) a competitividade da empresa no mercado não está relacionada com a capacidade de manter vantagens adquiridas, mas com a habilidade de se adaptar ao mercado e desenvolver nova superioridade.

Uma organização passa por inúmeras mudanças culturais ao implementar programas de melhoria, ocasionando eventualmente reestruturação da organização. O seu sucesso é alcançado justamente pela adaptação e comprometimento com as novas atividades (Blakeslee, 1999).

Mudanças de cultura numa organização passam pelo ajuste de valores, costumes e infraestrutura, ocasionado um impacto na empresa, necessitando de esforços e comprometimento da administração da mesma (Henderson & Evans, 2000).

2.2 Estratégia para melhoria do desempenho

As organizações possuem uma estratégia, concretizada no seu planeamento. Este processo se caracteriza pela proposição da existência de benefícios obtidos pela formulação de estratégias, tendo seus departamentos uma gestão adequada para os alcançar (Porter, 1986).

A estratégia pode ser definida como o que a organização faz ou fará para ter uma vantagem competitiva frente aos concorrentes (Porter, 1996).

As organizações geralmente fracassam no seu planeamento, ao implementarem estratégias sem o alinhamento com as operações. Esta lacuna é criada por sistemas de gestão pouco abrangentes. Para melhorar seus resultados, a gestão operacional precisa integrar os setores cujos processos estejam relacionados à estratégia da empresa, garantindo que essas atividades estejam alinhadas com o planeamento estratégico (Kaplan & Norton, 2008).

O planeamento estratégico é uma função relevante na gestão de uma empresa e permite antever implicações futuras de decisões do presente e preparar para as mudanças que ocorrem nos ambientes políticos, económicos, social e tecnológico, para aproveitar oportunidades e enfrentar as ameaças peculiares destes ambientes (Drucker, 1992).

Tornar as organizações mais eficientes exige um planeamento contínuo, podendo requerer investimentos no alinhamento dos processos com a estratégia da empresa. Estas ações podem não trazer resultados imediatos, mas diferenciam-nas dos concorrentes ao longo do tempo (Porter, 1996).

2.3 Planeamento na gestão das operações

A competitividade do mercado exigiu das empresas um planeamento de modo eficiente, para isso, deve alinhar o planeamento tático e operacional ao planeamento estratégico. O resultado garante que a organização siga na mesma direção, trabalhando de forma conjunta para alcançar seus objetivos (Drucker, 1977).

As empresas já se preocupam com as estratégias de operações, pois o seu planeamento precisa contemplar possíveis ameaças aos negócios e não somente a melhorar a produtividade (Skinner, 1969).

A gestão das operações é responsável por desenvolver estas estratégias, que servem para assegurar ao seu sistema produtivo a capacidade necessária, que garanta a empresa o cumprimento das necessidades da demanda e alcançar a satisfação dos clientes (Skinner, 1969).

O planeamento realizado pela gestão precisa garantir a utilização eficaz dos seus recursos produtivos. O objetivo é avaliar a performance dos recursos e identificar os fatores que influenciam o desempenho do negócio (Carmo Silva, 2005).

Na produção, ajuda na definição das ações de melhoria na empresa, baseados nas: política da empresa, na aplicação de novas tecnologias e entrada novos produtos (Carmo Silva, 2005).

De acordo com Ritzman (2004) tem melhor desempenho no mercado, as empresas que na gestão de operações, buscam alcançar vantagens através dos seus pontos fortes. Este diferencial é resultado do planeamento dos seguintes fatores:

- Equipa de trabalho. Equipas de trabalho treinadas e habilitadas e responder às necessidades do mercado.
- Instalações. Ter instalações capacitadas a receber novos trabalhos, preparada para expansão e organizada;
- *Know-how*. Ter experiência e competência para realizar bem o trabalho, buscando se diferenciar dos concorrentes;
- Sistemas e tecnologia. Necessita gerir bem suas informações, utilizar como vantagens e manter atualizados frentes as novas tecnologias.

2.4 Gestão pela qualidade total e programas de melhorias

A implantação de um programa de melhoria é um processo de aprendizagem e segue regras rígidas. Este deve ser visto como o aperfeiçoamento da gestão já existente (Campos, 2004).

Programas como *TQM* promovem o envolvimento dos colaboradores com os objetivos da empresa, mas para obterem êxito devem cumprir duas funções fundamentais: Orientação e atribuição de poder (Ahire, 1996).

São identificadas várias abordagens por diferentes autores, sendo os seus pontos principais: foco nos clientes; comprometimento da alta direção; envolvimento de equipes de trabalho, gestão das operações e melhoria contínua dos processos (Ahire, 1996; Shiba, 1997; Campos, 2004).

A adoção da organização desses programas causa impacto nos resultados, pois se integram como vantagens competitivas (Powell, 1995).

Os impactos aparecem principalmente na redução dos custos e aumento das vendas, revelando-se pelo resultado das práticas de nível superior em suas atividades (Hendricks & Singhall, 1997).

2.4.1 Programa de melhoria

Os programas de melhoria são relevantes, porém devem estar integradas, caso contrário, a implantação e a manutenção isolada dissipam recursos humanos e financeiros, causam competição desnecessária entre setores da empresa e acarretam o descrédito dos colaboradores (Hammer, 2002).

Existe hoje uma análise da relação de custo benefício com a implantação do programa de melhorias, decorrente do direcionamento no desenvolvimento dos processos, promovendo melhores resultados em produtos e serviços (Carvalho & Paladini, 2005).

Para Juran & Gryna *et al.* (1991) programas de melhorias trazem retorno financeiro que justificam investimentos, pois habilitam as empresas a realizar atividades de nível superior. Estes têm como objetivos identificar e atuar:

- Na quantificação de valores gasto com avaliação e problemas de qualidade;
- Diminuir os custos com atividades da não qualidade como falhas e reparos;
- Identificar oportunidades como ameaças e insatisfação de clientes;

2.4.2 Foco no cliente

Para Juran & Gryna *et al.* (1991) o cliente é aquele que utiliza ou sofre a ação do produto ou serviço prestado pela organização.

As melhorias fomentadas pelos programas e projetos de aperfeiçoamento não se refletem apenas na produtividade, redução dos custos, ou melhoria das atividades, mas promovem também o aumento de clientes satisfeitos (Dale, 2000).

Estas ações devem ser direcionadas a promover o que o cliente percebe como valor, ou, que ele tenha como expectativa. Devem focar no que é esperado pelo consumidor (Dale, 2000).

A voz do cliente é essencial nos requisitos dos projetos, pois melhora sua competitividade no mercado atender as expectativas de seus clientes. Estas informações serviram de base para investimentos que ajudam a alcançar seus objetivos (Pande, 2000).

2.4.3 Controle e Análise dos processos

É impossível produzir dois produtos idênticos, devido à variabilidade dos processos. Variações dentro de suas tolerâncias não são perceptíveis, mas as que estão fora causam impacto aos clientes (Montgomery, 1991).

Não é possível eliminar as variações, por isso, existe a necessidade de controlar e analisar processos (Montgomery, 1991).

O controlo do processo pode ser definido como manter algo sobre vigilância para assegurar um comportamento desejado. Quando problemas ocorrem ações de melhorias devem ser realizados para correção das causas (Rotondaro, 2008).

Segundo Deming (1989) 90% dos problemas são causados por falhas nos processos e não por pessoas. A análise do processo é uma técnica que utiliza ferramentas estatísticas para avaliação de um problema/situação, cujo aspecto fundamental consiste em identificar a causa-raiz. Este levantamento de informação norteia a criação ações para corrigir/evitar problemas semelhantes e conduz à melhoria contínua pelo aperfeiçoamento dos processos.

2.4.4 Melhoria dos processos

A padronização é fator determinante para diminuir a variação e aumentar a eficiência dos processos (Hopp & Spearman, 2004).

Para Harrington (1997) o controlo é fonte de informações para o gestor e auxilia na melhoria contínua do desempenho das operações e processos, de modo sustentável. As organizações precisam se adaptar as necessidades do mercado e identificar oportunidades, buscando maximizar três fatores:

- Eficiência: produzir como menor recurso;
- Eficácia: alcançar os resultados desejados;
- Flexibilidade: Adaptar as necessidades do mercado atendendo as expectativas dos clientes.

De acordo Harrington (1993) o processo de melhoria (ou aperfeiçoamento) dos processos passam por cinco fases, conforme ilustra a Figura 1.

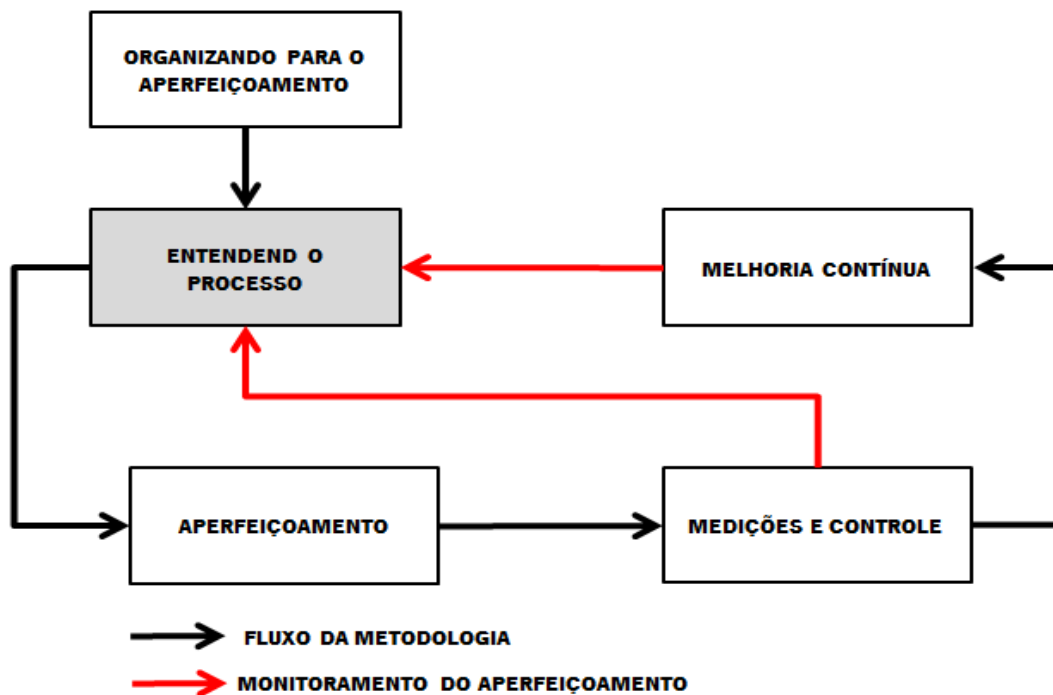


Figura 1: Cinco fases para o aperfeiçoamento dos processos

Fonte: Adaptado de Harrington (1993)

2.5 *Lean Manufacturing*: mundaça cultural da organização

2.5.1 História *Lean*

Desde a publicação do livro “*The Machine That Changed the World*” nos anos 1990 a mentalidade enxuta passou a ser conhecida no mundo. Os benefícios de retirar os desperdícios do processo da fabricação começaram a serem objetivos de outras empresas, que reconheceram como virtuoso esse sistema de produção (Oliver, 2007).

O conceito de produção enxuta surgiu no Japão, após Segunda Guerra Mundial. Devido à necessidade de altos investimentos empregados na fabricação em massa a *Toyota Motor Company*, desenvolveu um sistema próprio de produção STP, uma metodologia que se caracterizava pela eliminação das perdas nos processos (desperdícios) e a busca pela melhor utilização de seus recursos (Ohno, 1997).

Surgiu um novo modelo de gestão de produção chamado “Sistema Toyota de Produção”, também conhecido como *Lean Manufacturing*. Esta filosofia tem como objetivo a otimização dos processos e uma busca contínua pela eliminação dos desperdícios.

O trabalho baseia-se na flexibilidade dos processos e aplicação somente do necessário para produzir JIT, resultado na eliminação de atividades que não agregam valor e aumentando a capacidade de entrega. Estes fatores colaboram para a competitividade no mercado (Ohno, 1997).

2.5.2 Pensamento *Lean*

Para que este sistema de produção consiga ser executado, equipas de trabalhos precisam ser treinadas, desenvolvendo várias habilidades, em cada nível da organização. Estas mudanças causam impacto nas atitudes dos colaboradores, pois buscam valorizar sua experiência e conhecimento sobre o trabalho, aproveitando para soluções que oferecem oportunidades de melhorar o processo Ohno et al. (1997).

Para Womack (1996) o aperfeiçoamento é alcançado pela busca constante de melhorias nas operações realizadas diariamente, identificando os problemas, analisando a causa raiz e acionando sua correção. A metodologia busca melhorar os seguintes aspectos nas operações:

- Otimização dos recursos e integração do sistema: O sistema necessita que todas as partes estejam trabalhando em conjunto para que o sistema funcione de modo otimizado;
- Qualidade: um sistema que tem como característica principal baixos stocks, não consegue trabalhar com produtos que apresentam variação, por isso, a qualidade deve ser assegurada em toda cadeia de produção;
- Flexibilidades nos processos: a flexibilidade não está somente na capacidade de realizar processos diferentes, mas em ter o material necessário para a operação e preparar o processo rapidamente;
- Produzir somente o necessário: O planeamento da produção precisa organizar seu processo, com o material certo, com os recursos necessários e no tempo certo, de acordo com a procura;

- Compromisso com clientes e fornecedores: para a organização se manter competitiva é fundamental estabelecer uma posição clara com seus fornecedores e colaboradores mantendo compromissos, o que facilita o desenvolvimento do processo (contínuo) de melhoria. O planejamento em conjunto pretende garantir níveis de qualidade e entrega que proporciona satisfação aos clientes;
- Minimizar custos de fabricação: ao buscar eliminar desperdícios em atividades que não agregam valor, o resultado almejado é redução custos em toda a cadeia produtiva.

2.5.3 Princípios *Lean*

De acordo com Womack (1998) cinco princípios norteiam as empresas quanto às perdas e as conduzem na eliminação dos desperdícios na cadeia de valor. Estes precisam estar incorporados à gestão, pois as melhorias da metodologia são obtidas pela participação de todos e a disseminam do conhecimento na organização é fundamental para o sucesso do pensamento enxuto:

- Especificação de Valor: O valor são os atributos do produto que o cliente estar disposto a pagar por ele. O levantamento destes requisitos é o ponto de partida para implementação da metodologia.
- Identificação da Cadeia de Valor: É necessário mapear todos os processos para identificar quais atividades que agregam valor, ou seja, são atributos que atendam as necessidades do cliente e quais causam desperdícios, pois são realizadas, mas não adicionam valor ao produto.
- Fluxo de Valor: É o conjunto de ações, que redefine responsabilidades e funções, visando à reorganização das operações da empresa, de modo que contribua para fluxo do processo seja realizado de forma harmônica e continua até chegar ao cliente.
- Produção Puxada: A organização passa a planejar a utilização de recursos e material na produção somente quando solicitado no momento determinado, evitando estoques e melhorando a produtividade do sistema.

- Busca da Perfeição: A forma para empresa não encontrar dificuldades com novos problemas e continuar alavancar o desempenho dos processos, decorre do aperfeiçoamento das atividades pela melhoria contínua, que cria oportunidade para eliminação de perdas e intensifica a utilização de ferramentas como instrumentos para aprimoramento da gestão.

2.5.4 Os sete Desperdícios

De acordo com Ohno (1997) a metodologia *Lean* intensifica o controlo na programação da produção. O objetivo é alcançar o stock zero, resultado do planeamento em produzir somente o necessário, no momento solicitado e na quantidade e requerida pelos clientes.

Para alcançar esta meta, todos obstáculos que causam problemas, ou atrapalhem o fluxo de valores devem ser eliminadas. Estes obstáculos são chamados de perdas e são divididas em:

- Superprodução: É a perda pela produção além do programado, este erro pode ter razões como antecipação ou produzir para ficar estocado;
- Espera: É a perda causada por tempo em que nenhum processamento é realizado, por falta de material, espera para conclusão de lotes e por aguardar finalização de alguma operação;
- Transporte: É a perda causada por transporte de material realizado de forma desnecessária ou de forma exagera, podendo criar estoques temporários;
- Movimentação: É a perda causada pela movimentação dos operadores durante a execução de suas atividades, estes têm com fonte ações de seleção e procura por material ou ferramentas de trabalho, que contribui para o aumento das atividades que não adicionam valor;
- Processamento: É a perda causada pelo uso de equipamentos e ferramentas inadequados ao trabalho, ou sem capacidade de realizar de modo eficiente a operação, estas perdas não afetam o produto, mas são fontes de desperdícios ao sistema;
- Stock: É a perda causada pelo acúmulo de matéria-prima ou produto em processamento, possui como fonte falta de sincronia entre, tempo altos de preparação e a tendência dos operadores em adiantar suas atividades;

- Defeitos: É a perda causada pela fabricação de produtos fora do especificados, estas perdas tem como características a falta de investigação da causa raiz para solução do problema, que originam as falhas durante a fabricação.

2.5.5 Principais ferramentas

As ferramentas *Lean* são os instrumentos para implementação e manutenção do sistema de produção enxuta. A aplicação destas técnicas possibilita a criação de um fluxo contínuo de valores ao eliminar os desperdícios.

2.5.5.1 VSM (*Value Stream Map*) Mapa de Fluxo de Valor

Esta é a ferramenta que inicia a análise de desperdícios na cadeia de produção da organização.

Este processo consiste na observação e identificação de todas as atividades que ocorrem na fabricação de um determinado produto. Esta técnica utiliza uma modelagem para designar: fontes de informação, funções, operações e operadores.

O resultado é um mapa com uma linha de valor que possibilita a visualização de fluxo dos processos. O levantamento destas informações torna-se possível o planeamento de melhorias e eliminação dos desperdícios.

A melhoria dos processos não consiste apenas das ações empregadas para eliminação de perdas, mas pelo apoio da direção para mudança cultural, causada pelo novo entendimento do funcionamento do sistema de produção e obtida pela gestão baseada na programação e planeamento de suas operações (Rother & Shook 1998).

2.5.5.2 SMED (*Single Minute Exchange Die*) Troca Rápida de Ferramentas

A troca rápida de ferramentas é um dos agentes mais importantes para o sucesso da implementação da metodologia, pois é com base nesta técnica que a flexibilidade do sistema se sustenta.

Este processo não só reduz o tempo gasto da troca de modelos, mas torna eficaz toda preparação de equipamentos do processo e ferramentas utilizados nos *setups*. A melhoria no processo de setup contribui para o aumento da eficiência produtiva.

O resultado é estabelecer um ambiente para implementação de produção nivelada. O objetivo é criar o fluxo puxado de produção, eliminando os stocks entre processos.

A melhoria contribui significativamente para o desempenho do sistema, ao diminuir os índices de refugos causados na preparação das máquinas e elevar a capacidade de produção, sem necessitar de investimentos, e ao aumentar o tempo disponível para trabalho, pela redução dos tempos de trocas (Shingo, 2000).

2.5.5.3 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) Eficiência Geral dos Equipamentos

De acordo com Nakajima (1989) a técnica é utilizada para responder de forma agragada: qual a disponibilidade dos equipamentos, qual é a rapidez da produção e qual é a quantidade de defeitos que se está a produzir. Este índice, por ser muito utilizado facilita a comparação entre diversas empresas e permite o estabelecimento de *benchmarks*.

O OEE utiliza três índices como base para o cálculo, conforme ilustra a Figura 2.

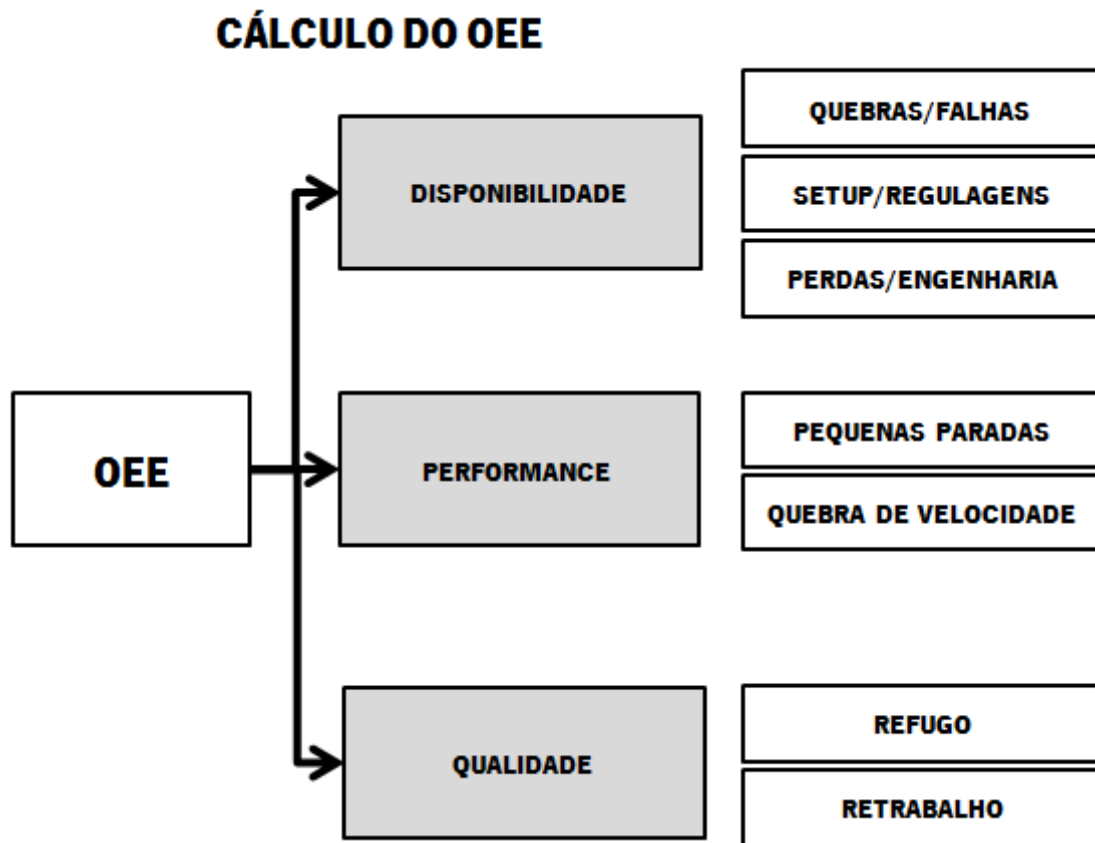


Figura 2: Cálculo do OEE

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

A análise fornece os índices de desempenho do sistema e cria um ambiente de melhoria contínua pelo aumento da eficiência operacional.

O planejamento emprega situações que podem ser difíceis de alcançar, por isso o monitoramento do índice fornece informações que podem fundamentá-los, ou, conduzir a melhorias para alcançá-los.

A análise contínua do desempenho operacional cria um processo de aprendizagem através da avaliação dos fatores que influencia o sistema. O objetivo é obter melhores resultados ao alinhar o desempenho dos processos de acordo com as necessidades dos negócios da empresa, conhecendo quais são índices precisam ser ajustados e quanto necessita para alcançá-los.

O resultado é ganho de competitividade da organização e melhoria da qualidade de trabalho dos colaboradores (Nakajima, 1989).

2.5.5.4 *Standard Work* (Trabalho Padronizado)

O trabalho padronizado pode ser definido como uma sistemática que visa à eliminação de erros nas atividades e fomenta participação dos colaboradores no processo de melhoria contínua dos processos.

A metodologia foca na formação dos colaboradores para aderir aos procedimentos e incorporá-los as atividades diárias, estabelecendo e fornecendo ferramentas adequadas para execução de cada operação, eliminando improvisações ou uso inadequado.

O resultado é o planejamento de forma documental das atividades, sendo desenvolvidas para se tornarem mais rápidas e precisas. Os procedimentos estabelecem passos e simplificam a execução.

A melhoria facilita a gestão, pois permite a previsão dos resultados ao estabelecer sequência dos trabalhos e nivelamento o tempo de execução de acordo com a procura (Emiliani, 2008).

2.6 Seis Sigma: estratégia de melhoria

2.6.1 História do Seis Sigma

O Seis Sigma surgiu em meados dos anos oitenta pela Motorola, foi desenvolvido para atender as necessidades de sobrevivência no mercado, quando ao avaliar seus concorrentes observou que utilizavam as mesmas tecnologias, mas com melhor qualidade e menor custo. A metodologia foi implementada como programa de melhoria, cujo objetivo era elevar o padrão de qualidade dos processos e tornar as organizações mais competitivas (Perez Wilson, 1999).

Foi no início da década de noventa, quando os resultados da sua aplicação começaram a ser expressivos e públicos, que motivou o interesse de outras corporações, dentre elas a *General Electric* (Werkema, 2006).

2.6.2 Abordagem Estratégica: Metodologia de Gerenciamento

O termo Seis Sigma é denominação utilizada para metodologia desenvolvida pelos profissionais da Motorola, cuja abordagem para melhorar os processos decorre pela análise das variações por uma escala de defeitos designada de sigma e busca atingir o nível seis (menor índice de defeitos da escala).

O estudo busca melhorar o desempenho nas operações da empresa. Tem como fundamentos os conceitos estabelecidos por Deming, sendo utilizado numa abordagem estatística a fatores e situações que causam variabilidade nos processos (Henderson & Evans, 2000).

A metodologia é utilizada como estratégia por empresas que pretendem aumentar a competitividade, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos, e aumento da satisfação de clientes.

De acordo com Werkema (2004) os programas devem ser desenvolvidos de forma a entender os processos de forma mais ampla, com o objetivo de corrigir problemas:

- A escala: é utilizada para medir o nível de qualidade (atuar sem defeitos ou falhas) e classificar o processo. Quanto maior for o valor na escala, maior será o nível de qualidade;
- A meta: o objetivo é chegar o mais próximo de zero defeito (o índice da escala equivale a oportunidades de defeitos para cada milhão de operações realizadas);
- O *benchmark*: é utilizado para comparar o nível de qualidade de produtos, operações e processos.

A metodologia estabelece metas de melhoria para os sectores chave para o negócio, utilizando métricas quantificáveis aplicadas através de projetos com base nos objetivos estratégicos da empresa (Werkema, 2006).

Apesar do objetivo da análise ser a redução da variabilidade para controle dos processos, seus alicerces estão mais vinculados a questões de natureza gerencial (Pearson, 2001).

Alguns dos principais fatores para a seleção de um projeto *Six Sigma* é o impacto financeiro positivo e aumento da satisfação do cliente (Daniela, Sergio, Eusebio, 2013).

O Seis Sigma pode ser adotado por empresa mesmo baixas capacidades financeiras e pessoais. Sua implementação precisa ser estabelecida integrada os conceitos de qualidade como meta para alcançar o máximo de benefícios (Sousa, 2005).

Os projetos são e conduzidos por pessoal treinados e desenvolvidos em etapas, seguindo o método PDCA, mas com a declaração do projeto integrado a metodologia (Werkema, 2006).

Segundo Rotondaro (2008) as fases da *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) compreendem as seguintes ações:

- Definir os problemas e situações a melhorar;
- Medir para obter a informação e os dados;
- Analisar a informação coletada;
- Incorporar e empreender melhorias nos processos;
- Controlar os processos ou produtos existentes, com a finalidade de alcançar um ciclo de melhoria contínua.

2.6.3 Abordagem Estatística: Melhoria dos processos

Para Rotondaro (2008) se um processo tiver muita variabilidade, o resultado é uma má qualidade em produtos ou serviços. As variações geram defeitos, elevam os custos e aumentam os ciclos dos processos. A instabilidade nas operações concebem produtos que não cumprem seus requisitos, causam insatisfação nos clientes e ameaçam a sobrevivência da empresa.

A variabilidade deve ser encarada como um problema. Todo processo de fabricação possui especificações, apresentando faixas de tolerância cada vez menores, pelas exigências dos clientes ou aumento da concorrência do mercado.

O Seis Sigma é uma estratégia que precisa ser integrada as necessidades do negócio para ser efetiva e compreensão dos processos para obter melhores resultados. A otimização das operações é alcançada pela redução da variação e controlo dos processos eliminando defeitos, falhas e erros.

De acordo com Perez Wilson (1999) o nome seis sigma é uma referência à letra grega σ (sigma) usada para identificar parâmetro de amplitude do desvio padrão e o seis (6) esta relaciona ao grau de variação que se deseja alcançar. O desvio padrão, ou deslocamento da distribuição normal correspondente a $1,5\sigma$ da média de dispersão μ . A abordagem utiliza o conceito da capacidade do processo para fundamentar a análise realizada pelo programa, pois permite avaliar a relação entre as medidas de tendência e dispersão com as especificações do cliente, ou seja, compara a voz do cliente (VOC) com a voz do Processo (VOP). Este indicador é adotado porque representa a capacidade ou habilidade que o processo tem de atender seus requisitos. O nível Sigma é corresponde ao número de desvios padrão que cabem entre o centro do processo e o limite do cliente. É calculado pela seguinte formula: $\text{Nível Sigma} = Cpk \times 3$. A metodologia utiliza esta técnica para medir o número de defeitos do processo estudado, ou seja, mede a capacidade do processo trabalhar livre de defeitos ou sem falhas. A meta é chegar o mais próximo de zero. Para avaliar os resultados dos defeitos a Motorola formulou uma escala de qualidade, onde a variação do processo possua doze desvios padrões, ou doze sigmas do limite especificados do cliente e o resultado correspondente a 0,0000002%, equivalente a 2 defeitos por Bilhão de oportunidades, ou 99,9999998% livre de defeitos. A Figura 3 demonstra a escala de variação, onde a curva representa os limites de especificação e o grau de amplitude é dado em sigma:

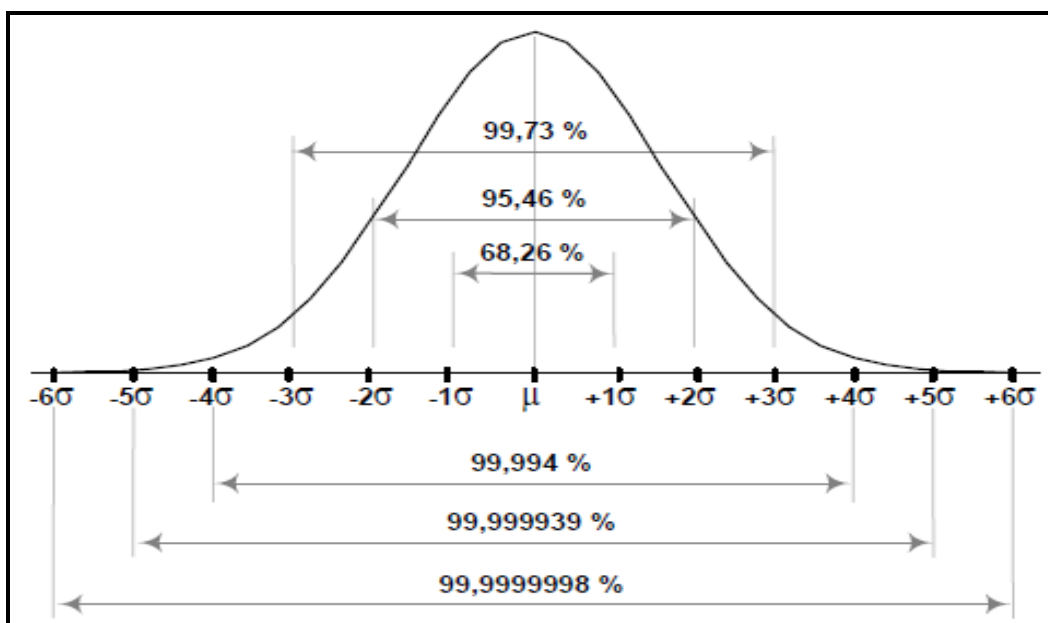


Figura 3: Percentuais da curva normal em função do desvio padrão

Fonte: Adaptado de Perez Wilson (1999)

De acordo com Pearson (2001) a métrica é utilizada para desenvolver soluções que recuperassem níveis baixos de qualidade, mas que inclui padrões *TQM* como:

- Foco no cliente;
- A qualidade como responsabilidade de todos;
- E formação aos funcionários para desenvolvimento de ambiente de melhoria contínua.

De acordo com Perez Wilson (1999) um processo pode ser melhorado continuamente, até que alcance uma situação de perfeição, ou seja, o número de produtos dentro dos limites de especificação do cliente é tão grande que a probabilidade de encontrar um defeito seja considerado zero.

O processo de melhoria decorre pela identificação da performance do processo, corrigindo as falhas e elevando o grau de confiabilidade, medindo na curva de dispersão.

2.7 Lean Seis Sigma: melhor resultados

2.7.1 Surgimento da LSS

Para George (2004) as empresas encontram-se inseridas em mercados com características próprias e por isso possuem necessidades diferentes.

As que se encontram no mercado realizando manufatura, necessitam de investimentos significativos em equipamento para melhorar a produtividade do trabalho. Em contraste, aquelas que são de operações e serviço são impulsionadas principalmente pelo capital intelectual.

Por isso o melhor tipo de investimento em programa de melhorias são aqueles que proporcionam maior retorno de resultados com o menor incremento do capital investido.

Nas últimas décadas as organizações têm dado especial relevância aos programas de melhoria contínua, sendo os mais populares o Seis Sigma e o *Lean Management*. A chave no desenvolvimento

do Seis Sigma está na necessidade de melhoria da qualidade dos produtos ou serviços enquanto o *Lean Management* visa a eliminação de todos desperdícios (Arnheiter & Maleyeff, 2005).

2.7.2 Necessidades para fusão do *Lean* com *Six Sigma*

De acordo Wekerma (2008) o *Lean Manufacturing* não possui ferramentas estatísticas de análise ou método estruturado para solucionar problemas de variabilidade dos processos. Já o Seis Sigma não enfatiza a melhoria da velocidade dos processos e a redução do *lead time*.

A metodologia permite realizar estratégias mais abrangentes e eficazes, ao desenvolver abordagens utilizando a ferramenta de melhor resultado, que cada metodologia possui, para a solução de todos os tipos de problemas relacionados à melhoria de processos e produtos.

A utilização de ambas estratégias no mesmo programa de melhoria apresenta soluções híbridas que decorrem da soma das partes, conforme ilustra a Figura 4.

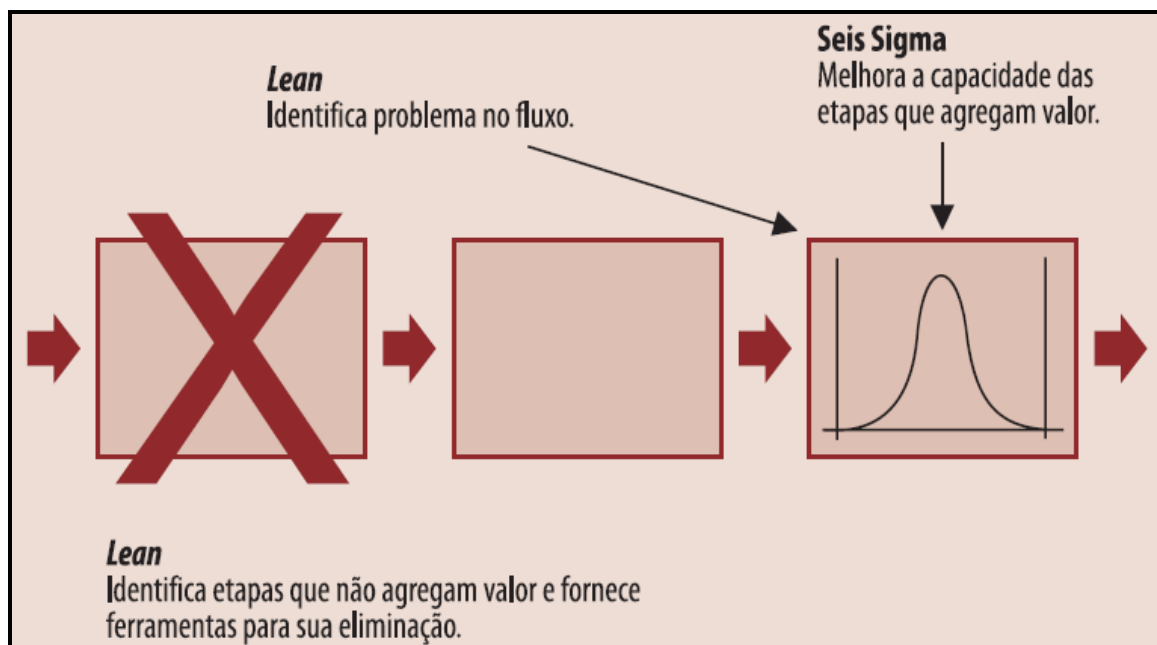


Figura 4: Soluções Híbridas para melhoria dos processos

Fonte: Adaptado de Wekerma (2005)

Para Ferguson (2007) as filosofias *Lean manufacturing* e Seis Sigma são distintos quanto a abordagem e utilizam ferramentas diferentes quanto aos resultados, mas apresentam finalidades similares, a busca do aperfeiçoamentos dos processo pela melhorias continua.

2.7.3 Características da Metodologia

De acordo com Wekerma (2008) a integração entre as filosofias *Lean Manufacturing* e o Seis Sigma é um processo natural para as organizações, pois permite usufruir os pontos fortes de ambas estratégias.

O programa resultante da integração entre o Seis Sigma e o *Lean Manufacturing* é denominado *Lean Seis Sigma* e incorporação os pontos fortes de cada um deles, que contribuem, conjuntamente, para a melhoria dos processos.

2.7.4 Melhor resultado

O Seis Sigma é mais associado com defeitos de qualidade e eliminação de variação, *Lean* está ligada à velocidade, eficiência e eliminação dos resíduos. O objetivo do *Lean Seis Sigma* é acelerar a velocidade de qualquer processo, reduzindo o desperdício em todas as suas formas.

O *Lean Seis Sigma* incorpora dos princípios Lean e oferece maior velocidade e ações de melhoria dos Seis Sigma e utiliza a visão Seis Sigma para combater os males da variação e reduzir o impacto das filas nos tempos dos processos.

A metodologia utiliza de forma integrada os pontos fortes de cada uma, obtendo melhores resultados que realizadas individualmente (George, 2003).

Para Arnheiter & Maleyeff *et al.* (2005) O seis sigma fornece uma abordagem científica e quantitativa da qualidade em relação a metodologia *Lean*. A abordagem *Lean* foca na redução de custo com base no que cliente quer, por isso as metodologias implementadas de forma isolada criam subculturas nas empresas e competindo pelos mesmos recursos, não obtendo bons resultados para todas

necessidades da empresa. As metodologias possuem abordagens complementares e implementadas de forma conjunta, obtém um resultado mais eficaz no equilíbrio de custo/valor. A Figura 5 ilustra o equilíbrio de custo e valor

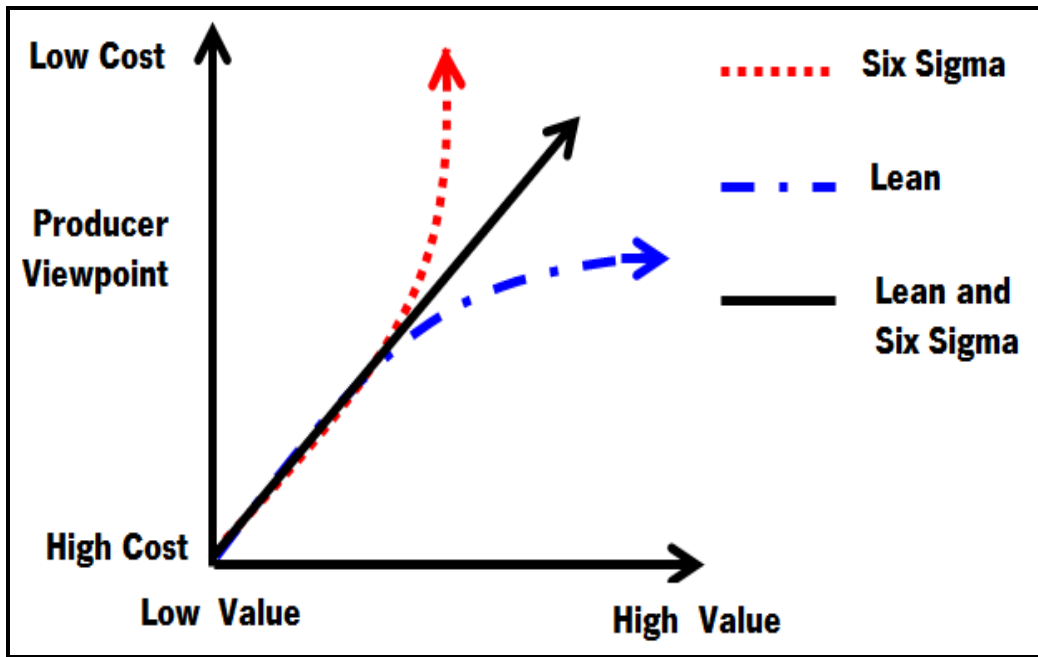


Figura 5: Equilíbrio de custo/valor

Fonte: Adaptado Arnheiter & Maleyeff (2005)

A visão do cliente deve ser o fundamento da abordagem de melhorias contínua, não contemplado plenamente nas metodologias individuais por causa das limitações em pontos não cobertos (cego), por isso a integração das abordagens entre o *Lean* e o Six Sigma, oferece maior flexibilidade nas respostas ao mercado, alcançado melhor equilíbrio dos resultados (Arnheiter & Maleyeff, 2005).

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo será apresentada a corporação e a unidade industrial onde é desenvolvido o estudo de caso. Descreve também os principais produtos, as características de negócio, a organização hierárquica e o produto abordado na investigação.

3.1 Corporação internacional

A corporação foi fundada no Japão em 1938 para desenvolver sistemas de suspensão de aeronaves militares em preparação para a Segunda Guerra Mundial. Após a guerra a organização entrou na indústria de componentes para automóveis, usando seu conhecimento de aeronaves para desenvolver soluções de suspensão especiais para motocicletas. Fora do Japão possui instalações nos Estados Unidos, Canadá, Espanha, País de Gales, Indonésia, Tailândia, Taiwan, Índia, China, Vietnã e uma nova fábrica no México prevista para meados de 2015. A Figura 6 demonstra as filiais da corporação.



Figura 6: Filiais da corporação no mundo

3.2 Descrição da empresa

A empresa iniciou suas atividades no Pólo Industrial de Manaus em 1981 para atender a demanda da indústria de duas rodas brasileira. Possui uma área de 71,320 m², sendo 24,361 m² de área contruída. A organização desde 1995 é certificada ISO 9.000, decisiva para alavancar a competitividade no mercado (pois no Polo de Manaus só possuem incentivos fiscais as empresas que possuem certificação ISO) abrindo oportunidades para os seus principais contratos, atualmente busca a certificação ISO 14.000.

Seus principais clientes no Brasil são a Moto Honda e a Yamaha *Company*. A empresa emprega aproximadamente 1.600 funcionários no PIM.

A empresa se localiza no Polo industrial de Manaus, conhecido como distrito industrial, na estrada da Refinaria de Manaus, Reman, conforme demonstra a Figura 7.



Figura 7: Localização da empresa no Polo de Manaus

A organização na sua política empresarial estabeleceu como Visão: Ser um referencial de qualidade nos serviços e produtos oferecidos aos clientes, conquistando sua fidelidade e superando suas expectativas.

Missão: Estabelecer uma estrutura de produção, de valia no âmbito internacional, na qualidade no custo e no controle ambiental.

Assegurar os recursos administrativos com a adaptação imediata de mudança organizacional.

Preparar o futuro empenhando-se em expansão comercial.

Ser uma empresa que valha a pena trabalhar e que seus clientes sintam orgulho em comprar dela. E como valores: Inovação, Parceria, Clareza, Confiança, Ética, Qualidade.

3.3 Características do negócio

A organização é um fabricante de sistemas para o setor automóvel, componentes para motos e suspensão de alto desempenho. A empresa é a única fabricante de amortecedores do pólo de Manaus e detém o domínio deste ramo no mercado nacional (única fabricante no país), fornecendo produtos para as organizações líder de mercado e suas concorrentes.

A empresa trabalha em formato de parceria com clientes, auxiliando-os no desenvolvimento dos produtos.

A legislação atual da “Zona Franca” obriga as empresas instaladas no Pólo de Manaus buscarem uma percentagem de utilização de componentes nacionais no seu processo produtivo de 64%, resultando em inúmeras propostas de novos clientes para empresa (única fabricante de amortecedor da região). Porém, somente dois clientes continuam a trabalhar desde início das atividades da empresa, Moto Honda e Yamaha.

Os produtos da empresa afetam diretamente o desempenho do produto final, por isso, todo o planejamento de novos produtos corre em conjunto com os clientes, realizando testes especificados por eles (mecânicos, destrutivos e ensaios de resistência a corrosão) para garantir resultados desejados.

3.4 Produtos

A empresa aplica em Manaus tecnologia japonesa para fabricação de amortecedores especiais para motocicletas, peças de reposição para amortecedores e componentes para motocicletas: cilindro amortecedor para veículo de duas rodas, coluna do amortecedor, carcaça do amortecedor, mesa superior e inferior para veículo de duas rodas e tubo da coluna. A Figura 8 ilustra os produtos da empresa.

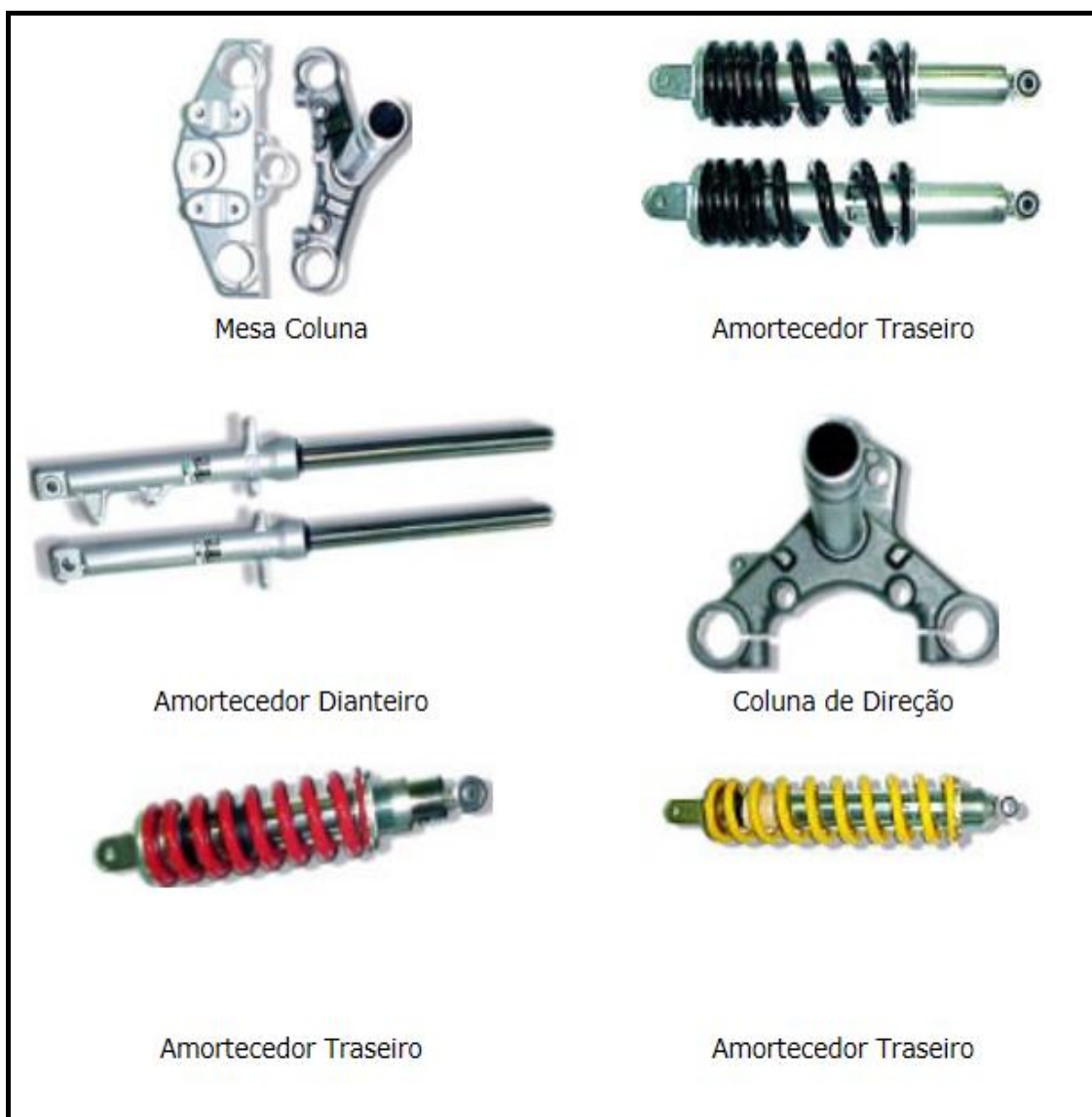


Figura 8: Principais produtos fabricados

3.5 Estrutura organizacional

A Figura 9 demonstra a estrutura organizacional atual da empresa. Ela ainda está subdividida em setores que não estão representados na mesma, devido a sua complexidade de representação.

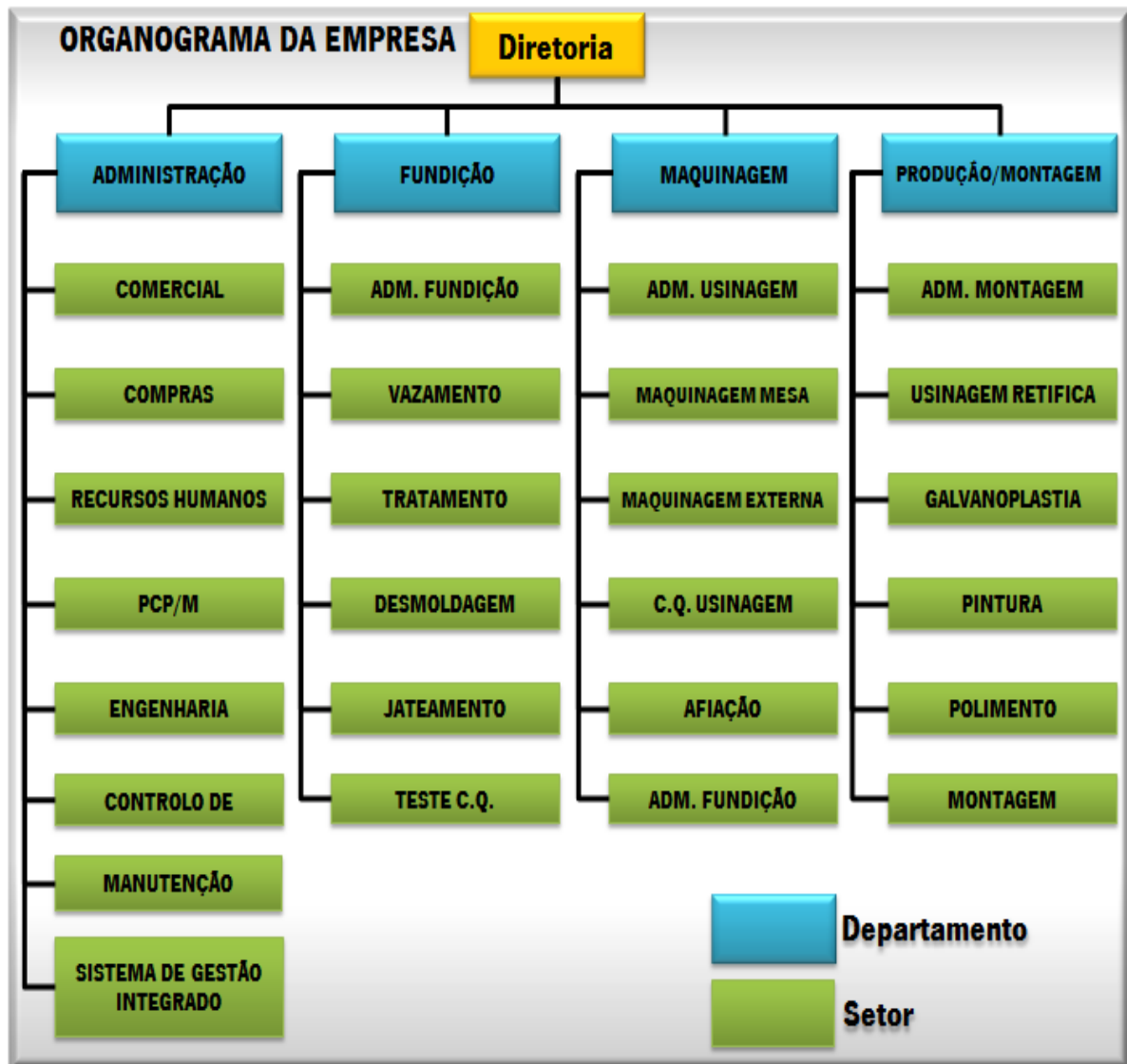


Figura 9: Estrutura organizacional da empresa

3.6 Produto da investigação

A investigação aborda o processo de fabricação de produtos destinados a motocicletas. Os amortecedores são partes do sistema de suspensão, sendo componentes críticos na determinação do desempenho dos veículos, pois permitem melhorar a qualidade na condução de veículo. O produto possui três funções básicas: manter o contato dos pneus com o solo, controlar os movimentos de abertura/fechamento das molas e proporcionar conforto, estabilidade e segurança ao veículo. A Figura 10 demonstra a funcionamento do amortecedor:

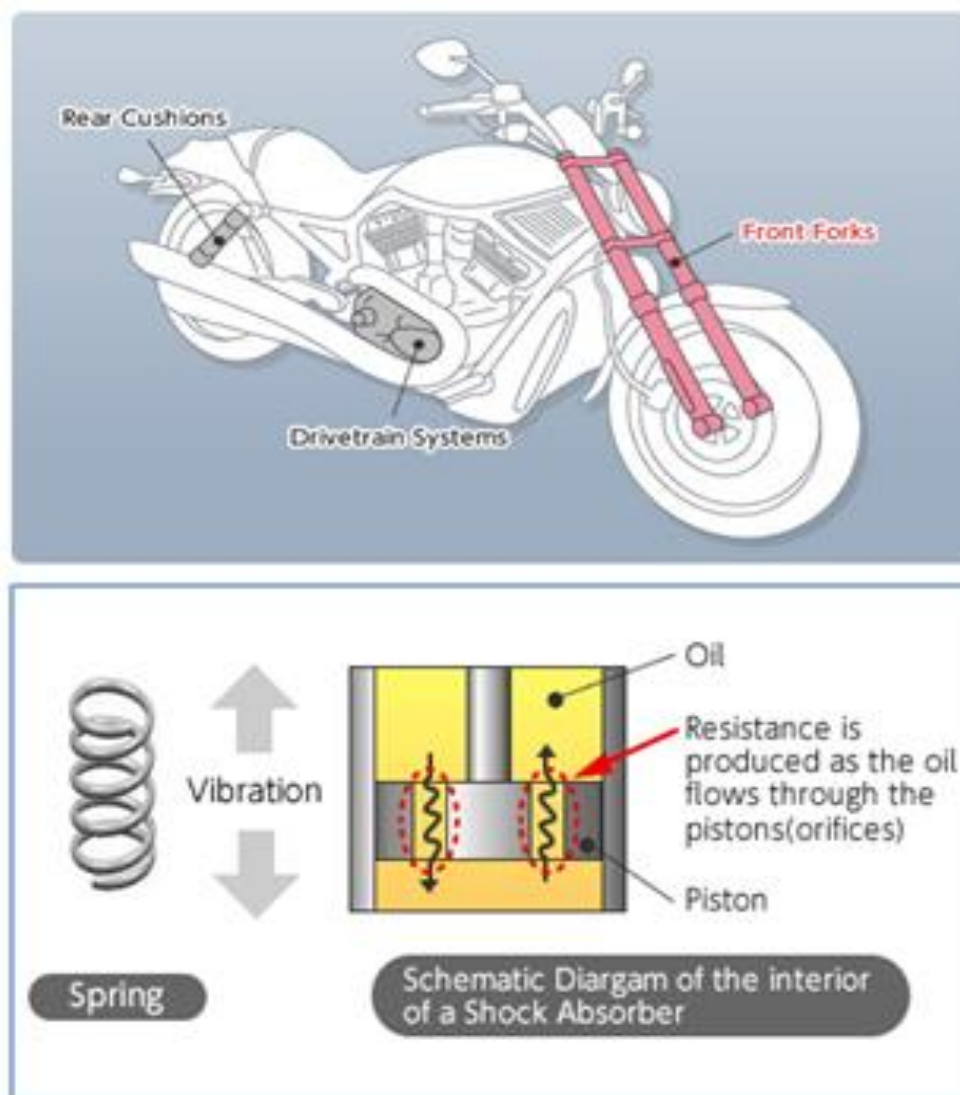


Figura 10: Função do amortecedor da motocicleta

A organização desenvolve amortecedores leves, utilizando materiais de alta tensão para melhorar a qualidade de passeio e desempenho de combustível. A Figura 11 apresenta os produtos desenvolvidos na empresa.



Figura 11: Amortecedor da motocicleta

3.7 Sistema de produção

O sistema de produção do produto é constituído de duas partes, o cilindro externo e o cilindro interno. A investigação decorrerá no processo de maquinagem do cilindro externo. Para melhor compreensão dos processos de fabricação, a Figura 12 ilustra a sequência de fabricação, desde a fundição até à montagem do amortecedor.

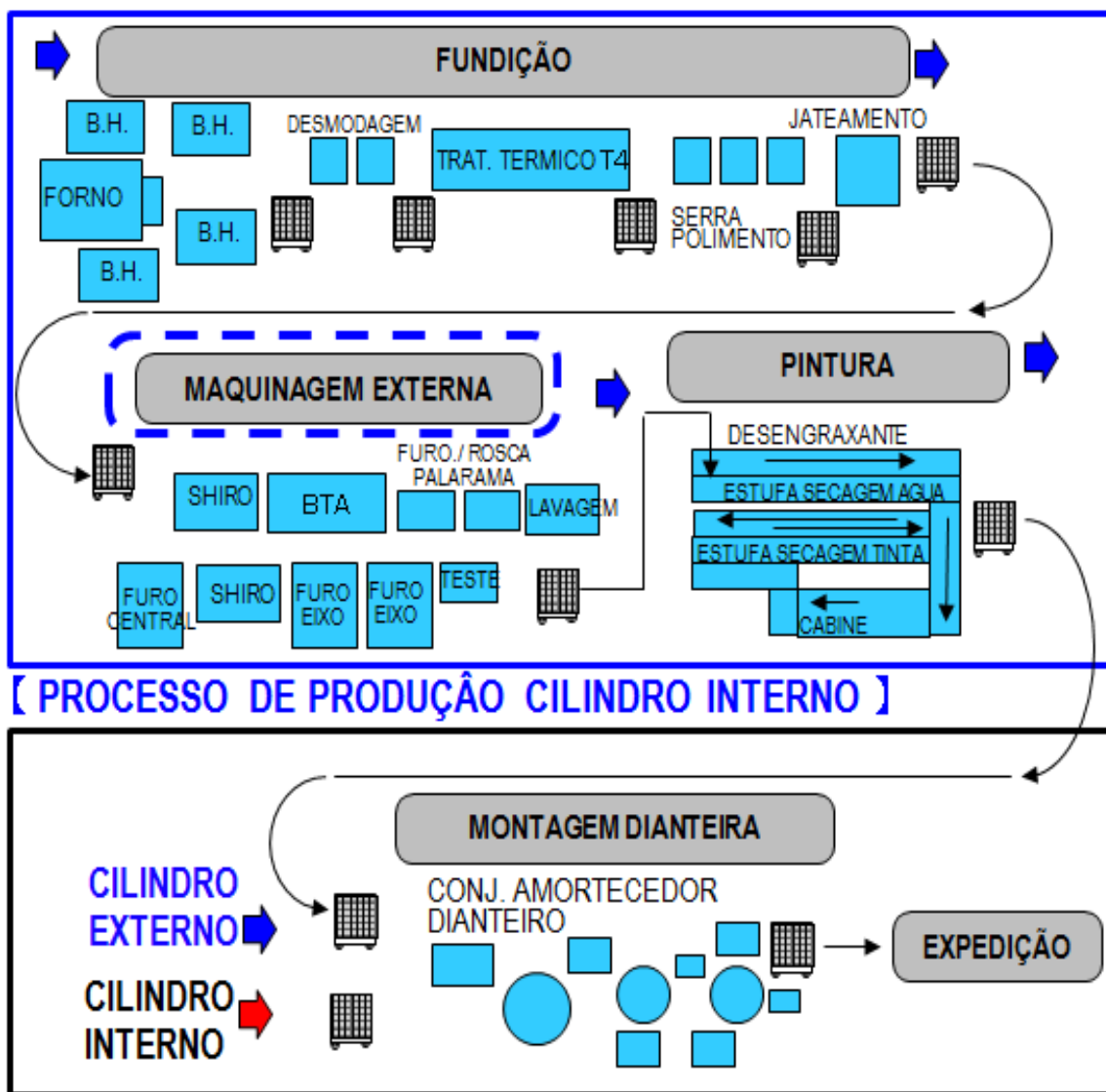


Figura 12: Processo de fabricação do amortecedor

3.8 Descrição da cadeia produtiva do cilindro externo

A cadeia produtiva do cilindro externo passa por três edifícios e compreende quatro departamentos da produção: Fundição, Maquinagem, Pintura e Montagem. A Figura 13 ilustra a sequência dos processos:

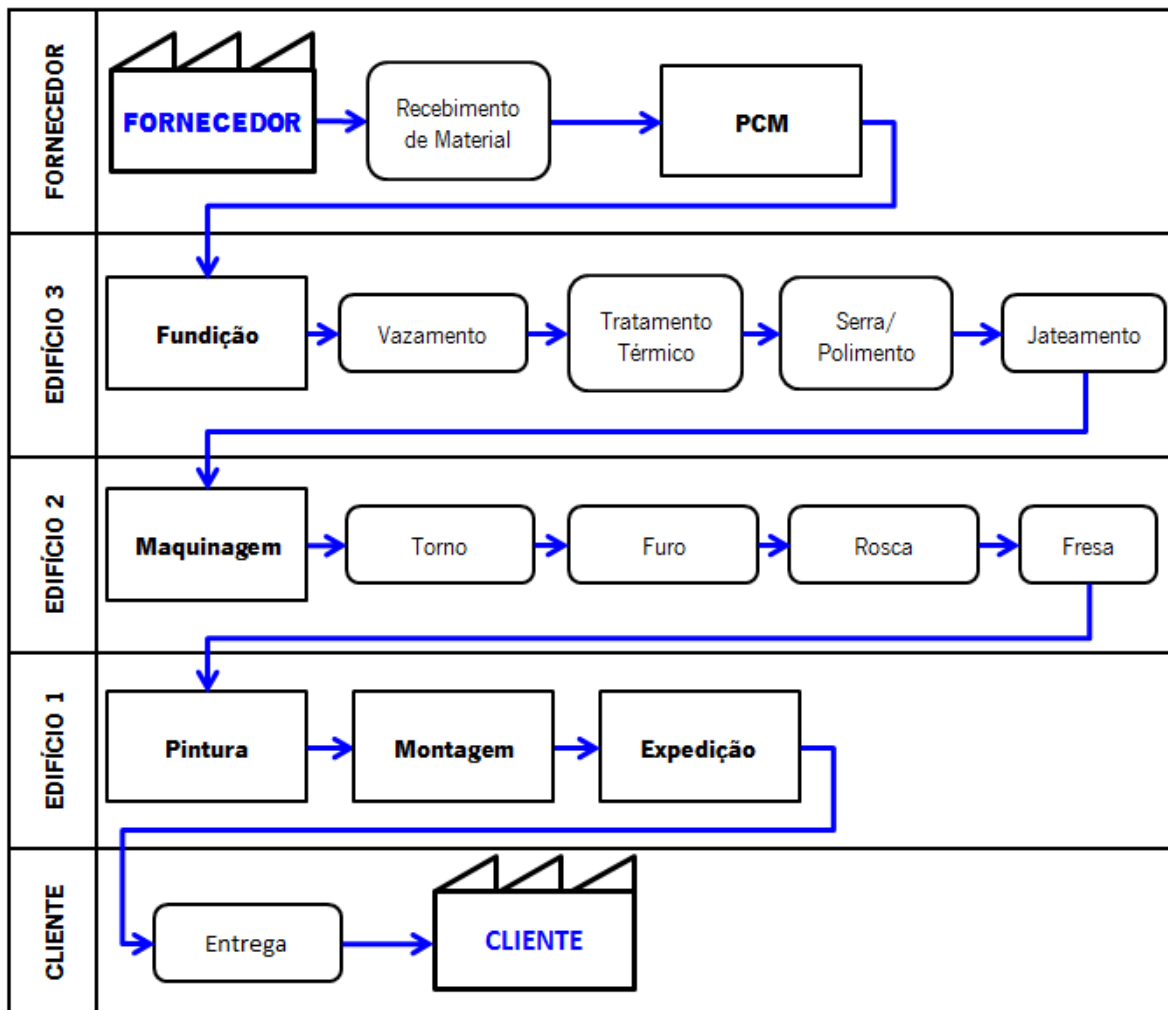


Figura 13: Fluxo do processo de fabricação do amortecedor

3.8.1 Fluxo do processo do cilindro externo

O fluxo do processo de fabricação começa (ver Figura 14) no edifício 3, no departamento de fundição, em seguida, deslocando-se ao edifício 2 para o departamento de maquinagem, para depois se dirigir ao edifício 1, para o processo de pintura e montagem, onde se conclui a fabricação, estando já preparado para entrega.

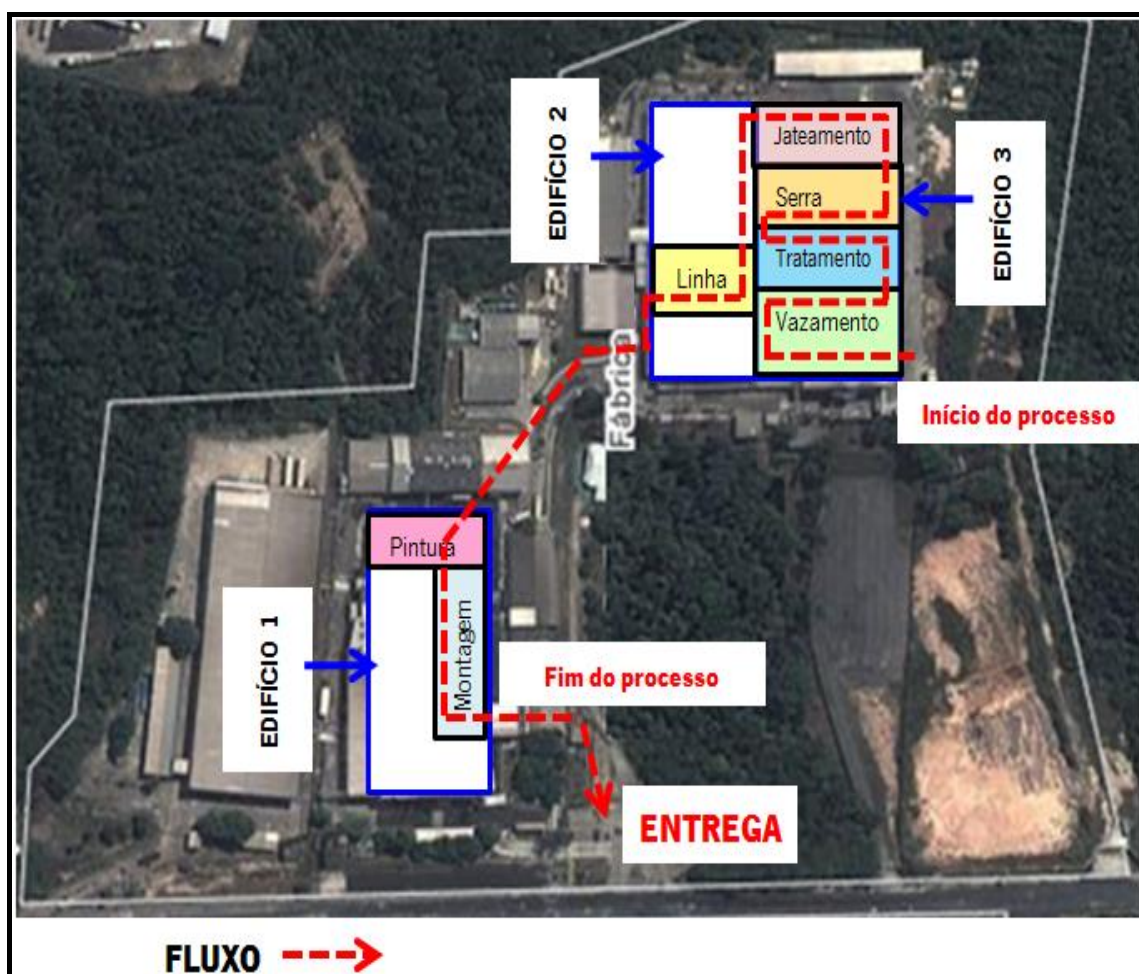


Figura 14: Fluxo do processo de fabricação do amortecedor

O percurso corresponde a aproximadamente 473 metros. O material no final do processo é agrupado na expedição, onde aguarda o horário de saída do produto. A entrega ao cliente é realizada por camiões, disponíveis para saídas a cada 15 minutos. Serão descritos os principais processos em cada departamento de produção.

3.8.2 Fundição

É a primeira etapa da fabricação das peças, o processo permite obter geometria mais complexa de forma econômica. A operação consiste em vaziar metal líquido em um molde, que possui o formato do modelo desejado. A Figura 15 ilustra as operações utilizadas na fundição.

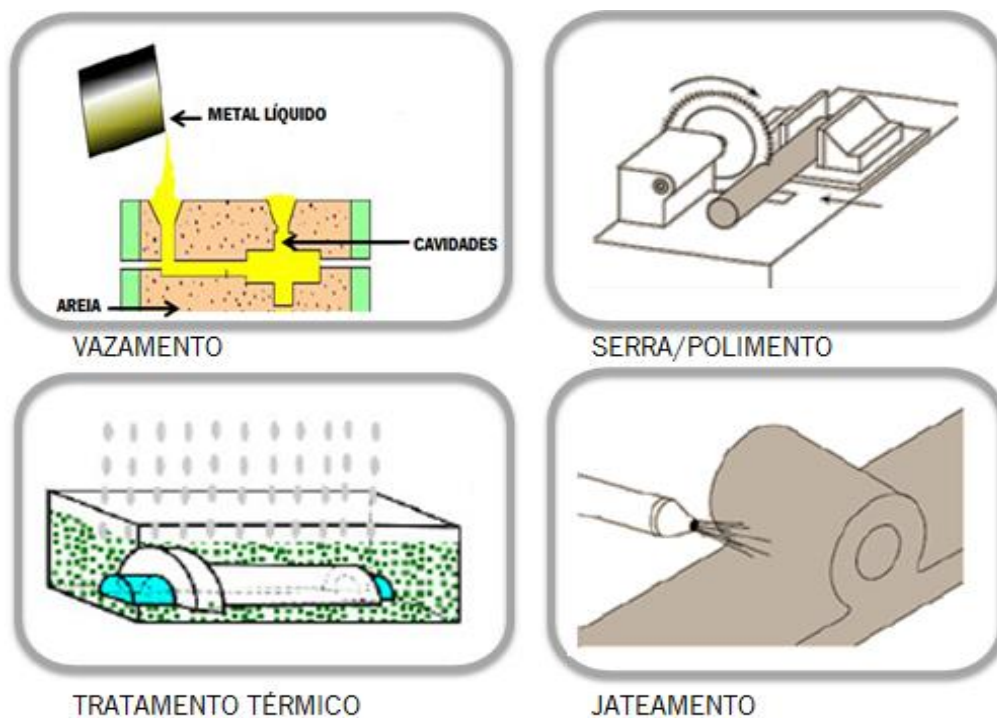


Figura 15: Operações utilizadas no processo de fundição

Vazamento: a operação consiste em vaziar metal líquido num molde com cavidades na forma desejada. O processo de preenchimento é realizado sob pressão numa coquilhadeira.

Tratamento térmico: a operação de revenimento é realizada após o resfriamento da fundição, retirando do material as tensões internas, tornando resistente a impactos. A operação consiste em reaquecer as peças em óleo dentro de um forno numa temperatura menor que a zona crítica de tempera, retirando as tensões interna no material, garantindo as especificações de dureza dos produtos.

Serra e polimento: a operação consiste em retirar da peça, as rebarbas e sobra de material, causada pelos canais de alimentação onde o metal líquido flui para a cavidade do molde. A operação torna a peça próxima do especificado e evita esforços demasiados nos processos de maquinagem.

Jateamento (ou decapagem mecânica): é uma operação de tratamento de superfícies, sendo utilizado por oferecer a melhor limpeza para posterior pintura da superfície. O método é adotado por promover maior durabilidade à pintura e consiste em propulsionar um fluxo em alta velocidade de material abrasivo contra uma superfície metálica. O meio propulsor usado na empresa é o ar comprimido.

3.8.3 Processo de maquinagem

O processo de maquinagem é conhecido como um dos processos mecânicos de fabricação cujos movimentos realizados por máquinas de precisão têm a finalidade de remover sobremetal mediante o emprego de uma determinada ferramenta, conferindo à peça: forma dimensional e acabamento superficial. A Figura 16 ilustra as operações utilizadas na maquinagem.

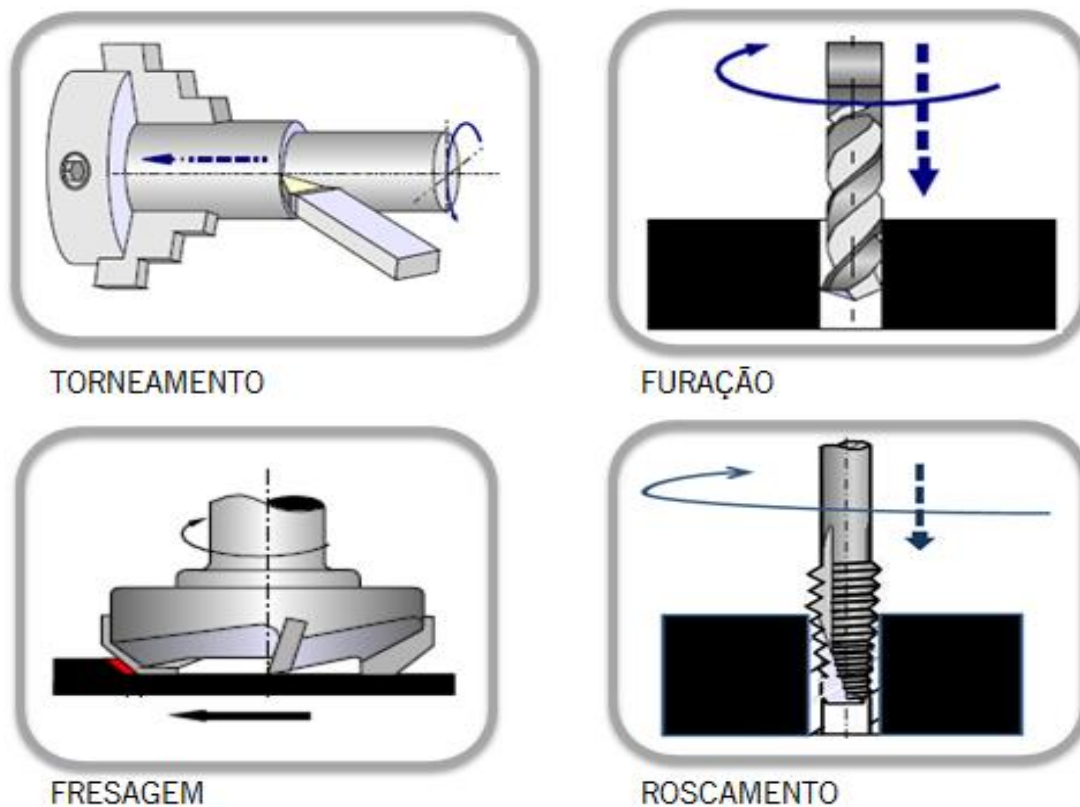


Figura 16: Operações utilizadas no processo de maquinagem

Torneamento: é uma operação destinada à obtenção de peças com formato geralmente cilíndrico. A operação utiliza ferramentas monocortantes, onde a peça gira em torno do eixo principal da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente em trajeto coplanar com o referido eixo.

Furação: é uma operação destinada à obtenção de furos na peça com formato geralmente cilíndrico. A operação utiliza ferramentas monocortantes, onde o giro é realizado em torno do eixo principal da peça/máquina e se desloca simultaneamente em trajeto paralelo com o referido eixo.

Roscamento: é uma operação destinada à obtenção de filetes num furo da peça, por meio da abertura de suco helicoidal de um passo uniforme, podendo ser interno ou externo. A operação utiliza ferramentas monocortantes, onde o giro é realizado em torno do eixo principal da peça/máquina e se desloca simultaneamente em trajeto paralelo com o referido eixo.

Fresamento: é uma operação destinada à obtenção de superfícies com acabamento uniforme em peças, podendo ser tangencial ou frontal. A operação utiliza ferramenta chamada de fresa e se desloca em qualquer direção em trajeto paralelo ao eixo da máquina.

3.8.4 Pintura e montagem

Pintura líquida eletrostática: é um processo utilizado para pintar peças metálicas e obter acabamento superficial especificado e garantir sua durabilidade, garantindo a qualidade do produto quanto à corrosão e desgastes. A operação de pintura é realizada pelo processo eletrostática de cortina de jateamento.

Montagem: O processo de montagem do amortecedor é realizado numa da linha de produção e consiste em inserir e ajustar todos os componentes do amortecedor. Na operação são montados aproximadamente 50 componentes, distribuídos em 13 postos de trabalho. Serão ainda separados por amostras produtos para testes de confiabilidade (ensaios mecânicos e resistência a corrosão).

4. PROJETO DE MELHORIA DA LINHA CILINDRO EXTERNO

Neste capítulo será apresentado o estudo de caso, descrevendo a aplicação prática do Lean Six Sigma para melhorar a produtividade numa linha de maquinagem, tendo como base o método DMAIC (definição do problema, medição do problema, análise da situação atual, propostas de melhoria e controlo) demonstrando o planeamento das atividades do projeto realizado na empresa, cujo objetivo principal é implementar ações de melhoria.

4.1 FASE DE DEFINIÇÃO

A primeira fase do método DMAIC, tem a finalidade de definir e limitar os objetivos do projeto de melhorias. O foco é compreender o problema, descrevendo os requisitos necessários para o desenvolvimento do projeto e sua contribuição para o alcance dos objetivos/metasp da empresa. O principal aspeto é demonstrar de forma resumida todos os aspetos relevantes, culminando na declaração de projeto que atribui uma identidade ao projeto. Ao planear o projeto é importante considerar:

- Complexidade do projeto: estabelecer objetivos e metas, mas observar se são tangíveis, pois se o projeto se apresentar muito amplo o escopo deverá ser alterado;
- Prazo do projeto: apresentar prazos que possam ser cumpridos, como: médio prazo (quatro a seis meses) e longo prazo (oito a doze meses).
- Ganhos resultantes dos projetos: Apresentar os ganhos com a melhoria implementada na área que será diretamente afetada pelo projeto e o retorno financeiro valores/prazos.

4.1.1 Seleção do projeto

O processo de produção das linhas de maquinagem possui indicadores de desempenho como: o *Scrap* (material não aproveitável pela linha), número de *setup* e eficiência do processo.

O último indicador é um índice do tempo utilizado no trabalho estabelecido pelo setor de engenharia, levando em consideração as atividades desenvolvidas em cada setor.

O resultado são parâmetros estabelecidos para o trabalho nos setores e indicadores de seu desempenho de produção. Estes são utilizados para comparar ao estipulado com que está sendo executado.

Um dos objetivos estratégicos da empresa é o investimento em projetos que visam a melhoria da performance dos processos, buscando alavancar sua competitividade no mercado, entendendo que a implementação de projetos como este, possui enfoque necessário para alcançar tal êxito.

4.1.2. Plano e identificação do projeto

Com o objetivo de melhorar a gestão do projeto, a equipa utilizou o gráfico de Gantt, onde se encontram representadas todas as atividades do projeto, identificando início e término de cada tarefa, auxiliando a equipa no controlo e monitoramento, avaliando o desempenho das atividades desenvolvidas (conclusão das tarefas, perante o tempo previsto).

O projeto tem duração de 9 meses, do planeamento até as ações de melhorias. A Figura 17 representa do gráfico de Gantt do projeto.

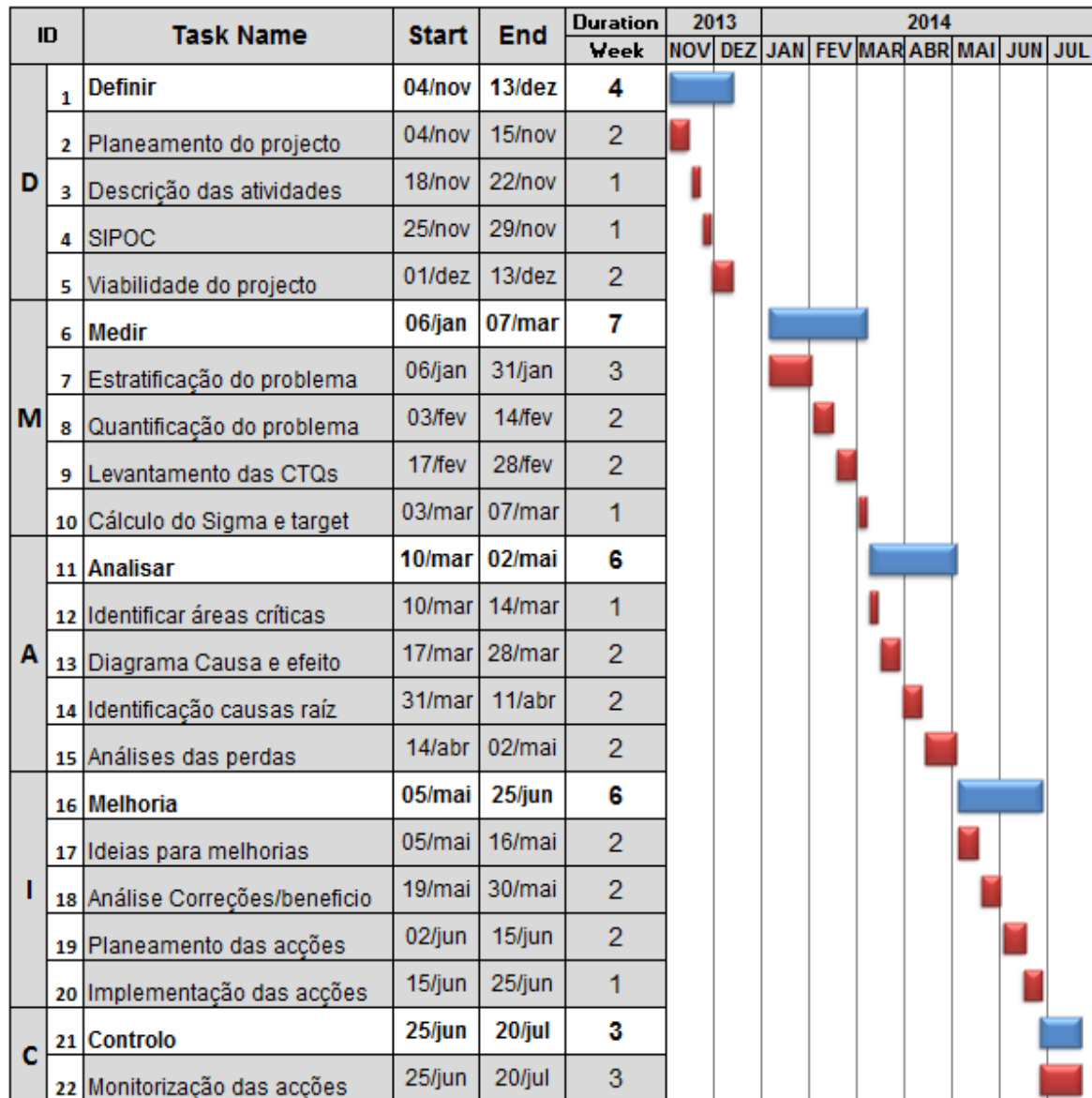


Figura 17: Plano de projeto

4.1.3 Declaração do projeto

Todos os elementos da equipa do projeto possuem conhecimento intrínseco do processo de fabricação e qualificação para resolução dos problemas.

O autor da dissertação participa diretamente de todas as fases do projeto, mas com ênfase na análise e melhoria. O projeto é realizado pela equipa da engenharia em conjunto com os responsáveis da área, facilitando o levantamento de dados e identificando as causas a serem eliminadas.

A Tabela 2 demonstra a declaração do projeto cujo objetivo principal é descrever de forma clara o propósito e as metas a serem atingidas no projeto.

Tabela 2: Declaração do Projeto

Business Case:			Opportunity Statement:		
Os prazos de produção não estão sendo cumpridos, ainda não comprometendo o abastecimento dos clientes pela realização de horas extras para complementar a produção. A empresa não está alcançando os valores pretendidos, sendo necessário intervir de modo a atingir os objetivos estratégicos da área e da organização.			<ul style="list-style-type: none"> - Cumprir os prazos de entregas das encomendas. - Melhorar o indicador de performance dos processos da linhas de maquinagem. - Redução horas dedicadas a atividades que não agregam valor ao produto. 		
			Defect Definition:		
			Unidades não produzidas devido a falhas no processo de produção da linha de maquinagem.		
Goal Statement:			Project Scope:		
<ul style="list-style-type: none"> - Identificar as causas raiz para as falhas no processo de produção que levam a perdas de produtividade. - Atuar nas causas que levam as perdas/falhas. - Melhorar processos críticos que contribuem para as falhas. 			Process: Start Point:		
			01/09/2013		
			Process: End Point:		
			20/07/2014		
Expected Savings/Benefits:			In Scope:		
<ul style="list-style-type: none"> - Aumento do n° de unidades produzidas em 300 peças. - Redução do n° de falhas no processo de produção em 50%. - Redução nos custos de produção da linha em 20%. 			Diminui as falhas nos processos de fabricação.		
			Out of Scope:		
			Custos de produtos não produzidos no produto final.		
Project Plan:			Team:		
<i>Task/Phase</i>	<i>Start Date:</i>	<i>End Date:</i>	<i>Name:</i>	<i>Role</i>	<i>Commitment</i>
Definir	Novembro.13	Dezembro.13	Jerry Lúcio	Project Leader	High
Medir	Janeiro.14	Fevereiro.14	Rodrigo Sidrone	Green Belt	Low
Analisar	Março.14	Abril.14	Valter R. Moraes	Decision Suport	High
Melhoria	Abril.14	Mai.14	Rodrigo Sidrone	Green Belt	Low
Controlo	Mai.14	Julho.14	Rodrigo Sidrone	Green Belt	Low

4.1.4 Descrição do processo

Para melhor conhecimento do processo de fabricação foi elaborado um diagrama de SIPOC, método simples e eficiente de compreender o funcionamento de um sistema produtivo. Este diagrama é um tipo de mapa que costuma ser utilizado em projetos, pois identifica os principais elementos de um processo. Sua estrutura permite uma visão geral de como funciona o processo ao reunir as informações dos: Fornecedores (*Suppliers*), Entradas (*Inputs*), Processos (*Process*), Saídas (*Outputs*) e Clientes (*Customers*). A Figura 18 apresenta o diagrama SIPOC construído pela equipa:

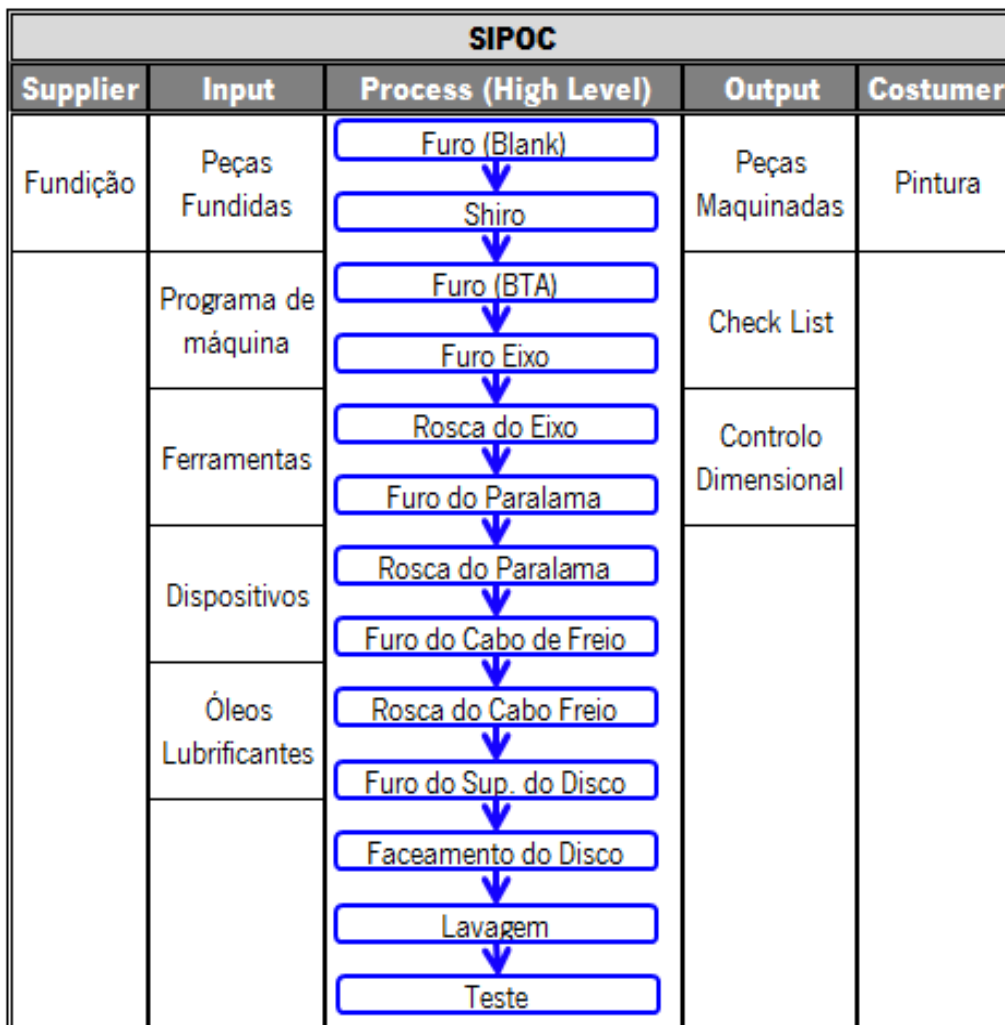


Figura 18: Diagrama SIPOC das operações da linha

4.1.5 Viabilidade do projeto

Para um projeto ser viável é importante que os benefícios ou retorno financeiros sejam superiores aos custos associados ao seu desenvolvimento, porém o principal fundamento adotado na escolha foi a satisfação do cliente, correspondendo à nova visão da direção da empresa, estando comprometida por frequentes atrasos nos prazos de entrega da produção.

4.1.6 Definição do problema

Para melhor avaliação do problema, foram recolhidos dados a partir do segundo semestre de 2013 até ao primeiro semestre de 2014, conforme ilustra a Figura 19.

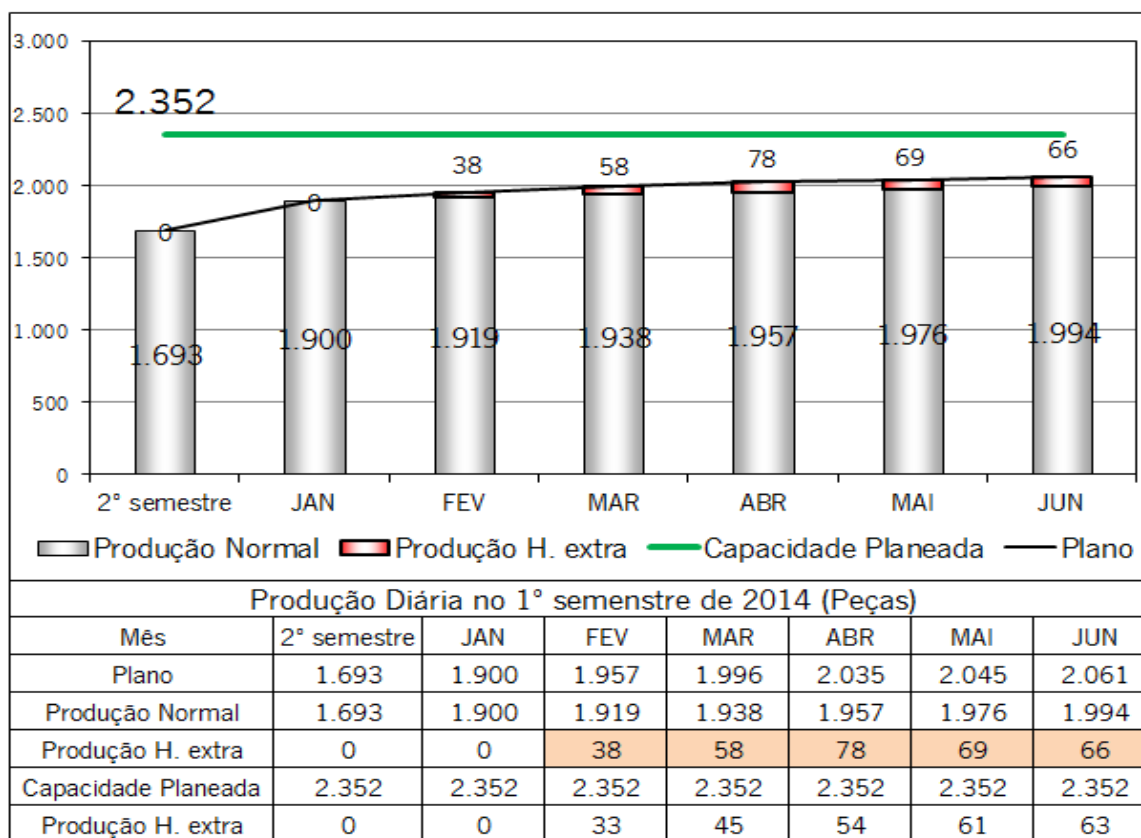


Figura 19: Gráfico com o plano de produção e capacidade produtiva da linha

A linha está utilizando horas extras na programação de produção para cumprir as entregas, correspondente ao período do primeiro semestre de 2014. Os dados são recolhidos demonstram relativa perda de capacidade produtiva na linha de produção. A linha não está conseguindo produzir o plano de produção dentro do prazo estimado, conforme o gráfico da Figura 19. O problema é reprogramação da produção para horas extras, mesmo a linha tendo capacidade (planeada) suficiente para entrega do plano de produção.

O estudo tem como finalidade o levantamento da causa raiz desse problema, para o desenvolvimento da pesquisa e melhor esclarecimento das condições de trabalho, será realizado um breve resumo sobre o sistema produtivo, descrevendo as características do funcionamento da linha. Atualmente atua com os padrões de trabalho descritos a seguir.

4.1.7 Descrição dos aspetos da linha de produção

A linha é chamada de linha F do cilindro externo. Todas as operações são de maquinagem, realizadas de forma sequencial na linha. As últimas operações/atividades da linha são lavagem e teste estanqueidade, que mesmo não sendo de maquinagem são necessários à próxima etapa de fabricação, a pintura da peça.

4.1.8 Planeamento e controlo da produção

A empresa produz somente componentes para motocicletas, tendo o planeamento de produção baseado no plano de vendas dos clientes e a programação dos departamentos realizados conforme solicitação do PCP da empresa. Para melhor entendimento do funcionamento seus itens são descritos a seguir:

- Planeamento de Programação da Produção: É uma produção *maker-to-order*, ou seja, feita sob encomenda. A programação da produção é iniciada pelo recebimento dos planos de produção entregue ao PCP e repassado aos departamentos de produção da empresa.

- Estratégia de Pedido: A empresa usa a metodologia Kanban e por isso o modelo só entra na linha perante um pedido. A linha trabalha com dois ou mais modelos ao mesmo tempo.
- Lotes: Os tamanhos dos lotes são de acordo com o pedido feito pelo cliente e todos apontados no planejamento anual, sua programação é mensal, sendo confirmado com 48 horas de antecedência. Devido às necessidades serem sempre altas eles são fabricados diariamente.
- Sequência do processo de fabricação: a peça é maquinada na sequência da distribuição dos processos da linha (pontos de referências da peça, furos, rosca e teste de vazamento e lavagem).

4.1.9 Horários de trabalho e disponibilidade

A linha opera (desde início de 2013) em três turnos e apresenta a seguinte composição de horários:

- 1º Turno: 07h e 15min às 15h e 15min;
- 2º Turno: 15h e 15min às 23h e 15 min;
- 3º Turno: 23h e 15min às 07h e 15min.

Esses horários obedecem à escala sequencial de segunda-feira a sábado, cobrindo as 24h do dia. A linha entra em intervalo de uma hora para refeições em cada turno, resultando em 7 horas de trabalho por turno num total de 21 horas de disponibilidade, sendo o mesmo para todas as máquinas.

4.1.10 Demanda da linha

Os dois principais clientes da linha são também do pólo de Manaus: Moto Honda e a Yamaha. Os produtos são fabricados em par (direito e esquerdo), portanto com o plano dobrado. Atualmente a produção diária é de aproximadamente 2.200 peças.

4.1.11 Método de análise

Para o levantamento da causa raiz do problema será analisada a capacidade real de produção da linha, utilizando o cálculo de eficiência de linha. O indicador mede a disponibilidade da linha e as perdas produtivas, resultando no índice de eficiência, sendo base de análises da empresa.

O objetivo é avaliar se estas perdas estão contribuindo para a perda da capacidade produtiva. O método permite uma descrição detalhada a partir da quantificação dos itens que causam paragem da produção.

4.1.12 Cálculo da eficiência da linha

O cálculo é realizado pela percentagem do tempo realmente utilizado para produzir pelo tempo disponível (vezes 100). O cálculo decorre da medição dos seguintes itens:

- Utilização: índice do tempo disponível em relação às paradas programadas pela empresa e da produção;
- Eficiência: índice do tempo disponível em relação às paradas programadas e não programadas.

O *tempo de utilização* é o resultado do tempo de trabalho após avaliar o tempo concedido pela empresa para reuniões e limpeza. A empresa destina intervalos (de descanso previsto na legislação brasileira), no início e no final dos turnos de trabalho respectivamente. O cálculo também considera as paragens programadas pela empresa.

Esta programação é realizada pelo departamento da engenharia que determina o tempo necessário para execuções destas atividades de paragens listadas abaixo, considerando a programação de produção, tipo de maquinário, quantidades modelos e características dos processos. Os itens considerados para o cálculos são:

- Troca de modelo: em minutos, para cada troca é determinada pelas características da operação;
- Troca de ferramentas: em minutos, para cada troca geralmente no intervalo dos turnos, mas é determinada pelas características da operação;
- Registo dimensional da peça: em minutos, sempre realizado no início do turno.

O *índice de eficiência* é o resultado do tempo disponível ao trabalho após avaliar as paragens não programadas. A empresa não contabiliza perdas no estabelecimento da capacidade produtiva, em termos de dimensional de capacidade, pois considera que esta prática admite incapacidade de solucionar problemas dos setores de produção da empresa. Os itens considerados para o cálculos são:

- Avaria de equipamentos: o tempo é contabilizado em horas, sendo distribuídos em minutos diários para serem analisados. Os valores são somatório dos tempos registados pela ação da manutenção em máquinas da produção;
- Ajustes: o tempo é contabilizado da mesma forma que o anterior. Os valores são somatório dos tempos registados pela produção, sem intervenção da manutenção da empresa;
- Outros: o tempo é contabilizado da mesma forma que o anterior. Os valores são a somatória dos tempos registados em paragens por outros motivos, como reuniões extraordinárias, falta de energia, etc.;
- Falta de material: o tempo é contabilizado da mesma forma que o anterior. Os valores são o somatório dos tempos registados em paragens por falta de matérias, neste caso, da fundição. Não há registo de paragens por este item;
- Qualidade: o tempo é contabilizado da mesma forma que o anterior. Os valores são o somatório dos tempos registados pela fabricação de produtos não conformes e retrabalhos.

4.2 FASE DE MEDIÇÃO

A segunda fase do método DMAIC tem a finalidade de definir o planeamento da recolha dos dados para quantificar o problema.

O objetivo é compreender o estado atual, baseando no levantamento de dados dos quesitos que compõe o desempenho do processo, permitindo identificar quais características influenciam negativamente indicador da percentagem da eficiência da linha.

4.2.1 Pesquisa para caracterização do processo de fabricação

Com o objetivo de obter melhores resultados na investigação, o levantamento inicia pela descrição do processo de fabricação, demonstrando as características do produto e fluxos/tempos das operações. Estes aspetos facilitam a percepção de causas que podem prejudicar a funcionamento do sistema produtivo.

4.2.1.1 Descrição das características do produto

As características dos produtos servem para estabelecer quais necessidades existem para fabricá-los. A empresa reserva uma linha (F) no setor de maquinagem só para sua produção.

Outros aspetos relevantes também serão descritos a seguir:

- O produto: é um componente do amortecedor dianteiro, que faz parte do conjunto de direção das motocicletas. É chamada de cilindro externo, sendo produzido em jogos, direito/esquerdo e se caracteriza por apresentar formatos entre os lados diferentes em alguns modelos;

- A peça: é uma peça de metal, tendo a função de fazer a junção do amortecedor com a coluna de direção da moto, necessitando apresentar máxima precisão no acoplamento. São desenvolvidas de modo a garantir que não deformem, quando submetida a impactos, garantido a estabilidade da direção da motocicleta mesmo em condições adversas;
- A confecção: é realizada pela combinação sequencial de operações de maquinagem sendo todos operados numa mesma linha. Cada produto apresenta uma sequência de operações diferentes em especificações e dimensionamento. Alguns modelos diferentes podem ter o mesmo valor dimensional, variando somente a cor;
- O material: a matéria-prima é uma liga de alumínio de alta resistência mecânica, pois necessita assegurar as especificações técnicas de produtos de alto desempenho;
- O formato: Cada produto possui *designs* exclusivos, mas com as mesmas especificações e com dimensional semelhante. Os seus formatos são idealizados pelos clientes, não podendo ser alterados. Possuem sequências de fabricação semelhantes, utilizando as mesmas máquinas;
- As famílias: A linha produz agora para dois clientes, existindo duas famílias de produtos. Os modelos são de altas cilindradas, comumente chamadas de modelos grandes.

4.2.1.2 *Layout* e fluxo do processo

A Figura 20 ilustra o *layout* da linha e o fluxo do processo. Os postos de trabalho também são identificados, com um operador para mais de uma máquina.

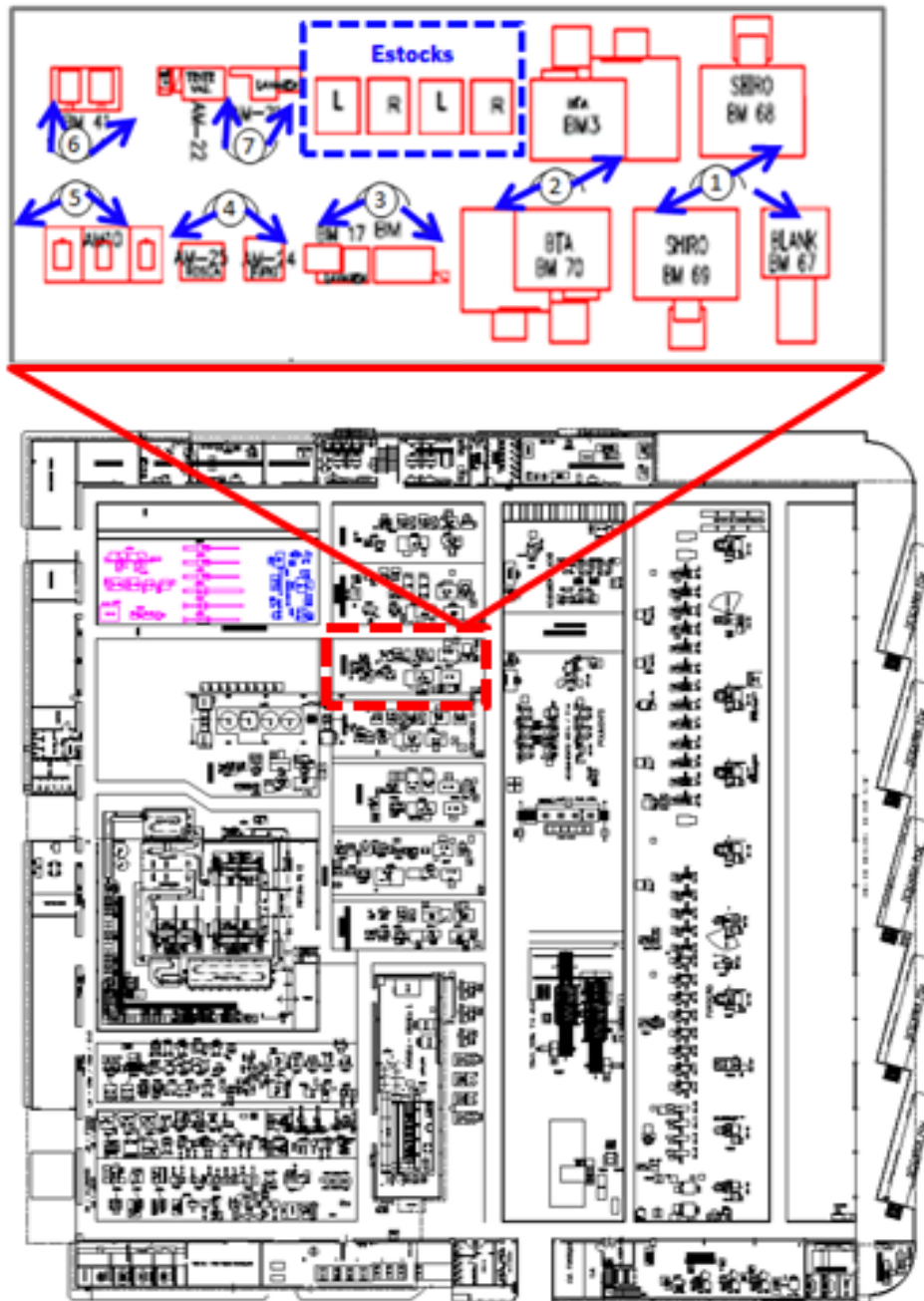


Figura 20: *Layout* da Linha de produção

4.2.1.3 Tempos das operações

Os tempos das operações correspondem às atividades desenvolvidas num posto de trabalho, conforme ilustra a Figura 21.

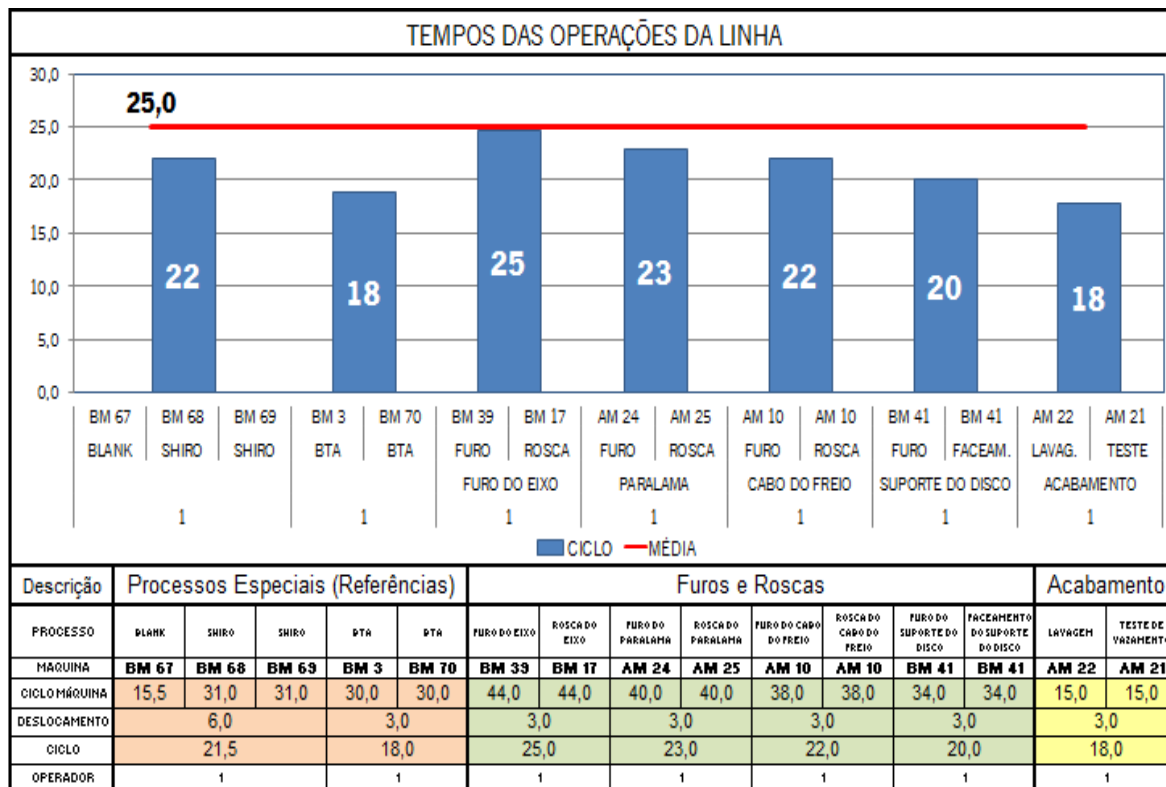


Figura 21: Tempos das operações da linha de produção

4.2.2 Estratificação do problema

Com a finalidade de avaliar o processo e levantar causas relacionadas ao problema foi planeada a estratificação para verificar a real capacidade produtiva do sistema. Os cálculos de capacidade são gerados através da divisão do tempo disponível pelo tempo da operação. A fórmula utilizada é:

$$C = \frac{TD}{CT}$$

Sendo:

C = Capacidade

TD = Tempo Disponível

CT = Ciclo do tempo da máquina ou equipamento

Estas capacidades de máquina ou equipamento, não consideram a ocorrência de interrupções, ou seja, ajustes, manutenção e falhas.

4.2.2.1 Eficiência do estado atual da linha

A recolha de dados inicia-se pelo levantamento das paragens programadas pela empresa e em seguida, o levantamento das paradas não programadas (perdas). O detalhe dos tempos disponibilizados é a seguir explanado.

4.2.2.2 Tempo disponível da linha

A empresa concede intervalos para reuniões e limpeza, no início e no final dos turnos de trabalho respetivamente.

- Reunião: 5 minutos;
- Limpeza: 15 minutos.

O tempo estabelecido pela engenharia para execuções das atividades das paragens necessárias para cumprir a programação de produção são:

- Troca de modelo: 20 minutos por troca. Com 8 trocas previstas diariamente;
- Troca de ferramentas: 15 minutos por troca. Com uma troca prevista para cada turno de trabalho;
- Registo de dimensional da peça: 5 minutos, com uma medição realizada no início do turno.

O cálculo realizado pelos dados de paragens estabelecidos pela engenharia apresenta um tempo disponível de 16,33 horas, representando uma eficiência de 77,78%. A Figura 22 ilustra o gráfico.

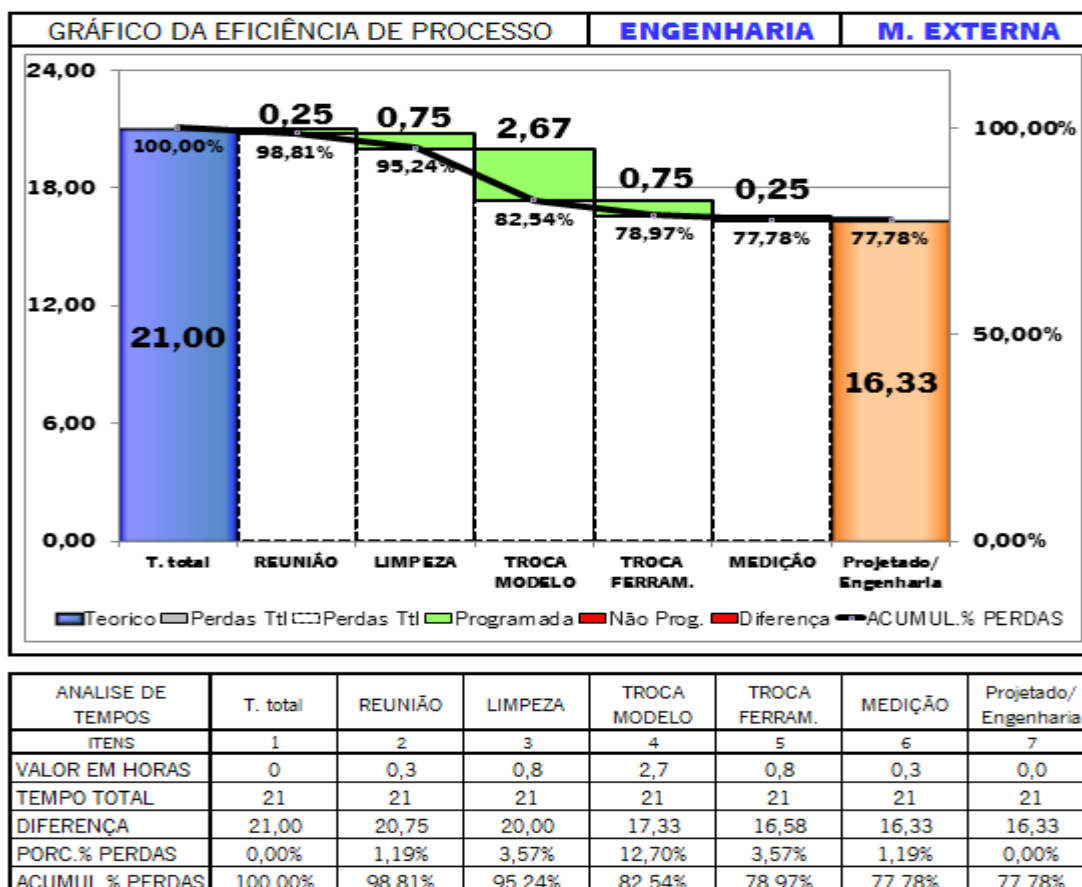


Figura 22: Gráfico da eficiência da linha de produção calculada pela engenharia

O gráfico da eficiência (planeada) do processo apresenta de modo de fácil percepção os tempos programados pela empresa para atividades rotineiras e os estabelecidos pela engenharia para execuções das atividades que necessitam de paragens para atingir a produção planeada.

4.2.3 Levantamento da capacidade planeada de produção

O cálculo da capacidade demonstra a eficiência estimada da linha em 77,78 %, com o tempo ciclo (TC) das operações em 25 segundos. É importantes verificar a situação das operações para análise das causas de perda da produtividade e não acompanhamento do plano de produção. A Tabela 3 ilustra a capacidade da linha.

Tabela 3: Capacidade planeada

Cáculo da Capacidade		
Descrição	Tempo	Unidade
Ciclo	25	segundos
Tempo disponível	21	Horas
Eficiência	77,78%	Porcetagem
Capacidade	2.352	Peças

Ao comparar o plano de produção de 2.200 (referência no item 4.1.6) com a capacidade produtiva, verificou-se que atende as necessidades da produção, mas não explica a utilização de horas extras para o atendimento da procura.

4.2.4 Levantamento das perdas e desperdícios dos processos

O levantamento tem como foco encontrar as perdas no processo, que reduzem a capacidade produtiva, permitindo assim encontrar a causa raiz do problema. O planeamento da estratificação sobre a eficiência do sistema produtivo permite estabelecer a real capacidade num processo, mensurando quanto tempo da máquina está disponível para o trabalho, verificando se são capazes ou não de atender a demanda.

Ao serem contabilizadas as perdas e extrair do tempo disponível, permite avaliar as condições de trabalho e processo, oferecendo informações que serão utilizados nas análises das restrições e no dimensionamento da ocupação.

O resultado é demonstrado em formato de gráfico, agrupando os dados levantados em diferentes categorias, utilizando para calcular a eficiência do processo, possibilitando analisar as causas de perdas.

4.2.4.1 Levantamento dos indicadores dos processos

Os índices que medem as perdas são avaliados, dimensionando quanto do tempo de trabalho de recursos produtivos é reduzido em comparação com o disponível, resultando na eficiência da real capacidade do processo. A empresa adota na sua política a monitorização destes índices para dar suporte: à gestão de produção; como base para cálculos das metas estabelecidas pela empresa e para planeamento de ações do seu programa de melhoria contínua. A recolha dos dados foi realizada levando em consideração o período dos últimos 6 meses. Em sua avaliação são levantadas informações sobre: qualidade, ajustes, avaria de equipamentos, atrasos de material, outros.

4.2.4.2 Indicador de qualidade

O indicador mede as perdas no processo por fabricação de produtos que apresentam alguma não conformidade, ou seja, demonstra quanto os equipamentos estão produzindo produtos sem atingir a qualidade especificada. Nesta avaliação são levantadas informações sobre:

- Defeitos;
- Perdas de início;
- Rejeições e retrabalho.

A Figura 22 ilustra os dados referentes à qualidade dos produtos são os números totais dos registros realizados, considerando as 3 categorias citadas acima.

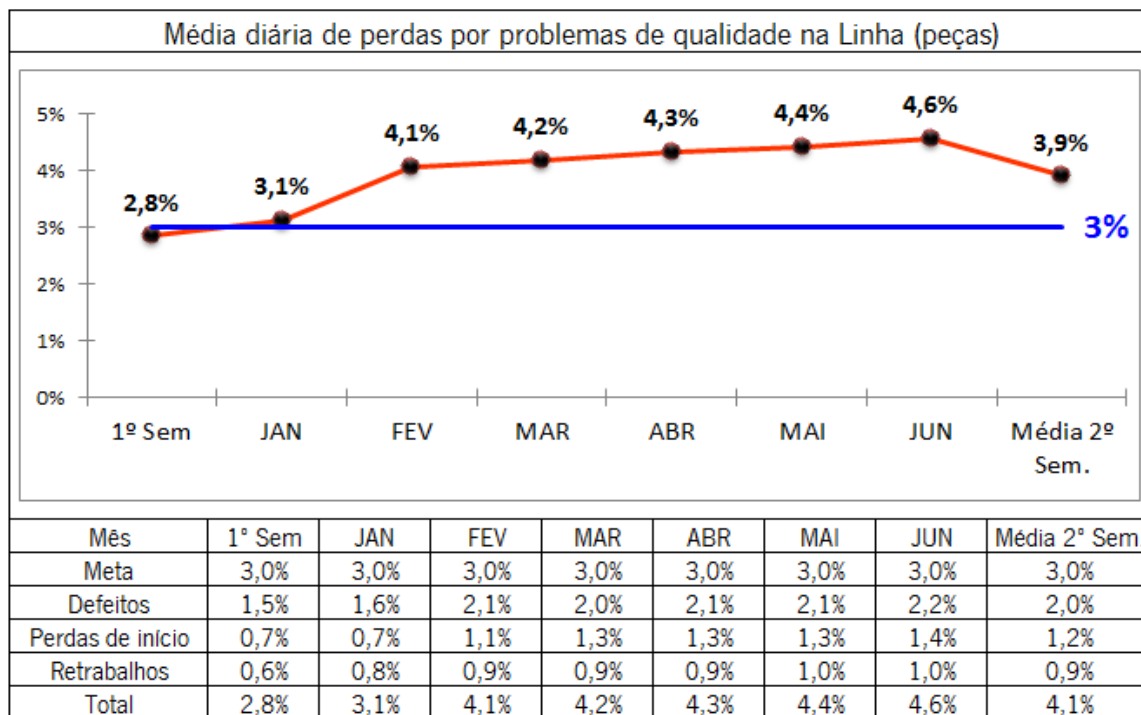


Figura 23: Gráfico dos problemas de qualidade na linha

No gráfico foi possível perceber um aumento ao longo do tempo no índice de qualidade, contribuindo indiretamente para perda de capacidade.

4.2.4.3 Indicador de ajustes nos equipamentos

O indicador mede as perdas no processo quanto ao tempo de trabalho dos recursos produtivos destinado a ajustes e pequenas paradas, não sendo acionada a manutenção. Nesta avaliação são levantadas informações sobre:

- Ajustes;
- Falhas nos *setup*; e
- Pequenas paradas.

A Figura 23 apresenta os dados referentes aos ajustes.

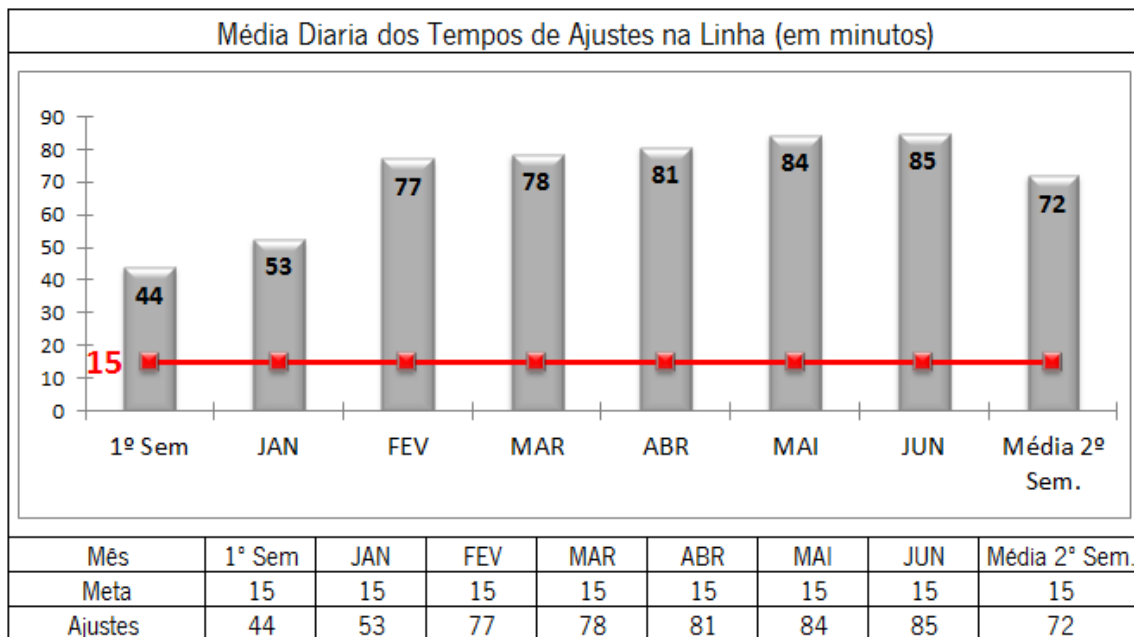


Figura 24: Gráfico dos ajustes nos processos

No gráfico foi possível perceber também um aumento na duração de cada ajuste com efeito no índice de paragens para ajustes, contribuindo diretamente para perda de capacidade.

4.2.4.4 Indicador de avarias dos equipamentos

O indicador mede as perdas no processo quanto ao tempo de trabalho dos recursos produtivos destinado a avarias e falhas dos equipamentos, sendo acionada a manutenção. Nesta avaliação são levantadas informações sobre:

- Avarias;
- Falhas.

A Figura 24 apresenta os dados referentes as paragens por avaria dos equipamentos.

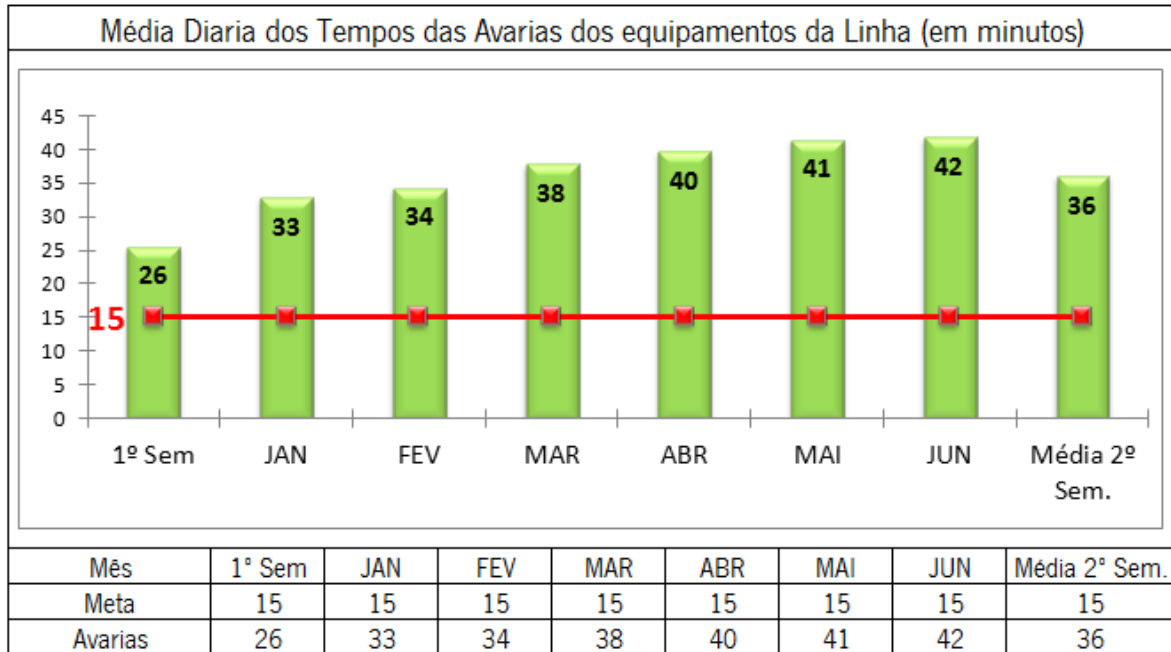


Figura 25: Gráfico das avarias dos equipamentos

No gráfico também apresentou aumento dos ajustes no índice de paragens por avarias, contribuindo diretamente para perda de capacidade.

4.2.4.5 Indicador de outras paragens na linha

O indicador mede as perdas no processo quanto ao tempo sem produção, por outros motivos excepcionais, não podendo ser corrido pela produção. Nesta avaliação são levantadas informações sobre:

- Falta de energia;
- Reunião extraordinária;
- Greve; e
- outros.

A Figura 25 apresenta os dados referentes a outros tipos de paragens.

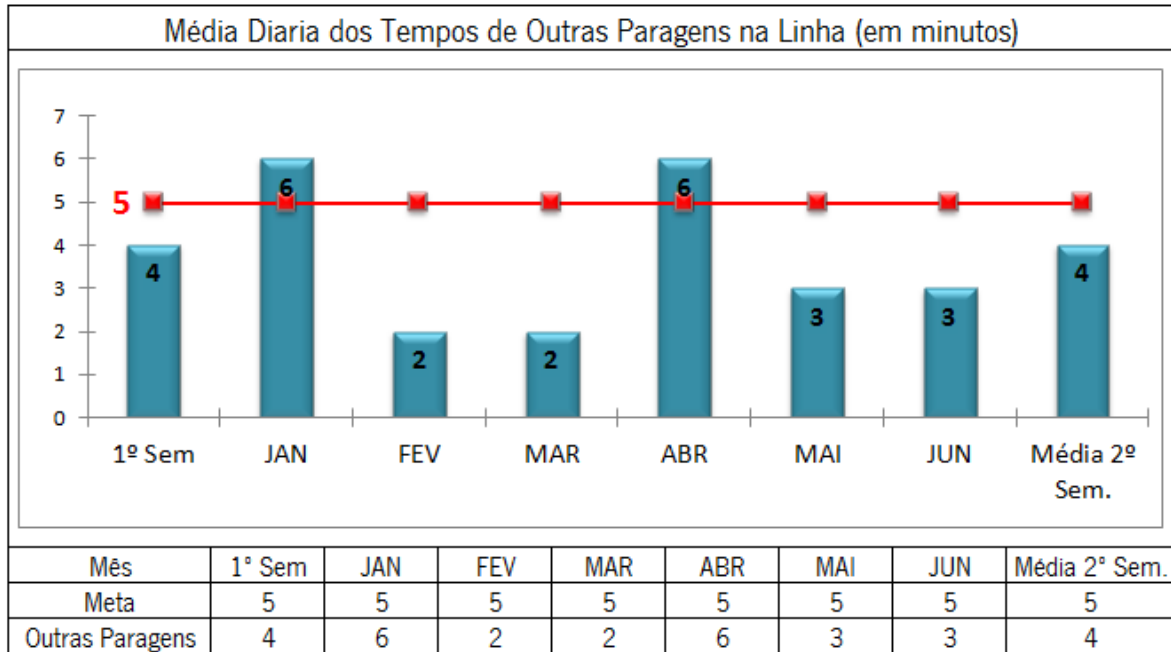


Figura 26: Gráfico das paragens por outros motivos

No gráfico foi possível perceber pouca variação do índice ao longo do tempo, não contribuindo para perda de capacidade.

4.2.4.6 Indicador de falta de material

O indicador mede as perdas no processo quanto ao tempo parado da linha aguardando material. Nesta avaliação são levantadas informações sobre: Falta de material.

Não há registo deste tipo de ocorrência da linha.

4.2.4.7 Avaliação da eficiência da linha

A equipa do projeto elaborou o gráfico da eficiência da linha (segundo o modelo utilizado na empresa), conforme ilustra a Figura 26.

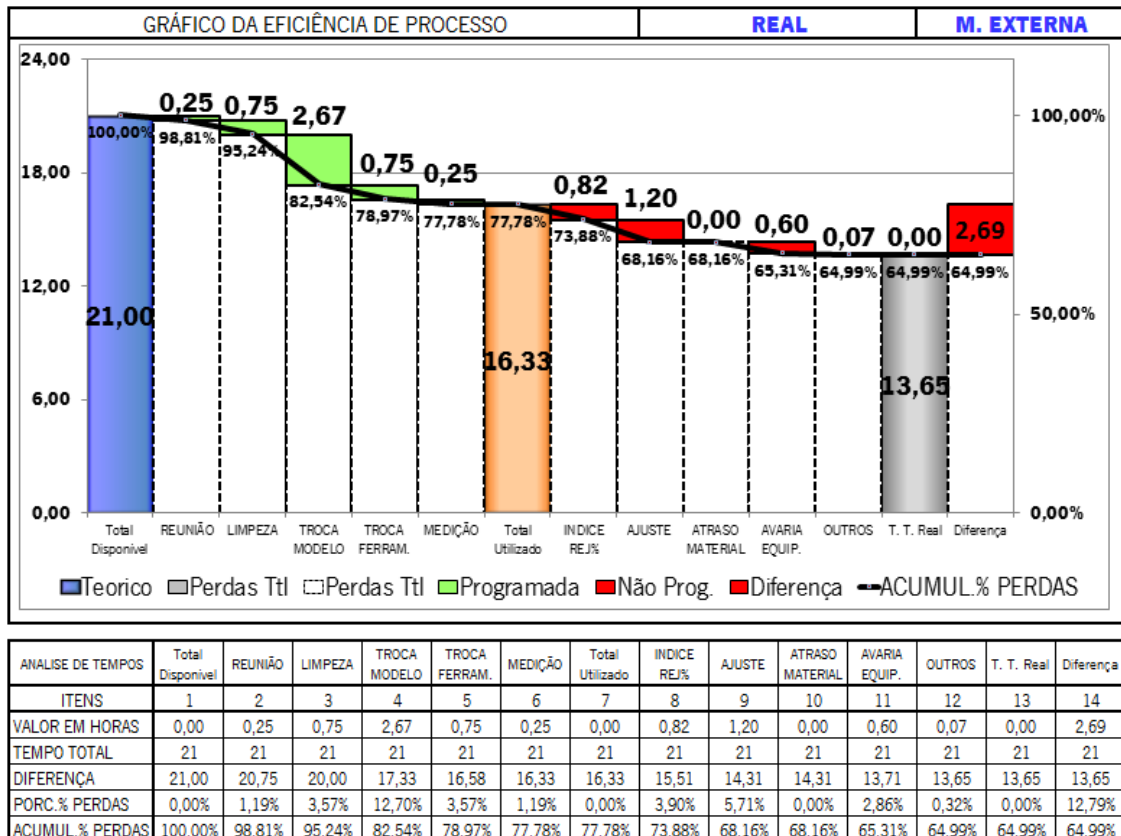


Figura 27: Gráfico da eficiência da linha de produção

Após o levantamento das perdas, o gráfico demonstra mudanças em comparação ao que foi planeado. Os parâmetros estimados pela engenharia não apresentam alterações, os problemas encontrados estão relacionados às execuções das atividades das paragens contribuição para uma situação que compromete a eficiência dos processos, não possibilitando alcançar a capacidade prevista da linha. As falhas estão em vermelho, representando um total de 2,69 de hora/dia.

4.2.5 Avaliação das operações com as maiores perdas

Após avaliação de perdas nas operações da linha, a equipa buscou verificar qual operação apresenta maior numero de ajustes. O levantamento utilizou o diagrama de Pareto, conforme ilustra a Figura 27.

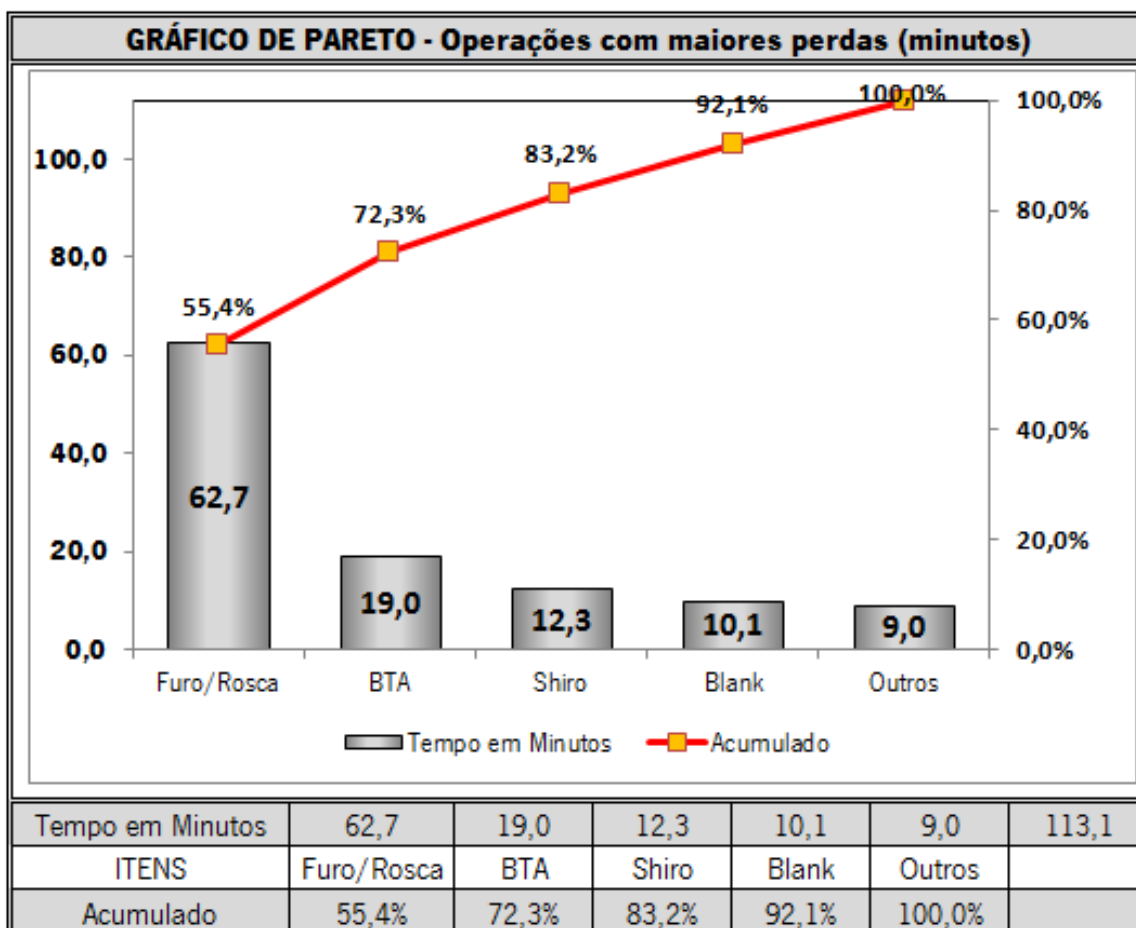


Figura 28: Gráfico de Pareto das maiores perdas por operação

Após avaliação do gráfico é possível verificar que as maiores perdas de capacidade produtivas são as operações de furos e roscas.

4.2.6 Avaliação de mudanças de cenário

O levantamento de mudanças no cenário é importante para verificar novas condições, ou alterações nos processos. Avaliar somente a distribuição dos tempos não possibilita verificar quais fatores contribuem para perdas de produtividade encontradas no sistema, para isso é necessário estabelecer as causas e avaliar como estas influenciam na disponibilidade das máquinas, sendo utilizadas nas análises de falhas.

A partir da entrada de novos modelos certas mudanças foram necessárias na linha, sendo as principais:

- Aumento da gama operacional: Os novos modelos que entraram são de famílias de produtos diferentes que a linha produzia. Estes possuem um grau de complexidade maior, sendo considerados mais modernos. Mas o fator mais importante corresponde à programação, pois a maior parte da demanda era de modelos semelhantes, que exigia uma quantidade pequena de alterações (*setups*) na troca de modelos.
- Aumento de trocas: Todos os novos modelos que entraram exigem troca de modelos para passarem na linha, subindo o número de cinco para oito. O motivo principal é o método do *setup* que está sendo realizado, onde não se aproveita os ajustes de modelos semelhantes, tendo todos os parâmetros da máquina serem ajustados.
- Aumento de paragens por ajustes: O aumento dos ajustes se explica não só pelo aumento dos *setups*, mas pelo facto que esta situação aumenta a exposição dos equipamentos aos erros das ações dos operadores. A atividade é muito desgastante (fisicamente) ao utilizar a força do operador no deslocamento do dispositivo e na necessidade dos esforços para alinhar os pontos de referências da peça com o ângulo de corte das ferramentas.

- Redução da capacidade: O resultado do aumento dos *setups* e ajustes contribuem para uma redução considerável do tempo disponível. Uma consequência desta situação é a baixa produtividade por excesso de paradas.

Com a identificação das restrições no sistema falta avaliar quais os desperdícios gerados em consequências destes problemas, pois o objetivo é avaliar qual o impacto no desempenho dos processos. Espera-se estimar a quantidade de peças perdidas que se tem com este determinado tipo de problema.

4.2.7 Levantamento da capacidade produtiva encontrada

Após a verificação das perdas foi recalculada a capacidade produtiva. A Tabela 4 apresenta os dados.

Tabela 4: Capacidade produtiva encontrada

Cáculo da Capacidade Real		
Descrição	Tempo	Unidade
Ciclo	25	segundos
Tempo disponível	21	Horas
Eficiência	64,99%	Porcetagem
Capacidade	1.965	Peças

O cálculo demonstra a eficiência real da linha em 64,99 %, com o tempo ciclo (TC) de operação em 25 segundos, resultado numa capacidade real de 1.965, justificando a necessidade de horas extras para atender um plano de aproximadamente 2.200 peças.

4.2.8 Impacto sobre a linha de produção

Para analisar quanto da produção está “sendo perdido” (sem haver produção), a equipa do projeto avaliou o número de unidades não produzidas em relação ao que deveriam estar sendo pela capacidade planeada (referência no item 4.2.3) e a capacidade encontrada (referência no item 4.2.7), conforme demonstra a Tabela 5.

Tabela 5: Cálculo com número de unidades não produzidas

Cálculo do número de peças não produzidas		
Descrição	Valores	Unidade
Capacidade Planeada	2.352	Peça
Capacidade encontrada	1.965	
Diferença	387	

O valor total das unidades não produzidas na linha é de 387 peças diariamente, referentes à diferença entre 2.352 e 1.965, representando aproximadamente (16,44%) do valor total. A Tabela 6 demonstra a avaliação do total de perdas, calculando o valor encontrado de perdas pelo total de dias trabalhados.

Tabela 6: Cálculo do total de perdas na linha de produção

Perdas de produção na linha referente ao primeiro semestre de 2014 (em peças)							
Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	TOTAL
Dias de trabalho	23	24	22	24	24	25	142
Plano de produção	387	387	387	387	387	387	
Total	8.895	9.282	8.508	9.282	9.282	9.668	54.917

O valor total de 54.917 é referente aos 142 dias de trabalho na linha no primeiro semestre de 2014.

4.2.9 Custos associados às falhas

Para tornar mais claro o impacto destas perdas, a equipa realizou os cálculos dos valores associado a este desperdício.

Na Tabela 7 é avaliado o total de perdas monetárias referentes às peças não produzidas, calculando as perdas totais pelo valor de cada unidade, que custa € 6, encontrado o montante das perdas pelas peças não produzidas na linha no primeiro semestre de 2014.

Tabela 7: Cálculo do valor total perdidos pelas unidades não produzidas

Cálculo do valor total de peças não produzidas		
Descrição	Valores	Unidade
Custo da peça	€ 6	Euro
Total de perdas	54.917	Peça
Montante	€ 329.499	Euro

De acordo com a avaliação dos valores em euros das unidades não produzidas na linha, o valor total representa € 329.499, no primeiro semestre de 2014.

4.2.10 Cálculo do sigma atual e *target*

Para finalizar a fase de medição, será calculado o valor do sigma do processo. Este mensura o desempenho em função do número de defeitos produzido pelo número de oportunidades. O valor é encontrado no número de peças não produzidas é de 387 (total de falhas) em comparação ao total produzido 2.352 (número de oportunidades), referências no item 4.2.8. A Tabela 8 apresenta o cálculo do sigma atual (cálculo foi realizado utilizando a equação do *software* da empresa), sendo utilizada a tabela da empresa.

Tabela 8: Cálculo do nível do Sigma atual do processo

Cálculo do Sigma Atual					
Dados Recolhidos		De:	06/01/2014	Até:	07/03/2014
Defeitos	Unidades	DPU	Oportunidades	DPMO:	Nível Sigma:
387	2.352	0,1644	1	164.429	2,48

O sigma atual encontra é 2,48, com um desempenho de 83,56%. A equipa do projeto almejando melhorar o desempenho do processo e aumentar o valor do sigma estimou como meta, uma redução do número de falhas (peças não produzidas) para 139 peças, aproximadamente um terço do valor atual. A Tabela 9 apresenta os cálculos.

Tabela 9: Cálculo do nível do Sigma como meta para processo

Cálculo do Sigma Meta					
Dados Recolhidos		De:	00/01/1900	Até:	00/01/1900
Defeitos	Unidades	DPU	Oportunidades	DPMO:	Nível Sigma:
175	2.352	0,0743	1	74.273	2,94

O valor do sigma *target* é 2.94.

4.3 FASE DE ANALISAR

A terceira fase do método DMAIC, tem a finalidade de identificar as causas do problema estudado. O objetivo é relacionar fatores do processo que causam variações nas operações e que potencializam a ocorrência de falhas no sistema produtivo, influenciando na eficiência da linha.

4.3.1 Identificação das Causas Raiz

Na fase anterior foram avaliadas 4 categorias, que causam impacto na eficiência dos processos: qualidade, ajustes, avarias e outras formas de paragens.

Para identificação da causa raiz do problema foi realizado um levantamento, junto a profissionais cujas funções são diretamente ligadas à linha de produção (operadores, líderes e o chefe do setor).

As causas foram enumeradas pelo método de discussão de ideias *Brainstorming*. O levantamento permitiu encontrar possíveis causas do problema.

4.3.1 Descrição dos principais problemas encontrados

O método para listar as causas foi o diagrama de causa e efeito, pois a ferramenta facilita a ordenação das categorias, sendo divididas em seis grupos (Máquina, Método, Medida, Meio Ambiente, Material e Mão-de-Obra).

Os problemas foram analisados por categoria, permitindo melhor entendimento com estes afetam o processo.

A Tabela 10 apresenta os problemas observados na análise de qualidade.

Tabela 10: Causas dos problemas de qualidade

Problemas de Qualidade	
Itens	Descrição
Máquina	Excesso de setup causam muitas perdas em teste de dimensional
	Tipo de tecnologia realiza ajustes utilizando peças
	Dispositivos pesados dificultam a precisam nos ajustes
Mão-de-obra	Ajustes mau executados
	Muito esforço dos operadores no posicionamento do dispositivo
	Operador faz a regulagem do dispositivo de forma manual
Método	O acúmulo de material causa falhas de acabamento
	Precisão dos ajustes dependentes de esforços dos operadores
	Transporte utilizando carrinhos metálicos
Material	Excesso de movimentação causa avaria na peça
	O acúmulo de material causa falhas de acabamento
Medida	Os ajustes demoram quando necessitam da medição na tridimensional
Meio ambiente	O layout permite deslocamentos dos produtos em carrinhos

A Tabela 11 apresenta os problemas observados na análise de ajustes.

Tabela 11: Causas dos problemas com ajustes

Problemas com Ajustes	
Itens	Descrição
Máquina	Falta de flexibilidade
	Altos tempos de setup
	Fixação dos dispositivos difícil de ser realizada
Mão-de-obra	Baixa precisão na regulagem dos dispositivos
	Fadiga (hora extra)
Método	Método de ajustes causa desgastes físicos dos operadores
	Falta padrão nas atividades de setup
Material	Muitos materiais perdidos em ajustes de parâmetros
Medida	Demora na medição das peças para ajustes de máquinas

A Tabela 12 apresenta os problemas observados na análise de avarias.

Tabela 12: Causas dos problemas de avarias

Problemas de Avarias	
Itens	Descrição
Máquina	Excesso de mudanças nos parâmetros da máquina
	Tipo de tecnologia projetada para manterem seus parâmetros
	Desgaste natural dos dispositivos devido ao excesso de ajustes
Mão-de-obra	Ajustes realizados pelos operadores mau executados
	Baixa motivação
Método	Não observação das mudanças em parâmetros antes de setup
	Ajustes nos processos sem verificação das condições da máquina
Medida	Demora nos registros de paragens
Meio ambiente	Longa distância percorrida da manutenção até a linha

Os problemas relacionados às outras formas de paragens apresentam como fatores condições em que não se enquadram nos seis tipos causas utilizados para fazer a listagem, para um melhor detalhamento, necessita de mais tempo para análise com maior aprofundamentos dos reais motivos, não sendo escopo deste trabalho. Os principais mecanismos utilizados pela empresa para evitar estas condições:

- Gerador para evitar qualquer paragem de produção por até 8 horas de produção, sem energia;
- Abertura de negociações com os sindicatos de forma a evitar greves ou paralisações;
- Reuniões de caráter informativo aos interesses dos funcionários são realizadas no início do mês abrindo condições para correções de possíveis atrasos na produção.

Após identificar o conjunto de causas potenciais, foi desenvolvida uma análise das atividades relacionadas com o problema em estudo, sendo descritas a seguir.

4.3.2 Levantamento sobre o processo

4.3.2.1 Processo de maquinagem

O processo que se apresenta como gargalo, consiste em utilizar uma broca específica para um determinado tipo de material e realizar a furação (o seguinte rosqueamento também apresenta o mesmo princípio de funcionamento, sendo a única mudança, que a broca possui chanfros para produzirem os filetes da rosca). O processo não apresenta nenhuma condição diferente que cause algum fator que comprometa ou que dificulte sua execução.

4.3.2.2 Tempos das operações

Mesmo com a entrada de novos modelos, as especificações das máquinas e condições dos processos continuam iguais. Foram avaliados os tempos de operação e sua sequência, encontrando-se de acordo com o especificado pela engenharia de processos, dentro dos padrões e condições especificadas.

4.3.2.3 Operadores

Foram também avaliadas as habilidades de trabalho do operador, buscado encontrar técnicas ou métodos de trabalhos errados ou com mau desempenho. As análises não evidenciaram falta de conhecimento do processo, constatando que a capacidade técnica corresponde às necessidades para o desenvolvimento das atividades nos posto de trabalho.

4.3.3 Levantamento das atividades relacionadas ao processo

4.3.3.1 Setup

Foram levantadas informações sobre o desenvolvimento das atividades e foi constatado o aumento do número exigido de setups diários, saltando de 5 para 8. O resultado é a maior indisponibilidade do maquinário para o trabalho. Esta situação não só torna difícil planejar suas programações de produção como interfere diretamente na sua capacidade produtiva.

O tempo de *setup* é gasto com a seguinte sequência de operações: desmontagem, montagem e ajustes executados para realinhamento aos padrões de dimensional do novo produto, conforme descrito a seguir:

- A atividade é realizada pela retirada do dispositivo, limpeza do local, posicionamento do dispositivo do novo modelo no local de fixação, os ajustes ocorrem no reposicionamento do dispositivo na posição adequada de fixação;
- Para confirmação da eficácia da troca é produzida uma peça para leitura dimensional. Caso não esteja dentro das especificações o dispositivo será reajustado (reposicionado) e outra peça deverá ser produzida;
- Como é utilizado um operador para cada duas máquinas na preparação de troca de modelos, a outra fica parada também durante estas atividades.

4.3.3.2 Ajustes

Os ajustes são pequenas intervenções do operador para correções de algum problema, sendo necessário parar a máquinas, mas sem acionar a manutenção.

Os ajustes visam corrigir problemas ou situações que comprometam a qualidade do processo como: interferência nos contatos de fixação, instabilidade na fixação da peça, travamento dos componentes,

erros no posicionamento, ou seja, qualquer condição que interfiram no alinhamento das referências de maquinagem da peça.

Na análise dos tempos gastos com ajustes, verificou um crescimento considerável, pois o aumento do número de *setups* provoca necessidade de ajuste dos parâmetros da máquina. Esta situação aumenta a exposição de dispositivos e componentes a esforços mecânicos nos ajustes das fixações, causando desgastes, comprometendo seu desempenho. Estas trocas tornam as máquinas mais suscetíveis a falhas (gerando necessidade de ajustes) e originando paragens que causam perdas na eficiência dos processos. Na análise da atividade, verificou-se que estes problemas diminuem a precisão dos ajustes nos dispositivos, pois dependem do posicionamento preciso entre a referência e a superfície a ser maquinada, as quais devem estar adequadas e suficientemente rígidas, para aguentarem as forças exigidas nestas atividades, evitando distorções e erros, tão característicos nos processos de maquinagem. Os ajustes são realizados para as máquinas retornarem as condições adequadas de trabalho, com as referências e apoio satisfazendo o Princípio da Coincidência de Referências (PCR). As atividades são realizadas nas partes que causam o desalinhamento como: dispositivo, máquina, ferramentas ou peça. A avaliação dos itens que sofrem ajustes:

- Dispositivos de posicionamento e fixação: O dispositivo deve garantir o posicionamento da peça em relação as referências, as ferramentas e as superfícies do dispositivo. Deve manter a peça firme na posição sob ação das forças de maquinagem sem danificar a peça e ainda garantir o acesso das ferramentas;
- Ferramentas: O posicionamento da ferramenta devem evitar inclinações e potenciais danos pelos desgastes, que diminuem a vida útil da mesma e prejudicam a saída de lascas;
- Peças: Verificar falhas de forma, erros dimensionais, alteração de dureza e outras características mecânicas das peças;
- Máquina: Verificação dos parâmetros de funcionamento do processo e condições de trabalho, como: fluido, refrigerante, velocidade de corte, avanço, profundidade e condições hidráulicas e pneumáticas.

As falhas destes itens causam: erro dimensional, geométrico, desgaste de ferramentas, mau acabamento, dificuldades na remoção das lascas. Os fatores que originam estas falhas e que devem ser verificadas são:

- Condições de fixação: Verificar se não há elementos entre as faces de contatos dos fixadores, que possam causar ligeiro inclinação, cujo plano precisa estar em paralelo, da peça com o dispositivo;
- Erros de precisão: Verificar a centralização do dispositivo em relação à locação da peça de modo que encaixe esteja na posição correta, garantindo a precisão entre às ferramentas e a máquina;
- Condições de ajustes: Verificar o funcionamento do sistema de fixação da peça, pois se o dispositivo não exerce a força necessária sobre a peça a operação de maquinagem fica comprometida e o produto final não apresenta as medidas corretas.

Após a análise a equipa do projeto verificou que as principais causas que contribuem para o problema estão diretamente relacionadas ao *setup* e o método de trabalho realização desta atividade, cuja precisão dependente dos fatores humanos empregados nos ajustes de dispositivos.

4.3.4 Matriz Causa-Efeito

Após identificar os fatores que influenciam no processo, a equipa elaborou uma matriz Causa e efeito, para dimensionar o potencial dos impactos das ações de melhorias sobre estes efeitos (excesso de paragens para ajustes).

A técnica permite classificar (pela pontuação nos itens avaliados) e priorizar causas. Os pontos críticos serão o foco do estudo na próxima fase de melhoria. A matriz da Tabela 13 foi realizada seguindo estes critérios:

- Itens: As causas identificadas no diagrama da análise do processo, cujas características mais influenciam nos resultados do processo;
- Avaliação: gravidade, necessidade e benefícios;
- Pontuação: a pontuação varia de 0 a 5 aumentam conforme sua importância.

Tabela 13: Matriz de Causa e Efeito

Matriz Causa & Efeito						
Pontuação de 0 a 5		Y1	Y2	Y3	Total	Priorização
Item	X's	Gravidade	Necessidade	Benefícios		
X1	Falta de Flexibilidade	4	5	5	100	1º
X2	Altos Tempos de Setup	4	4	5	80	2º
X3	Falhas e Quebras de Equipamentos	4	4	4	64	3º
X4	Precisão nas trocas de modelos dependente do operador	4	3	4	48	4º
X5	Excessivo desgastes de dispositivos	3	3	5	45	5º
X6	Layout propicia movimentação entre postos	3	3	5	45	6º
X7	Espaço destinado a armazenagem de WIP	3	2	4	24	7º
X8	Método de setup que causa desgastes físicos ao operador	3	2	3	18	8º
X9	Método inadequado de fixação dos dispositivos	3	2	3	18	9º
X10	Falta de padronização nas atividades de setup	3	2	3	18	10º

Após o resultado da ordenação das causas, identificaram-se as que mais contribuem para o problema.

4.3.5 Informações extraídas das análises

Ao concluir a fase de análise foi possível verificar que as falhas nas operações da linha estão relacionadas aos excessos de ajustes e consequentes perdas que trazem estas atividades que não agregam valor e contribuem para baixa produtividade do sistema produtivo da linha.

Considerando este fato o planeamento das melhorias na fase posterior terá seu foco em ações que apresentarem maior impacto nestes quesitos específicos.

4.4 FASE DE MELHORAR

A quarta fase do método DMAIC, tem a finalidade de definir soluções para os problemas encontrados no processo. O objetivo é planejar propostas de melhoria que permitam reduzir ou eliminar as causas que contribuem para falhas nas operações.

Esta secção é dedicada à análise e implementação de melhorias que visam reconfigurar as operações, cujos principais problemas estão relacionados com as atividades de *setup*. As ações implementadas visam aumentar a eficiência dos processos e tornar o sistema mais produtivo.

4.4.1 Análise para nova configuração das atividades de *setup*

Para melhorar as atividades de *setup* a equipa de projeto elaborou uma análise dos processos cuja finalidade é desenvolver contramedidas que (resolvam os problemas encontrados) e possibilitem a redução do tempo despendido na troca de modelos. É do interesse da nova direção, utilizar nos projetos de melhorias alternativas tecnológicas para modernizar seu parque fabril, ou que possibilitem alcançar melhores resultados. Tendo em vista contemplar os objetivos do projeto e as estratégias da empresa, as propostas foram selecionadas, de modo que correspondam aos dois interesses. O planeamento tem foco no desenvolvimento de ações que diminua os elevados tempos de *setup*, mas possam também oferecer oportunidades que tornem o sistema mais produtivo.

4.4.1.1 Análise da características das operações gargalos

Conforme levantamento realizado na fase de medição a principal fonte dos problemas encontrados está relacionada as operações de furos e roscas (referência no item 4.2.5).

É fundamental uma análise para verificar quais mudanças serão necessárias para a eliminação das principais causas dos problemas. A análise visa entender as características técnicas e padrões de trabalho desses equipamentos. Os pontos levantados sobre os equipamentos são:

- Finalidade: São máquinas cuja função principal é executar furos, utilizando um motor de alta rotação com uma ou várias brocas, removendo o material desejado;
- Utilidade: Os equipamentos são utilizados para diversas operações como furação, rosqueamento e abertura de rasgos;
- Característica técnica dos equipamentos (troca de modelo): o principal aspecto nos setups é a dificuldades da realização rápida destas atividades, pois as peças encontram-se na bancada da máquina, sendo larga e pesada. A peça é fixada no dispositivo de sujeição, que precisa ser ajustado manualmente, necessitando de tempo de regulação, ajustando o reposicionamento, após troca de algum modelo.

Após a avaliação dos aspectos de trabalho desses equipamentos é necessário compará-los com as necessidades das operações, tendo um aumento da gama operacional, ocasionado pela entrada de novos produtos da linha (referência no item 4.2.6). O resultado destas condições:

- Necessidades do processo: precisa de flexibilização para realização de constantes trocas de modelos, devido o recente aumento no número de modelos da linha, sendo requeridas diariamente.
- Resultado: aumento do tempo gastos nestas atividades, diminuindo a disponibilidade das máquinas ao trabalho e expondo a número maior de ajustes, dependentes do fator humano na sua precisão.

4.4.2 Estabelecimento de padrões para melhoria

Os problemas encontrados nos *setups* estão relacionados à variação destas atividades, contribuindo de forma significativa para o aumento das atividades que não agregam valor (retrabalhos, ajustes, movimentação desnecessária e tempos de espera).

Os tempos elevados e variações nas operações da linha obriga a equipa do projeto a busca por melhorias que padronizem as trocas de modelos, melhorando as condições de trabalho. O planeamento das ações segue esta sequência:

- Avaliar alternativas para melhorar os *setups* nas operações de furos e roscas;
- Melhorar o desempenho das operações, atendendo as necessidades das programações;
- Padronizar as operações (Sistema de produção) de forma a permitir a identificação das atividades dos operadores;
- Eliminar stocks intermediários;
- Evitar manuseios e movimentação dos produtos dentro da linha.

Com o objetivo de implementar as ações que melhor correspondam às necessidades da empresa, foram comparadas as vantagens e desvantagens das propostas. A prioridade é implementar as melhorias que possibilitem diminuir o tempo de *setup* ou reduza o número de troca dos modelos. A ideia é eliminar a dependência por ajustes para regulagem dos parâmetros das máquinas.

4.4.3 Comparação entre as oportunidades de melhoria

A maioria dos projetos desenvolvidos com problemas nesta área busca de certa forma, aperfeiçoar a atividade de *setup*, contudo o intuito da equipa é avaliar o potencial de cada proposta.

Para analisar quais vantagens que cada proposta traz ao projeto (SMED e Troca de tecnologia). As alternativas foram comparadas:

- SMED: é uma técnica utilizada para diminuir os tempos de *setup*, atuando nas atividades de preparo de máquina, antes de desligar a máquina, reduzindo o tempo total. Porém apresenta limitações como reduzir somente uma porcentagem do tempo e também por não atuar nos rejeitos do arranque de máquinas;
- Troca de tecnologia: a troca de modelo é realizada somente pela troca de programas, não existindo a necessidade de ajustes nos dispositivos das máquinas, apresenta também um índice de rejeição inferior a 1%.

4.4.3.1 Análise da proposta SMED

A SMED se caracteriza por ser uma metodologia de fácil implementação, seguindo seus estágios para implementação. A melhoria é alcançada pela a divisão das atividades no *setup* em interno e externo, no externo são colocadas todas as atividades que podem se realizadas enquanto a máquina ainda está trabalhando e interno as atividades quando a máquina esta desligada.

O resultado é a padronização das atividades e conseqüente redução do tempo despendido. As principais vantagens:

- Método fácil de ser implementado;
- Não necessita de investimento (somente pequenas aquisições ou adpatações).

As desvantagens são:

- A metodologia SMED se caracteriza por somente reduzir uma parte do tempo das operações de *setup*, pois no problema atual apresenta um número alto de trocas de modelos;
- A principal limitação da metologia esta na abordagem que não promove uma análise mais técnica que se aprofunde na melhoria de ajustes/precisão. Desta forma permite a

continuidade da utilização de esforço físico no reposicionamento dos dispositivos, que apresentam variação no tempo utilizado não melhorando o ambiente de trabalho;

- Outro ponto analisado é o fato da sua atuação ser somente nos *setup* das operações, tendo a linha apresentado outros problemas como: movimentação dos operadores, fluxo não contínuo. Esta limitação não permite melhorar as condições dos processos para tornar o sistema mais produtivo.

4.4.3.2 Nova tecnologia (CNC)

A tecnologia sugerida para avaliação e concepção do novo *layout* é o CNC. Estes são praticamente robôs de maquinagem, apresentando uma gama de recursos capazes de suprir as necessidades exigidas nas melhorias das operações. A Figura 33 ilustra o novo equipamento.



Figura 29: Nova tecnologia CNC

A nova tecnologia corresponde aos requisitos para reconfiguração dos processos, pois realizam trocas de modelos somente pela mudança de programas. Possibilita também eliminar a abertura das máquinas para ajustes de dispositivos e conseqüentemente os esforços físicos dos operadores nestas operações.

Foram levantadas as performances das máquinas para comparação das soluções e estabelecimentos dos indicadores das melhorias. A Tabela 14 apresenta as metas estabelecidas.

Tabela 14: Metas para implementação da nova tecnologia

Metas da Implementação da CNC			
Descrição	Atual	Meta	Unidades
Tempo de Setup	20	5	minuto
Rejeição	3,90%	1,00%	Porcentagem
Eficiência	64,99%	80,00%	Porcentagem
Capacidade	2.352	2.822	Peça

Avaliação das características técnicas do CNCs, apresentou os seguintes resultados. Principais vantagens:

- As ações nas trocas de modelos são consideravelmente reduzidas, sendo somente realizada troca de programas, diminuindo o tempo de paragem de máquina e evitando esforços físicos dos operadores;
- A tecnologia possui uma torre rotativa, utilizando várias ferramentas de forma sequencial, permitindo agrupar operações e possibilitando reduzir o número de equipamentos e mão-de-obra;

- Possibilita também a reconfiguração dos processos ao realizar múltiplas operações no mesmo equipamento, suprimindo as necessidades de flexibilização, ocasionados pela entrada de modelos, cada vez mais complexos.

As principais desvantagens:

- Alto valor no investimento;
- Treinamentos específicos para operar os equipamentos.

4.4.3.3 Seleção da proposta de melhoria

Ao serem avaliadas as propostas, o emprego da nova tecnologia traz maiores benefícios em relação aos seguintes aspetos: redução do tempo de *setup*, diminuir as perdas com ajuste dos dispositivos e manutenção não planeada. A nova tecnologia também proporciona agilidade ao produzir vários modelos com o mesmo dispositivo, sem necessidade de abertura de máquina, sendo a troca de ferramentas realizada de forma automática e com maior precisão nas operações de maquinagem, diminuindo assim o refugo. O colaborador também poderá dedicar maior tempo na operação das máquinas, reduzindo as atividades que não agregam valor.

4.4.3.4 Resultado encontrado

Como resultado da avaliação a nova tecnologia é a opção que melhor corresponde aos requisitos pretendidos no projeto, pois possibilita não somente diminuir o tempo utilizado no *setup*, mas combater atividades que o cliente não paga, como os ajustes, falhas na execução das operações e excesso de movimentações.

A proposta traz como principais impactos ao sistema realizar: a troca de modelos de modo mais rápido, melhor ambiente de trabalho, eliminando os esforços físicos dos operadores nas regulagens dos

dispositivos, maior precisão nas operações de maquinagem, reduzindo o índice de defeitos e por último o agrupamento das operações, reduzindo o número de equipamentos na linha. A Tabela 15 ilustra o resultado das comparações.

Tabela 15: Diferenças entre as duas oportunidades de melhoria

Comparação das proposta de melhoria		
Itens	SMED	Tecnologia CNC
Vantagens	Reduz os tempos de Setup	Reduz os tempos de Setup
	Padroniza as atividades	Reduz o índice de rejeição
	Sem investimento	Reduz os Tempos dos processos
		Oferece uma gama operacional maior
		Permite agrupar processos
Desvantagens	Só atua nos setup	Auto investimento
	Não muda as condições de trcas dos dispositivos	Necessita de treinamento da mão de obra
	Não ofecere condições de mudanças a outros problemas da linha	

Na avaliação, o resultado do uso dos CNC, contempla mais requisitos para o desenvolvimento de um novo *layout*.

A nova tecnologia oferece grandes vantagens na reestruturação dos processos, podendo furo e rosca serem processados na mesma máquina, diminuindo a quantidade de equipamentos utilizados. Também propicia o rearranjo dos espaços físicos, organizando a linha com uma melhor distribuição das operações.

Após comparar as proposta a equipa de projeto seguirá com a mudança de tecnologia, pois apresenta com maior potencial de resultado (o capítulo 5 contempla a avaliação económica/financeira), contemplando o interesse estratégico da nova diretoria.

4.4.3.5 Análise do impacto dos novos recursos dos equipamentos

A implantação de novos equipamentos na linha permite uma rápida mudança da situação atual se apresentando como uma ação eficaz nas correções dos problemas encontrados.

Viabiliza e organização do fluxo de forma sequencial no novo *layout*, permite uma melhor divisão dos postos de trabalhos, atribuindo aos colaboradores funções clara, com posicionamento definido mesmo na produção de modelos diferentes.

O aspeto mais relevante é a sua flexibilidade, pois este tipo de equipamento realiza troca de ferramentas sem a necessidade de parar a máquina, também pode armazenar na sua torre rotativa até 21 ferramentas. Este tipo de maquinário consegue trabalhar em três eixos sem necessidades de ajustes.

4.4.3.6 Análise da implementação dos novos equipamentos na linha

A nova máquina possui características técnicas semelhantes a outros equipamentos já existentes no departamento, por isso já existia toda a estrutura de suporte à tecnologia adotada na linha.

A empresa já possui em seu quadro de funcionários operadores com cursos de treinamentos em CNC, não existindo necessidade de contratação de mão-de-obra específica, utilizando os mesmo operadores da linha.

O departamento também possui um setor responsável pelo suporte técnico a produção, implementando novos equipamentos, ou novas operações, chamado de Grupo Técnico, sendo encumbido de desenvolver os novos programas para máquina CNC do departamento, sendo elaborados conforme ilustra a Tabela 16.

Tabela 16: Datas da elaboração dos programas e testes dos novos equipamentos

Desenvolvimento dos programas para os CNC				
Modelos	Análise de dimensional / Programação		Tryout	Teste de dimensional
	Início	Término		
HA	15/06/2014	16/06/2014	16/06/2014	17/06/2014
HB	16/06/2014	17/06/2014	17/06/2014	18/06/2014
HC	17/06/2014	18/06/2014	18/06/2014	19/06/2014
HD	18/06/2014	19/06/2014	19/06/2014	20/06/2014
HE	19/06/2014	20/06/2014	20/06/2014	22/06/2014
YA	20/06/2014	22/06/2014	22/06/2014	23/06/2014
YB	22/06/2014	23/06/2014	23/06/2014	24/06/2014
YC	23/06/2014	24/06/2014	24/06/2014	25/06/2014

Além disso, oferecem todo suporte na adaptação da produção em relação a novos processos, como acompanhamento da produção, monitorando os resultados atingidos e avaliando a configuração que traz o melhor desempenho ao equipamento: programa, ferramenta, dispositivo e tipo de peça.

Por ultimo, não houve registo de qualquer problema, nem resistência dos operadores quando a nova operação, sendo acompanhada pelo setor de engenharia de processos, desde dos primeiros dias de operação. Os principais aspetos no planeamento para instalações das máquinas foram:

- Operadores: operadores do equipamento necessitam de cursos de operação em máquina CNC, sendo utilizado o pessoal da própria linha, que possuíam esta qualificação. A empresa ofereceu apoio e acompanhamento nestas novas funções;
- *Software*: é o mesmo existente em outras máquinas, já havendo toda estrutura no Grupo Técnico para utilização ou manutenção das programações e sistema;

- Programação: esta é realizada pela Grupo Técnico, onde se encontram os programadores especializados;
- Novos dispositivos: estes foram adquiridos, sendo mais caros, mas necessitando de apenas um para todos os modelos;
- Manutenção: o departamento de manutenção tem experiência neste tipo de equipamento e oferece cursos de aperfeiçoamento aos seus funcionários, garantindo o suporte necessário para o bom desempenho do equipamento;

4.4.4 Planejamento da implementação das melhorias

A equipa de projeto buscou não somente utilizar a nova tecnologia, mas padronizar as atividades desenvolvidas nos processos. A implementação será realizada conforme a seguinte sequência:

- Capacitar as operações, de modo que trocas de modelos não comprometa a capacidade;
- Avaliar a capacidade das operações de acordo com a demanda;
- Refazer o balanceamento da linha;
- Analisar o reposicionamento das operações no *layout*.

4.4.4.1 Itens considerados nas ações de melhorias

A reestruturação contempla as necessidades técnicas levantadas na fase anterior. Sua implementação traz significativa mudança no forma de trabalho como:

- Fluxo: Na análise do *layout*, as operações dos furos e roscas demonstram-se dispersos dentro da linha. Estas serão reposicionadas, permitindo um fluxo contínuo, eliminando movimentação e esperas;

- Redução do tempo de *setup*: Corrigir as falhas encontradas na realização destas operações, diminuindo o tempo de *setup* que atualmente é de 20 minutos;
- Nova capacidade produtiva: O agrupamento das operações irá alterar os tempos das operações, podendo apresentar novos gargalos;
- Redução do WIP: O novo reposicionamento das operações permite a eliminação da movimentação dos operadores e evita a criação de stocks intermediários em carrinhos;
- Redução da rejeição: A implementação da tecnologia CNC, possibilita reduzir o alto índice de rejeição no arranque do processo, após a troca de modelos.

4.4.4.2 Escolha do maquinário

Com o objetivo de não empregar mais tempo do projeto analisando vários tipos de equipamentos, a equipa consultou a matriz, pois outras máquinas com a mesma finalidade são utilizadas nas linhas de produção do cilindro externo, modelos utilizados no Japão, não necessitando de testes e desenvolvimentos de parâmetros.

4.4.4.3 Características técnicas

Características da máquina: Aceleração e desaceleração como o controle de 30 blocos no modo (AICCI). Desta forma a peça pode ser produzida de forma rápida e precisa. Apresentando os seguintes destaques:

- Mecanismo rápido e confiável troca de ferramenta;
- Tempo de mudança de ferramenta chip de 1,6 s para chip;
- Torre rotativa com 21 ferramentas;
- Tecnologia utilizando servo motores com 16.000.000 pulsos/revolução.

4.4.4.4 Identificação e divisão de produtos na linha

Apesar de apresentar famílias de produtos, os novos equipamentos permitem agrupar processos de famílias diferentes, não sendo necessário realizar uma divisão.

A flexibilidade dos equipamentos agrega à linha a capacidade de realizar operações de produtos diferentes nos mesmos equipamentos, necessitando apenas de pontos de referência semelhantes no mesmo dispositivo, não havendo necessidades de troca dos mesmos. Com estas características observadas, o próximo passo é realizar o agrupamento das operações.

4.4.4.5 Agrupamento das operações

Sem a necessidade de agrupar os processos por famílias, tornou-se possível agrupar os processos por operações. Assim, as operações definidas para equipamentos foram furo e rosca dos produtos. O agrupamento obedece à premissa de todos os furos e rosca serem realizados nos novos equipamentos, conforme ilustra a Figura 30.

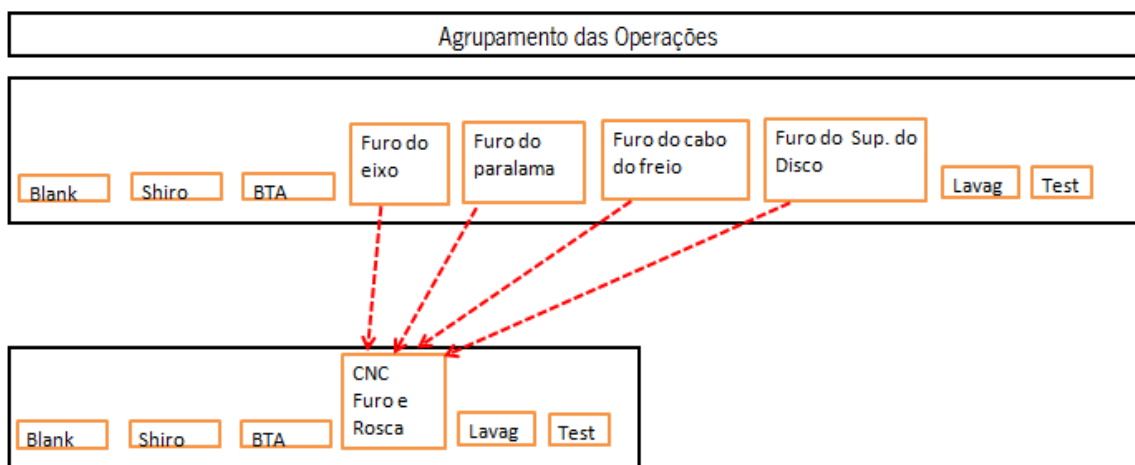


Figura 30: Agrupamento das operações nos CNC

4.4.4.6 Takt Time

Para analisar os tempos das operações e verificar a quantidade necessária dos equipamento, foi calculado o *Takt Time* (TT), número de operadores e novo balanceamento da linha. Para se obter uma folga de capacidade perante a demanda, a meta estabelecida pela direção é uma produção de 2.500 peças/diárias. Cálculo logo abaixo:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Total\ Disponível\ por\ dia}{Quantidade\ da\ Demanda} = \frac{75.600}{2.500} = 30,24\ seg$$

Após o cálculo realizado o tempo de 30,24 segundos para atender a demanda.

Foram registrados os tempos obtidos nos testes realizados nos equipamento, onde são agrupados as operações de furo e rosca, conforme demonstrado a Tabela 17.

Tabela 17: Tempos registros nos testes dos novos equipamentos

Tempos registrados no CNC		
Modelos	Tempos registrados	Unidades
HA	56,5	Segundo
HB	57,5	
HC	58,0	
HD	58,0	
HE	58,0	
YA	58,0	
YB	58,5	
YC	59,0	

Os equipamentos apresentaram média de aproximadamente 60 segundos, sendo necessários 2 equipamentos para um tempo ciclo (TC) de 30 segundos, satisfazendo a demanda. Com este tempo, os novos gargalos são agora a operação de *Shiro* com 31 segundos.

4.4.4.7 Balanceamento da linha e novos postos de trabalho

Estas novas condições oferecem a oportunidades de elaborar uma nova configuração que permita obter um melhor resultado. O acréscimo de 4 máquina, possibilita ampliar a capacidade dos processos, tornando a linha atual em duas. Os cálculos foram realizados para 2 turnos comerciais.

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Total\ Disponível\ em\ dois\ turnos}{Quantidade\ da\ Demanda} = \frac{58.800}{2.500} = 23,52\ seg$$

A configuração deste novo balanceamento. A Figura 31 demonstra os tempos.

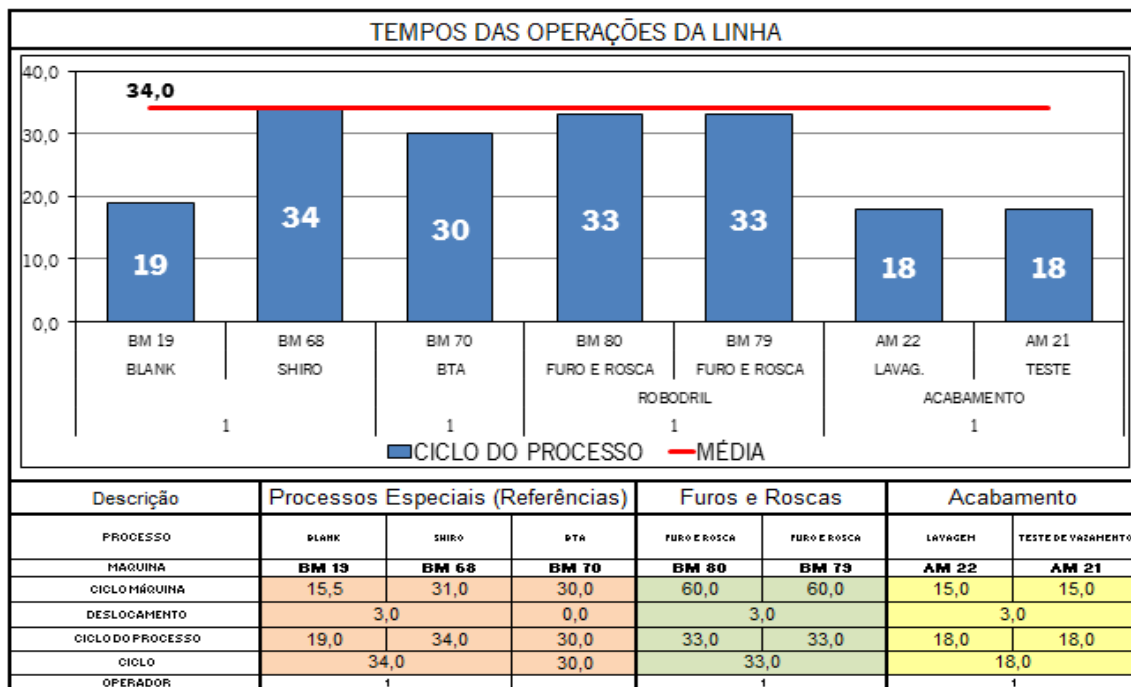


Figura 31: Novos tempos de processos da linha

A utilização de 2 máquinas por processo, torna possível esta configuração do sistema produtivo. O resultado do *Takt Time* (TT) em 2 turnos é de 23,52 segundos para atender a demanda, sendo atendido por 4 máquinas, com um tempo aproximado de 15 segundos.

Há necessidade do aumento da mão-de-obra para 8 operadores por turno, 4 para cada linha, mas as novas condições de trabalho, permitem a redução de um turno de trabalho, mesmo com o aumento da mão-de-obra por turno, o total diminui em 5 operadores, pois atual utiliza 21 distribuídos em 3 turnos com 7.

4.4.4.8 Mudanças no *layout*

Após as definições das melhorias foram analisadas as mudanças para novo *layout*. Para o acréscimo de 4 equipamentos, outras operações também precisam de ter as capacidades produtivas aumentadas. A Figura 32 ilustra as mudanças.

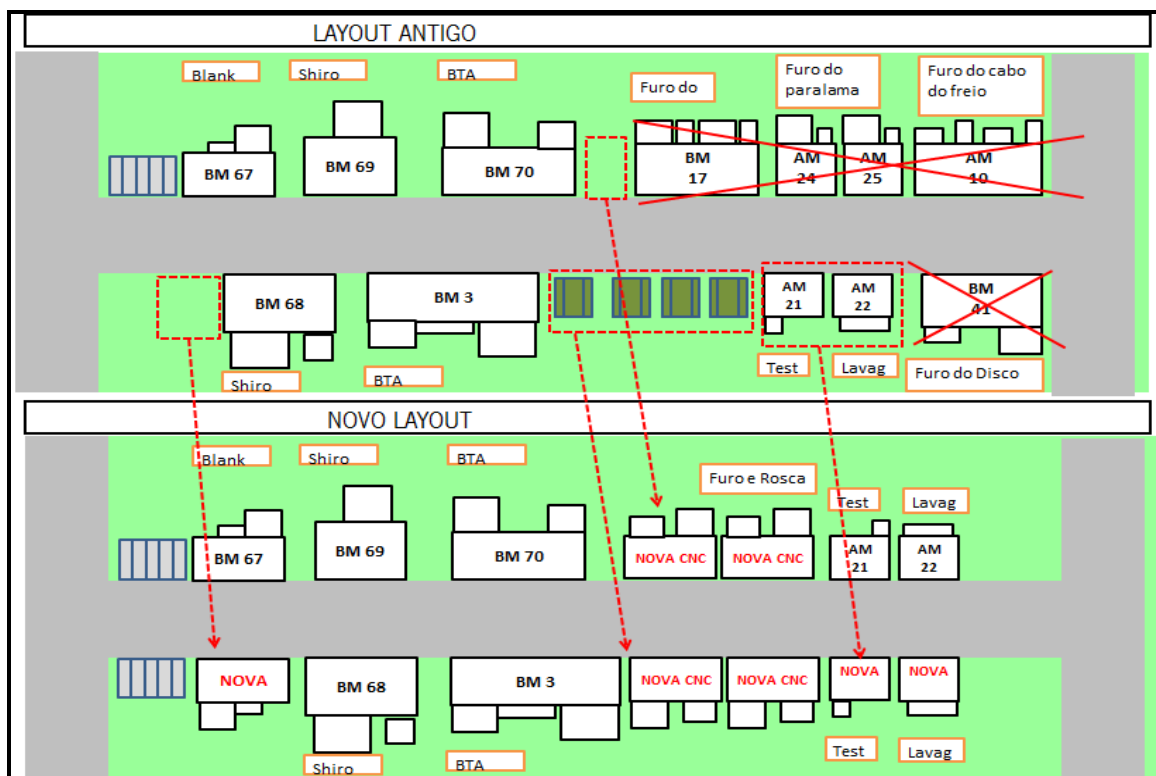


Figura 32: Nova tecnologia CNC

No início do processo só existe uma máquina de operação inicial de *Blank*, e no final da linha e existe somente uma maquina para lavagem e outra para teste, necessitando serem duplicados para completar a divisão da linha. Os espaços destinados a stocks intermédios foram eliminados, as maquinas com traços também foram retiradas para entrada dos novos equipamentos. Estas medidas readequam as operações, atendendo os tempos da nova divisão de postos de trabalho.

4.4.4.9 Balanceamento da linha e novos postos de trabalho

Os tempos registrados agrupando as operações de furo e rosca, para atender a demanda são necessários 3 equipamentos. Mas as condições da situação oferecem a possibilidade de elaborar outra configuração que permite obter um melhor resultado. Ao serem acrescentadas 4 máquinas, cria-se a possibilita de ampliar a capacidade dessas operações e tornar a linha atual em duas. A distribuição de 2 máquinas por operação de furo e rosca, torna possível esta configuração deste sistema produtivo na linha. A Figura 33 ilustra a nova distribuição na linha.

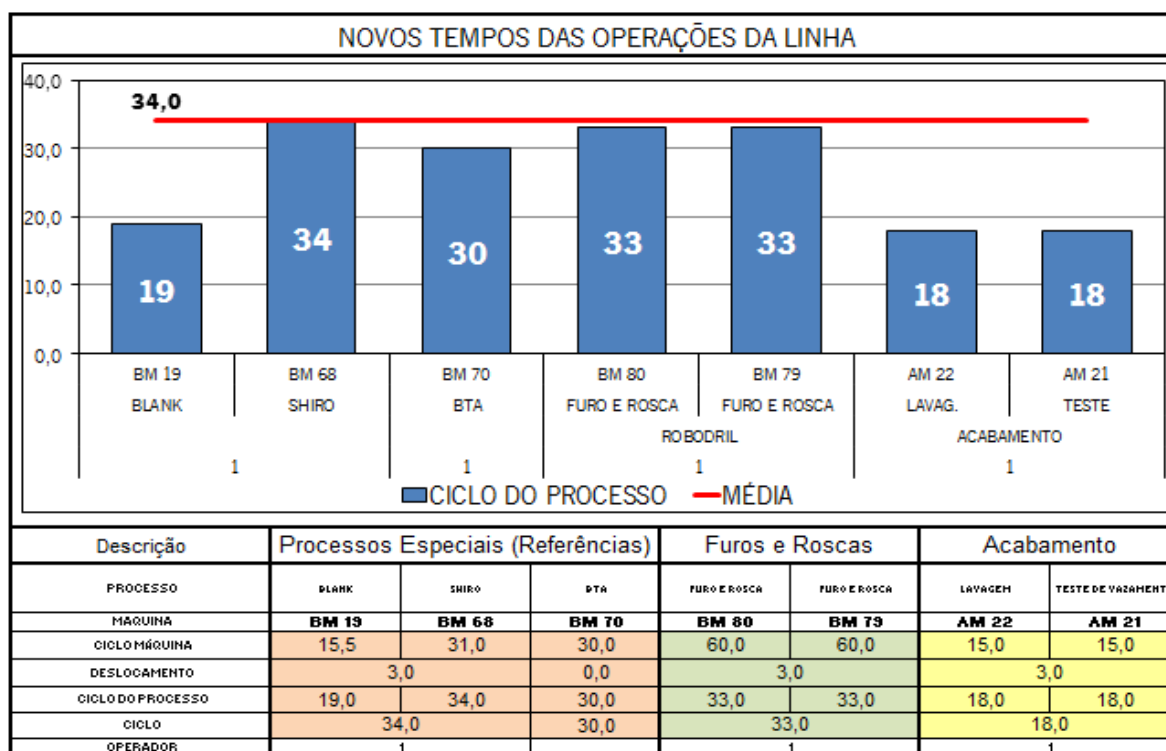


Figura 33: Novos tempos das operações da linha

4.4.5 Implementação das ações de melhorias

Para implementar as melhorias, um plano de ação foi elaborado aplicando a ferramenta 5W2H, que possui quesitos no formato de lista. A Tabela 18 ilustra as ações desenvolvidas.

Tabela 18: 5W2H

5W 2H	
What	Implementar nova tecnologia para flexibilizar o processo
Who	Equipa de projetos
Where	Linha de maquinagem (F)
Why	Flexibilizar o processo o obter melhores resultados
When	25/06/2014 Término
How	Elaborar novo layout e Tryout (realizar teste prático -avaliação)
How much	€ 419.355

4.4.5.1 Novo *layout*

Após as definições das ações, as mudanças para novo *layout* foram realizadas. Foram acrescentadas as 4 máquinas para realizarem as operações de furos e roscas e mais uma para a operação de início de linha *Blank.*, também as duas no final na linha realizando as operações de lavagem e teste de estanqueidade.

O novo *layout* pela introdução do novo equipamento possibilitou melhorar a distribuição dos espaços físicos, eliminando stocks intermédios, conformem foram detectadas nas análises das perdas produtivas. O resultado também oferece uma sensível diferença na necessidade de mão-de-obra, conforme ilustra a Figura 34.

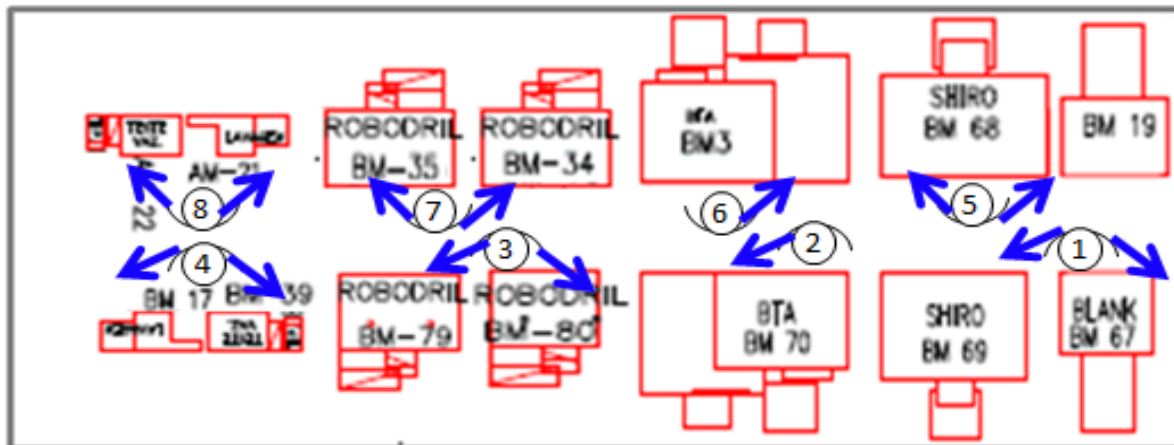


Figura 34: Novo *layout* da linha

4.4.5.2 Novo fluxo do processo

Ao comparar o novo *layout* ao anterior, observa-se a eliminação de 4 operações (referências no item 5.2.1.2). A nova sequência não só diminui o *lead time*, mas praticamente elimina a possibilidade de qualquer contra fluxo da movimentação dos operadores ao garantir a realização das operações de forma sequencial, sendo agora realizadas em fluxo contínuo, evitando perdas por esperas e movimentações.

4.4.5.3 Movimentação na linha

Com as operações dos postos padronizadas, a movimentação dos operadores foi eliminada, evitando perdas danos em manuseio e falhas de armazenagem do produto ocasionada nos stocks intermédios.

4.4.5.4 Novos tempos das operações para as duas linhas

Após as mudanças foram recolhidos novos dados sobre os tempos das operações para reavalia sua produtividade, a fim, de identificar quais as novas limitações. A Figura 35 demonstra o levantamento.

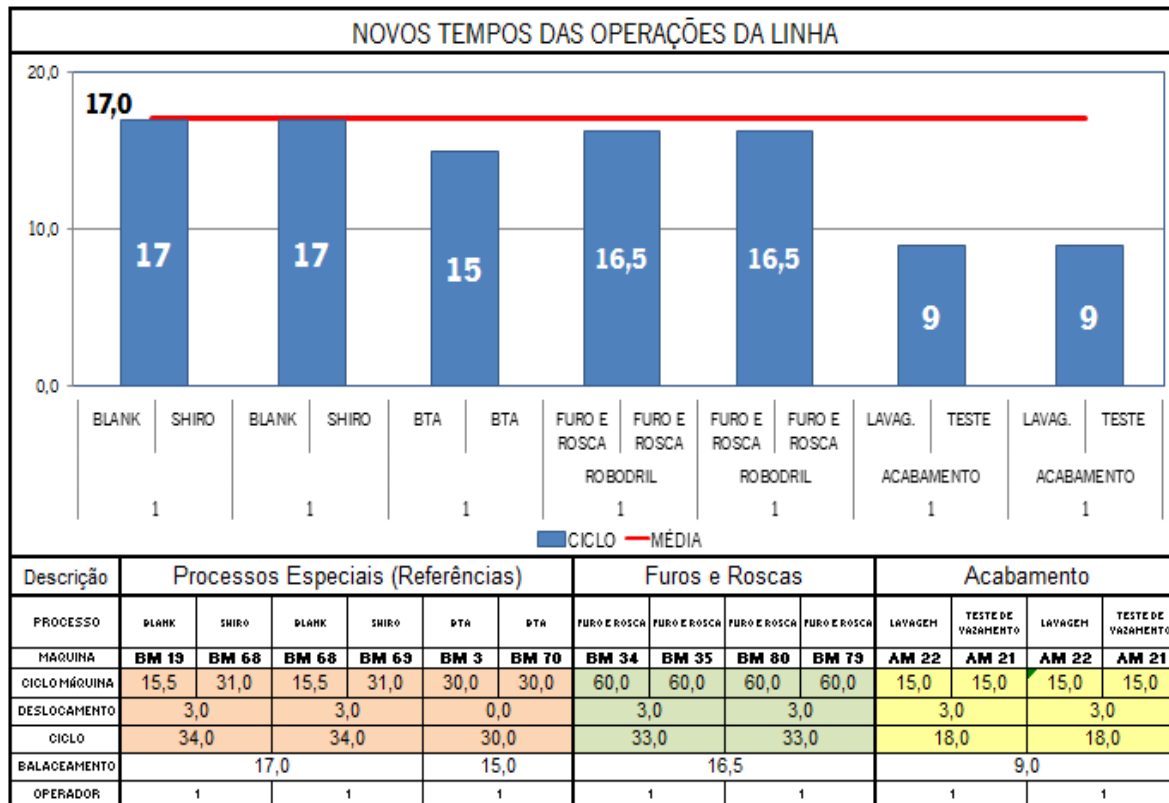


Figura 35: Novos tempos das operações da linha

Os novos tempos redefiniu a capacidade produtiva, pois agora a linha apresenta outro gargalo. O *Blank* e *Shiro* são os maiores tempo de operação com 34 segundos no posto de trabalho. Porém, agora são duas linhas realizando a produção, com novo balanceamento, o tempo ciclo (TC) da linha diminui de 25 para 17 segundos.

4.4.5.5 Resultados das Melhorias

4.4.5.6 Troca de modelos

Foram recolhidos também novos dados para se reavaliar os tempos de *setups* da linha. A Tabela 19 demonstra a nova sequência.

Tabela 19: Novos tempos de *setups* da linha

Novos tempos do Setup			
Descrição	Anterior	Nova	Unidades
Desligamento da máquina	5	0	minutos
Retira do dispositivos	5	0	
Colocar outro dispositivo	10	0	
Troca de Programa		5	
Capacidade	20	5	

No levantamento do tempo gasto nas atividades de *setup*, passou de 20 para 5 minutos, sendo estes utilizados na troca de programa (os 5 minutos para processar a primeira peça e elevar para medir, não é contabilizado, pois a linha já esta trabalhando, o motivo é o baixo nível de defeitos produzidos por eles).

O tempo gasto para o dimensionamento da primeira peça continua igual, a peça é processada e levada para dimensionar, sendo realizado em aproximadamente 5 minutos. Porém, esta atividade é realizada somente para confirmação, tendo já reiniciada a produção, entendo que se algum erro for detectado, as peças são rastreadas na linha.

4.4.5.7 Troca de ferramentas

No levantamento do tempo gasto nas trocas de ferramentas, não apresentou variação, num tempo se mantendo em 5 minutos. Mas é o método é completamente diferente. Os CNC possuem uma torre rotativa para armazenagem de 21 ferramentas no seu *magazine*.

As ferramentas são trocadas conforme a programação, mas num único momento, logo no início do turno, sendo realizada da mesma forma que nos equipamentos na tecnologia anterior.

4.4.5.8 Resultados encontrados

A Tabela 20 apresenta os dados da nova performance.

Tabela 20: Novos resultados da linha

Novos Resultados		
Item	Meta	Unidades
Rejeição	1,90%	Porcetagem
Ajustes	12	minutos
Atrasos de material	0	minutos
Avarias dos equipamentos	6	minutos
Outros	4	minutos

É verificada uma redução acentuada dos ajustes, reduzidos para 12 minutos. A rejeição diminui para 1,9%. A Figura 36 apresenta o novo gráfico da eficiência dos processos.

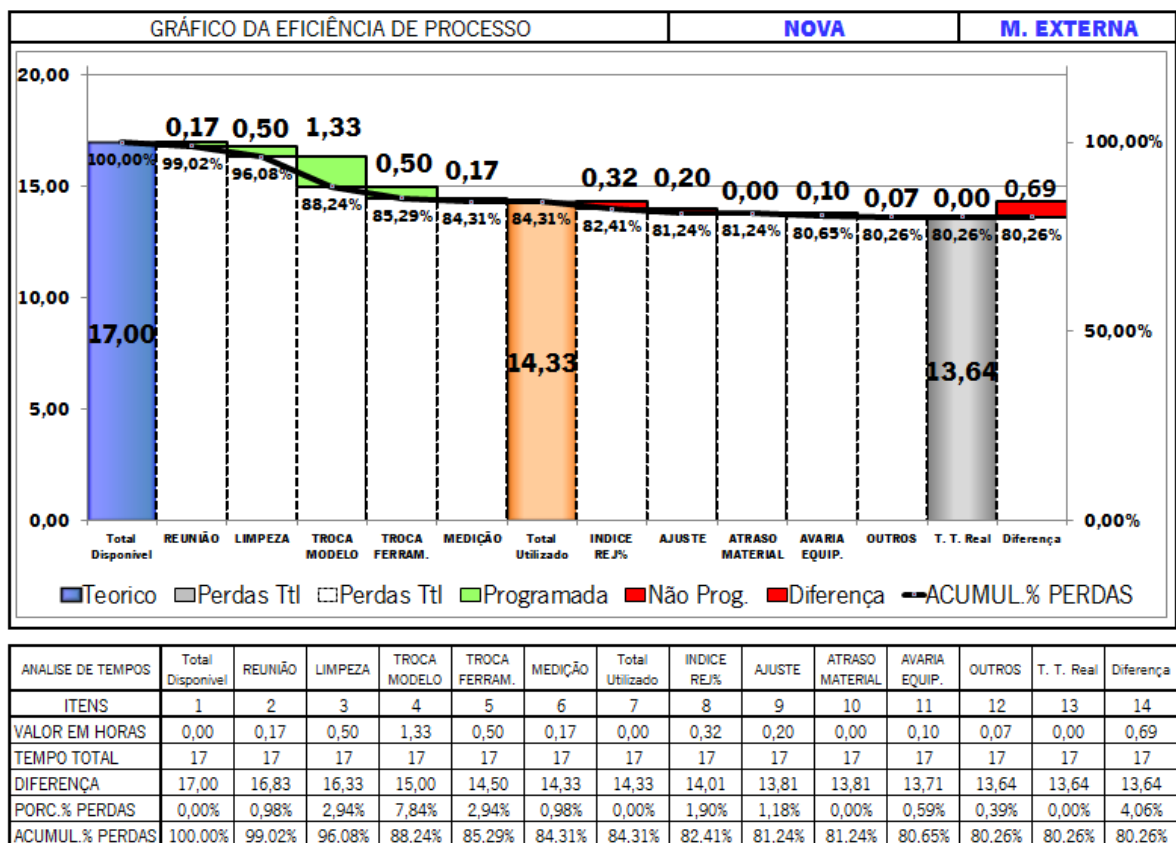


Figura 36: Nova eficiência da linha

Verifica-se uma redução significativa das perdas por paragens não programadas, com maior disponibilidade das operações e consequentemente aumentando a eficiência da linha, permitindo o setor cumprir os prazos de entregas. Com o novo balanceamento de 17 segundos e eficiência de 84,31%, a nova capacidade produtiva foi calculada, conforme é ilustrado na Tabela 21.

Tabela 21: Nova capacidade produtiva da linha

Cálculo da Capacidade (Nova)		
Descrição	Tempo	Unidade
Ciclo	17	segundos
Tempo disponível	17	Horas
Eficiência	84,31%	Porcetagem
Capacidade	3.035	Peças

Com a nova capacidade de 3.035 em 2 turnos de trabalho atendi a demanda de 2.200. Esta situação permitiu eliminar o terceiro turno, diminuindo também o número total de funcionário na linha de 21 para 16. Apesar de apresentar folga de capacidade, esta situação era prevista pela equipa, sendo necessária para atender um crescente aumento da demanda de aproximadamente (9%) a cada ano dos últimos 4.

4.4.6 Outros indicadores de desempenho

Outros resultados também foram encontrados, conforme demonstra a Tabela 22.

Tabela 22: Outros indicadores

Novos Resultados (Outros indicadores)			
Item	Anterior	Nova	Unidades
WIP	190	84	peças
Mão-de-obra	21	16	operador
Capacidade	2.352	3.035	peças/dia
Produtividade	112	190	Peças/Operador
Reduções: Lead time	418,5	226,5	segundos

As ações implementadas trouxeram ganhos também em outras atividades relacionadas à produção, melhorando o ambiente de trabalho e contribuindo a empresa atingir suas metas.

4.4.6.1 Melhorias alcançadas com uso da nova tecnologia

Estes novos resultados são consequência do emprego da tecnologia e análise das necessidades da demanda, potencializando a exploração de real capacidade produtiva do sistema. Os novos tempos das paragens não programadas não comprometem mais a capacidade produtiva da linha. Estes valores foram reduzidos significativamente pelas seguintes mudanças nos processos:

- Automação do processo: As máquinas são projetadas para serem mais precisas que as convencionais (NC), permitindo uma otimização das condições de maquinagem ao realizar os ciclos de forma subsequente com diferentes tipos de ferramentas;
- Tempos reduzidos: Minimizar “todos” os tempos mortos, aplicando métodos rápidos de troca de ferramentas e reduzindo os movimentos lentos;
- Nova eficiência: O método rápido de troca de modelos/ferramentas é fator fundamental para melhoria das condições de trabalho dos processos;

4.4.6.2 Benefícios ao sistema

O plano de ação também trouxe melhorias à linha, o principal foi à redução drástica das paragens para ajustes, que geravam perdas de disponibilidade. Outros benefícios surgem na adoção da tecnologia:

- Tempos: redução dos tempos das operações e aumento da capacidade;
- Operações: flexibilização das operações;
- *Layout*: melhor distribuição física das operações;
- Fluxo: fluxo contínuo do processo;
- Posto de trabalho: definição das operações por postos de trabalho;
- Gestão Visual: melhoria da gestão visual das operações.

Portanto estas ações foram de fato eficazes para recuperar a capacidade do processo e tornaram a linha de novo capaz de atender à demanda.

4.5 FASE DE CONTROLO

A quinta fase do método DMAIC, tem a finalidade de definir a forma de acompanhamento do processo, de modo a assegurar sua estabilidade. O objetivo é desenvolver um método de monitoramento do processo, durante certo período de tempo, evitando que desviem dos padrões especificados.

4.5.1 Impacto e eficácia das melhorias

Para verificar a eficácia das ações de melhorias do projeto, foi medido novamente o nível de sigma, para comparar com o novo resultado alcançado. A fase de implementação das ações de melhorias terminou no início de junho 2014. Na fase de medição, o valor do sigma medido foi de 2.48, com os dados correspondem ao primeiro semestre de 2014, comparados aos novos dados cuja medição do desempenho do processo efetuada é referente ao mês de junho 2014. O valor planejado para o processo é 2.94, ou seja, com o número de falhas (defeitos) produzidas de 175 para um número de oportunidades de 2.352.

O valor é encontrado no número de peças não produzidas é de 78 (total de falhas) por um total produzido 3.035 (número de oportunidades), referências no item 4.4.5.8. A Tabela 23 apresenta o cálculo do sigma atual.

Tabela 23: Cálculo do novo nível Sigma do processo

Cálculo do Sigma - Novo					
Dados Recolhidos		De:	25/06/2014	Até:	20/07/2014
Defeitos	Unidades	DPU	Oportunidades	DPMO:	Nível Sigma:
78	3.035	0,0256	1	25.581	3,45

O nível atual do sigma é de 3.45, com o número de falhas reduzido de 175 para 78, ou seja uma redução de aproximadamente de 42,13% do valor original (peças não produzidas).

Estes novos valores confirmam que as ações tomadas foram bem-sucedidas e que melhoraram o funcionamento das operações, influenciando no seu desempenho, com uma redução próxima a 309 de peças não produzidas diariamente.

4.5.2 Problemas ocorridos na fase de controlo

Não houve registro de problemas consideráveis ou inesperados. Observou-se a estabilização dos novos tempos das operações e o cumprimento dos novos procedimentos (referência no anexo I) de trabalhos estabelecidos. Para o desenvolvimento destas novas práticas, foi realizados treinamentos de reciclagem, nivelando o conhecimento, sendo bem aceites pelos colaboradores, apesar de no início dos trabalhos de melhorias, os mesmos apresentarem resistência quanto à operação dos novos equipamentos.

Foram recolhidas sugestões de melhoria, que foram implementadas, contribuindo para melhorar a eficiência do processo em estudo.

4.5.3 Monitorização do processo

Para o acompanhamento dos novos tempos das operações e confirmação da estabilização, foram estabelecidos gráficos de monitoramento da eficiência das linhas por parte da produção.

Foi também implementado um sistema de registo para detectar falhas e erros de procedimentos, realizados pelos operadores. As avaliações são encarregadas por partes da chefia da área, mas caso esta necessite de orientação técnica ou realizar modificações nos procedimentos é consultado o setor de engenharia para realização das mesmas.

5. RETORNO DE INVESTIMENTO DO PROJETO DE MELHORIA

Neste capítulo serão apresentados os retornos financeiros encontrados no estudo de caso, mensurando os ganhos monetários após aplicação prática do Lean Six Sigma para melhorar a produtividade numa linha de maquinagem, descrevendo os valores alcançados ao solucionar seus principais problemas.

Para demonstrar os resultados monetários alcançados com melhorias é necessário mensurar as reduções de custos, aumento da produtividade e melhoria de desempenho. Para avaliar estes valores no novo sistema produtivo da linha, o levantamento terá como base três itens: mão-de-obra, número de dispositivos utilizados e redução das paragens.

A avaliação dos ganhos com relação à mão-de-obra é iniciada pela verificação da redução do número de mão-de-obra, conforme demonstra a Tabela 24.

Tabela 24: Redução da mão-de-obra

Redução da mão de obra			
Descrição	Anterior	Novo	Diferença
Operadores	21	16	5

Foram verificados os salários dos operadores e relacionados ao número reduzido, chegando ao total dos ganhos, conforme demonstra a Tabela 25.

Tabela 25: Retorno de investimento quanto à mão-de-obra

Avaliação da redução da mão de obra					
Descrição	Diferença	Salário	Resultado	Ano	Total
Operadores	5	€ 677	€ 3.387	12	€ 40.645

A avaliação dos valores com os ganhos na economia com a manutenção dos dispositivos das máquinas da linha, conforme demonstrada a Tabela 26.

Tabela 26: Retorno de investimento quanto aos dispositivos

Avaliação da redução dos Dispositivos		
Descrição	Anterior	Novo
Quantidades dispositivo	32	8
Valor	€ 1.613	€ 6.452
Total	€ 51.613	€ 51.613
Total	€ 0	

Apesar de diminuir a necessidade de dispositivos de 32 para 8, os novos são mais caros. O resultado é rigorosamente igual, não apresentando nem custos, nem ganho a empresa.

Para análise dos ganhos com redução das paragens de máquinas, foram levantados a quantidades de paragens atuais e comparadas com anterior. A Tabela 27 apresenta o levantamento.

Tabela 27: Retorno de investimento quanto às paragens

Avaliação dos Valores Perdidos com paragens			
Descrição	Anterior	Nova	Unidade
Tempo Paragem	112	22	minuto
CT	25	17	segundo
Peças não produzidas	269	78	peça
Valor da peça	€ 6	€ 6	Euro
Valor da peça	€ 1.613	€ 466	
Dias de trabalho no ano	284	285	
total num ano	€ 458.035	€ 132.776	
Diferença	€ 325.259		

5.1 Comparação dos resultados

A equipa também verificou o potencial de *payback* do projeto para o investimento realizado. A matriz da Tabela 28 demonstram os valores com a redução dos desperdícios:

Tabela 28: Matriz do retorno total alcançado com as melhorias

Novos Resultados (Valores em 1 ano)	
Descrição	Valores
Redução das perdas	€ 325.259
Redução Mão-de-Obra	€ 40.645
Redução Manutenção Dispositivos	€ 0
Total	€ 365.904

Nos valores encontrados o total foi de € 365.904 por ano. A Tabela 29 demonstra o tempo do retorno do investimento.

Tabela 29: Avaliação do tempo para retorno de investimento

Retorno do Investimento (em ano)	
Investimento	€ 419.355
Retorno	€ 365.904
Tempo de Retorno (Ano)	1,15

Após realizar o levantamento do retorno o valor verificado é de 1,15 em anos, ou aproximadamente 14 meses. O projeto demonstrou-se viável, com ganhos significativos à empresa e cumprindo os objetivos.

6. CONCLUSÃO

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões, assim como os resultados alcançados e sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Conclusões

O principal objetivo do projeto foi aplicar a metodologia *Lean* Seis Sigma para melhorar o desempenho dos processos da linha F, fabricante do cilindro externo do departamento de maquinagem da empresa.

Pode-se dizer que a utilização do DMAIC em conjunto com a metodologia *Lean*, possuindo uma estrutura de análise correspondente às necessidades deste projeto. As fases serviam de orientação no estudo, oferecendo as ferramentas adequadas para desenvolvimento de cada etapa.

As propostas de melhoria foram elaboradas como resposta (contramedidas) as análises das principais causas dos problemas encontradas. O recolhimento de dados da fase de medição fornece base para avaliação das características do sistema. A situação encontrada apresentava excessivas paragens para ajustes nas operações, reduzindo a eficiência dos processos e comprometendo o prazo de entrega. As ações de melhoria realizadas tiveram o objetivo de corrigir estes problemas, padronizando as atividades de *setup*, aumentando a disponibilidade dos equipamentos, melhorando a produtividade da linha.

As mudanças implementadas na linha de produção, resultaram numa reconfiguração do sistema produtivo, modernizando as operações que causam maiores perdas de produtividades. Para realizar as ações a equipa de projeto desenvolveu um novo *layout*, melhorando a disposição dos equipamentos e facilitando o fluxo dos materiais.

As maiores dificuldades foram em relação às novas atividades nos postos de trabalho, sendo contornados com treinamento oferecido aos operadores, com acompanhamento durante os primeiros dias da mudança e também na execução das atividades de reposicionamento do novo *layout*, realizada no período de férias da empresa.

A implementação das ações trouxe impactos positivos como: redução das paragens para ajustes de 112 para 22 minutos, redução no nível de defeitos em aproximadamente 50%, caindo para 1,9%. Esta

novas condições de trabalho permitiram uma redução no número de operadores de 21 em três turnos para 16 em dois turnos comerciais, contribuindo também para o aumento da capacidade produtiva de 2.352 para 3.035 e na produtividade do sistema subindo de 98 para 152 peças/operador por diia.

Pode-se afirmar que o desenvolvimento do projeto contribuiu para o cumprimento das metas do setor e melhorou a competitividade da empresa no mercado.

6.2 Trabalho futuro

O trabalho realizado apresentou impactos relevantes na produtividade da linha de maquinagem, demonstrando ser uma resposta eficaz às necessidades de melhorias também para outros setores, que se encontra em situações semelhantes. Um resultado importante alcançado de fundamental importância ao negócio da empresa é o retorno da satisfação do cliente pelo cumprimento das metas estabelecidas.

A metodologia adotada no estudo *Lean Six Sigma*, oferece uma estrutura de análise, que possibilita atingir melhores resultados, integrando ferramentas e técnicas das duas filosofias, podendo ser aplicada em projetos de melhoria em produtos e serviços, despertando o interesse da empresa na sua continuidade, formentando a base para criação de um ambiente de melhoria continua.

O projeto pode ser utilizado como fonte de pesquisa para outras iniciativas em ações de melhorias, abrindo um leque de oportunidades para novos projetos, em diversos setores da empresa.

Com o resultado alcançado, a diretoria solicitou outros projetos de melhorias, sendo sugeridas as demais linhas do próprio setor, que se demonstrem viáveis, devendo ser desenvolvidas num futuro próximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahire, S.; Golhar, D.; Waller, M. (1996). *Development and validation of TQM constructs*. Decision Science, v. 27, n. 1, p. 23-56.
- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). *The integration of Lean management and Six Sigma*. The TQM Magazine, 17(1), 5-18. Emerald Group Publishing Limited.
- Blakeslee, J. A. (1999). *Achieving Quantum Leaps in Quality and Competitiveness: Implementing the Six Sigma Solution in Your Company*. ASQ's 53th Annual Quality Congress Proceeding, p.486-496.
- Campos, V. F. (2004). TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). 8ª. ed. Rio de Janeiro: Bloch Editores.
- Carmo, S. S. (2005) "Textos de Apoio à Disciplina de Organização e Gestão da Produção II" - LEGI, publicação interna, Universidade do Minho, Portugal.
- Carvalho, M. M. & Paladini, E. P. (2005). Gestão da qualidade: teoria e casos. Rio de Janeiro: Campus. 304 p.
- Dale, B. G.; Williams, R. T.; Wiele, T. (2000). *Marginalisation of quality: is there a case to answer?*. The TQM Magazine, V.12 N.4, p.266-274.
- Daniela L. A., Sergio D. S., Eusebio N. (2013). *Using Project Six Sigma and Lean Concepts in Internal Logistics*. Proceedings of the World Congress on Engineering Vol I, WCE 2013, July 3 - 5, London, U.K.
- Deming, W. E. (1989). O método Deming de Administração. 5a. Ed., São Paulo: Marques Saraiva.
- Drucker, P. F. (1977). Introdução à Administração. São Paulo : Pioneira.
- Drucker, P. F. (1992). Administrando para o futuro. São Paulo: Pioneira, 4ed.
- Emiliani M.L. (2008). *Standardized work for executive leadership*. Leadership & Organization Development Journal Vol. 29 No. 1, pp. 24-46.
- Ferguson, D. (2007). *Lean and six sigma: The same or different?*. Management Services:Journal of the Institute of Management Services, United Kingdon, p. 12-13. 01 out.
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma - Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*. USA: McGraw-Hill Professional.

- George, M. L. (2003). *Lean Six Sigma for Service*. USA: Mcgraw-Hill.Professional, Jun 24, - Business & Economics - 386 pages.
- George, M. L. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity*. USA: McGraw-Hill Professional.
- Hamel, G. & Prahalad, C. (1989). *Strategic intent*. Harvard Business Review, v. 67, issue 3, p.63-76, may/jun.
- Hammer, M. (2002). *Process management and the Six Sigma*. MIT Sloan Management Review, p. 26-33, Winter.
- Harrington, H. J. (1993). Aperfeiçoando os processos empresarias: estratégia revolucionária para o aperfeiçoamento da qualidade, da produtividade e da competitividade. São Paulo: Makron Books, 342p.
- Harrington, H. J. (1997). *Business process improvement workbook: documentation, analisys, design and management of business process improvement*. New York: McGraw-Hill.
- Henderson, K., & Evans, I. [2000], "Successful Implementation of six sigma: benchmarking General Electric Company" Benchmarking and International Journal Vol. 7 No.4, pp.260-81.
- Hendricks, K. B. & Singhall, V. R. (1997). *Does implementing an effective TQM program actually improve operating performance? - Empirical evidence from firms that have won quality awards*. Management Science, v. 43, n. 9, p. 258-1274.
- Hopp, W. J. & Spearman, M. L. (2004). *To Pull or Not to Pull: What Is the Question? M&SOM Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 6, No. 2, Spring ,pp. 133–148.
- Juran, J.M. & Gryna, F.M. (1991). Controle da qualidade handbook: conceitos, políticas e filosofia da qualidade. São Paulo: Makron Books, v.1.
- Kaplan, R. S. & Norton, D. P. (2008). *The Execution Premium: linking strategy to operations for competitive advantage*. Boston: Harvard Business School Press.
- Nakajima, S. (1989). Introdução ao TPM - *Total Productive Maintenance*. São Paulo: IMC, 106 p.
- Montgomery, D. C. (1991). *Introduction to Statistical Quality Control*. 2 Ed. Canadá: John Wiley and Sons.
- Ohno, T. (1997) O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman Editora.
- Oliver N.; Schab L.; Holweg M. (2007). *Lean principles and premium brands: conflict or complement?*. International Journal of production research, Vol. 45, n.16.

- Pande, P.S.; Neuman, R.; Cavanagh, R.R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Companies are Honing their Performance*. Ed. New York: McGraw-Hill.
- Perez Wilson. M. (1999). Seis Sigma: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Tradução de Bazán Tecnologia e Lingüística. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1 ed.
- Porter, M. E (1986). *Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústria e Concorrência*. Rio de Janeiro: Campus.
- Porter, M. E. (1991). *Toward a dynamic theory of strategy*. Strategic Management Journal, v.12, p.95-117.
- Porter, M. E. (1996). *What is strategy?*. Harvard Business Review, Boston, v.74, n.6, p.61- 78.
- Powel, T. C. (1995). *Total Quality Management as competitive advantage: a review and empirical study*. Strategic Management Journal, v. 16, n. 1, p. 15-37.
- Ritzman, L. P. & Krajewski, L. J. (2004). *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Prentice Hall.
- Rother, M. & Shook, J. (1998). *Learning to See - Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, The Lean Enterprise Institute, MA, USA.
- Rotondaro, R. G. (2008). *Seis Sigma: estratégia gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços*. São Paulo: Atlas.
- Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A. (2007). *Research Methods for Business Students*. (4ª edição), Financial Times Prentice-Hall.
- Shiba, S.; Grahon, A.; Walden, D. (1997). *TQM: quatro revoluções na gestão da qualidade*. São Paulo: Bookman, 402 p.
- Shingo, S. (2000) *O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas*. Porto Alegre: Bookman Editora.
- Skinner, W. (1969). *Manufacturing – missing link in corporate strategy*. Harvard Business Review, vol. 47, Maio – Junho, pp. 136-145.
- Sousa, D. S. (2005). *Quality improvement measures in SMEs*. PhD thesis, School of Manufacturing and Mechanical Engineering, University of Birmingham.
- Vergara, S. C. (2009). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 10. ed. São Paulo: Atlas.
- Werkema, M. C. (2008). *Integração Lean & Seis Sigma: muito barulho por nada?* Banas Qualidade. São Paulo, ano XVII, n 192, p.48-54, maio.
- Werkema, C. (2006). *Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing*. Belo Horizonte. Editora Werkema.

Werkema, C. (2004). Criando a Cultura Seis Sigma. Belo Horizonte. Editora Werkema.

Womack, J. P. & Jones D. T. (1998). A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus.

Womack, J. P., Jones, D. T., Ross, D. (1996) A máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Campus Editora.

ANEXOS

ANEXO I – Procedimentos para trocas de modelos

ANEXO II – Processo completo para produção do amortecedor

ANEXO III – Tabela do cálculo de eficiência

ANEXO I – PROCEDIMENTOS PARA TROCA DE MODELOS

Tabela 30: Procedimentos para trocas de modelos

Procedimentos para troca de modelos			
Fase	Descrição	Tempo	Unidade
Setup Externo	Identificar dispositivos (modelo)	0,5	Minuto
	Buscar ferramentas	0,5	
	Deixar carrinho próximo a máquina	1,0	
Setup Interno	Desligar a máquina	0,5	
	Remover fixações	2,0	
	Remover dispositivo	3,0	
	Limpar local	1,0	
	Reposicionar dispositivo	4,0	
	Fixa-lo nos pontos de referência	2,0	
	Verificar posicionamento	1,0	
	Religar a máquina	0,5	
Teste Dimensional	Fazer teste de dimensional	2,0	
	Guardar todas ferramentas	2,0	
Total		20,0	

ANEXO II – PROCESSO COMPLETO PARA FABRICAÇÃO DO AMORTECEDOR

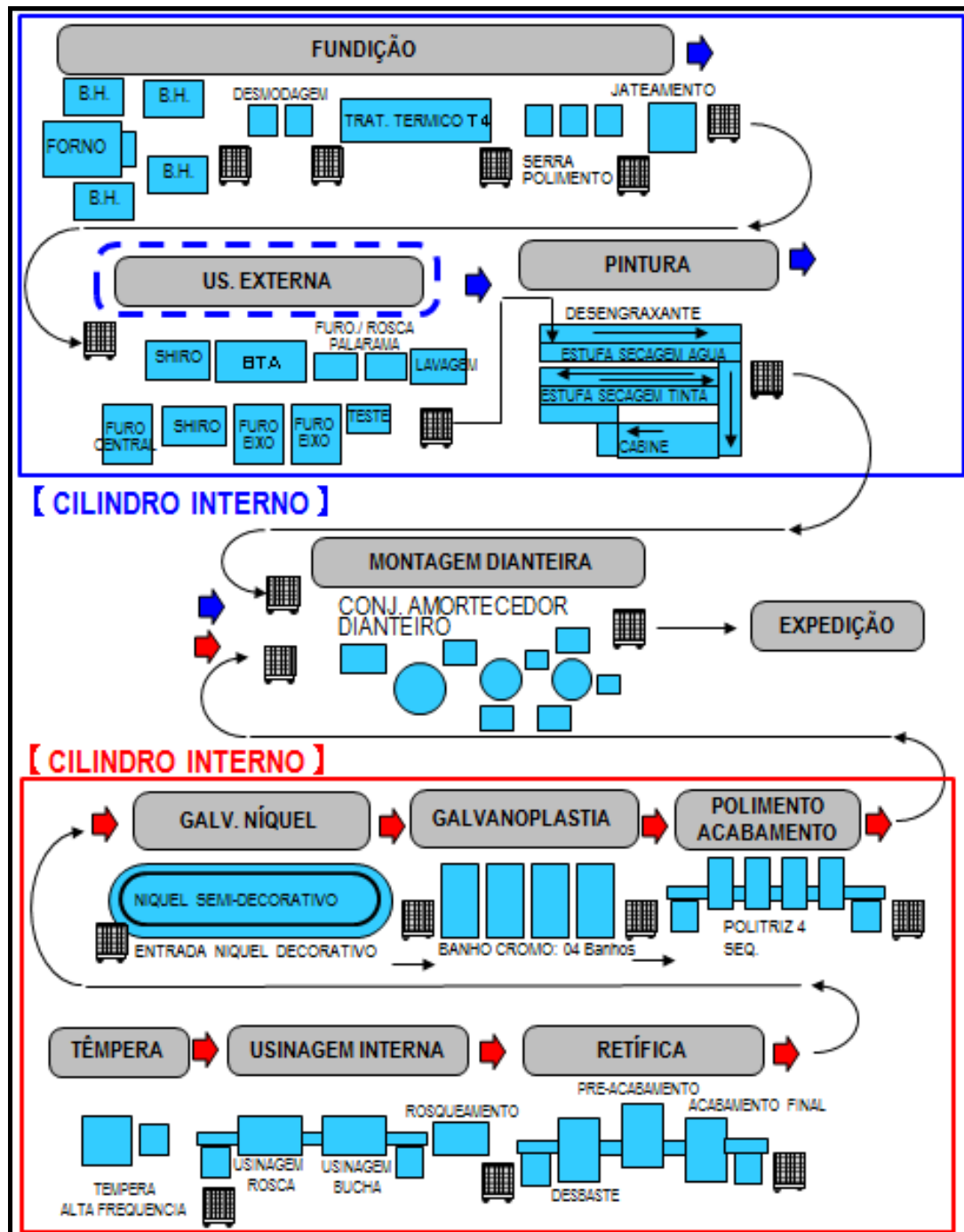


Figura 37: Processo completo para fabricação do amortecedor

ANEXO III – TABELA DO CÁLCULO DE EFICIÊNCIA

Tabela 31: Cálculo de eficiência

NOVA TECNOLOGIA			
NOME DA LINHA		F	
DESCRIÇÃO		PROCESSOS	
		MAQUINAGEM EXTERNA	
DESCRIÇÃO		DESCRIÇÃO	
CAPACIDADE PLANEADA		3.035	
CAPACIDADE REAL		2.958	
PRODUÇÃO	% REAL	1.586	53,6%
EFIC. CAL %		84,3%	
PARADA MIN.			
TEMPO DE EFIC.		13,15	
INDICE REJ%		1,90%	
CT		17,0	
EFICIENCIA %		82,2%	
EFICIENCIA REAL%		80,3%	
TURNOS		2	
HORAS DOS TURNOS		8,5	
PESSOAS	TURNOS	16,00	1 x 2T
PEÇAS/PESSOA		185	
PROG	REUNIÃO	TURNOS	10,0
			5 x 2T
ENG	LIMPEZA	TURNOS	30,0
			15 x 2T
	TROCA MODELO	TURNOS	80,0
			20 x 4
	TROCA FERRAM.	TURNOS	30,0
			15 x 2T
	MEDIÇÃO	TURNOS	10,0
			5 x 2T
REAL	AJUSTE	TURNOS	12,0
			2T
	ATRASSO MATERIAL	TURNOS	0,0
			2T
	AVARIA EQUIP.	TURNOS	6,0
			2T
	OUTROS	TURNOS	4,0
			2T
TOTAL(DOWN TIME)		182,0	
QUANT. MODELO		8	