

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO  
COGEAE  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS  
CEADE

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA MELHORIA  
DA EFICIÊNCIA EM UM PROCESSO DE PINTURA**

NELSON RIBEIRO DA CUNHA

São Paulo – SP

2017

**NELSON RIBEIRO DA CUNHA**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA MELHORIA  
DA EFICIÊNCIA EM UM PROCESSO DE PINTURA**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Administração de Empresas, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – COGEAE, como pré-requisito para a obtenção do título de Especialista em Administração, orientada pelo professor Dr. Gin Kwan Yue.

São Paulo – SP

2017

AVALIAÇÃO: .....

ASSINATURA DO ORIENTADOR: .....

## EPÍGRAFE

“A sociedade chegou a um ponto em que se pode apertar um botão e ser imediatamente coberto por informações técnicas e administrativas. Isso é muito conveniente, é claro, mas, se não tomarmos cuidado, há o perigo de perdermos a capacidade de pensar. Devemos lembrar que, no fim, é o ser humano quem tem que resolver os problemas.”

Eiji Toyoda

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família que sempre esteve ao meu lado me apoiando e me incentivando na busca incessante de sempre e cada vez mais aprender e expandir o leque de conhecimento.

Em especial à minha esposa que não mede esforços para me apoiar em cada decisão que tomamos em nossa vida e o esforço e a paciência em compreender a dedicação a este trabalho.

Aos meus pais que mesmo com toda as dificuldades souberam me educar no caminho da verdade e do trabalho honesto.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a toda a minha família pelo apoio sem medidas às minhas decisões.

Aos colegas da SEB do Brasil pelo apoio e ajuda na concretização deste trabalho e pelo aprendizado adquirido nessa construção.

Aos professores da PUC pela dedicação e esforço ofertado para transmissão do conhecimento e em especial ao professor e orientador Gin Kwan Yue pela paciência e excelente orientação na conclusão deste trabalho.

Aos colegas de classe que de uma forma direta contribuíram para o sucesso dessa empreitada no qual tivemos a oportunidade de conviver e trocar experiências.

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Problema da Pesquisa .....	14
1.2 Objetivo .....	15
1.3 Objetivos secundários.....	15
1.4 Justificativa.....	15
1.5 Metodologia aplicada .....	16
1.6 Estrutura do trabalho .....	17
2. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 ESTRATÉGIA COMPETITIVA DAS OPERAÇÕES.....	18
2.1.1 Estratégia .....	18
2.1.2 Estratégia competitiva .....	19
2.1.3 Excelência operacional .....	20
2.1.4 Estratégia de operações .....	21
2.1.5 Vantagem competitiva em manufatura.....	22
2.2 PRODUTIVIDADE NA MANUFATURA.....	25
2.2.1 O que é produtividade.....	25
2.2.2 Capacidade de produção .....	26
2.2.3 Indicadores de desempenho produtivo .....	28
2.2.4 OEE .....	29
2.2.5 Desperdícios no processo .....	32
2.3 SEIS SIGMA .....	33
2.3.1 O que é Seis Sigma.....	33
2.3.2 Qualificações básicas de um projeto Seis Sigma.....	34
2.3.3 Métrica do Seis Sigma.....	35
2.3.4 Resultados obtidos com Seis Sigma .....	36

2.3.5 Metodologia Seis Sigma.....	38
2.3.6 Modelo DMAIC .....	38
2.3.7 Etapas do DMAIC .....	39
2.3.8 Ferramentas utilizadas no DMAIC.....	41
2.3.9 Membros do Seis Sigma .....	48
3. ESTUDO DE CASO .....	50
3.1 Metodologia.....	50
3.1.1 O que é estudo de caso .....	50
3.1.2 Vantagem do estudo de caso .....	50
3.1.3 Metodologia adotada .....	51
3.2 Empresa .....	51
3.3 Definição do estudo de caso .....	53
3.4 Apresentação dos dados.....	56
3.4.1 Índice de disponibilidade (ID).....	57
3.4.2 Índice de produtividade (IP).....	58
3.4.3 Índice de qualidade (IQ).....	59
3.4.4 Produtividade atual .....	59
3.5 Análise dos dados .....	59
3.5.1 Fluxograma mapeado .....	60
3.5.2 Identificação das falhas no processo .....	61
3.5.3 Desperdícios no processo .....	63
3.5.4 Diagrama de Ishikawa e 5 porquês .....	65
3.6 Melhorias no processo .....	71
3.6.1 Planejamento e implementação das ações de melhoria .....	71
3.6.2 Ações implantadas .....	72
3.7 Acompanhamento e controle do processo .....	78
3.7.1 Documentação de controle do processo .....	80

3.8 Fatores da OEE.....	81
3.8.1 OEE .....	82
3.8.2 Retorno financeiro .....	83
4. CONCLUSÃO.....	84
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	86
6 ANEXOS.....	89

## ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estratégias competitivas de Porter .....	19
Figura 2: Conteúdo de uma estratégia de manufatura .....	21
Figura 3: Objetivos de desempenho de manufatura e aspectos internos e externos.....	22
Figura 4: Flexibilidade de uma operação e a dependência de seus recursos .....	24
Figura 5: Sistema de produção .....	25
Figura 6: Fatores que causam impacto na capacidade produtiva. ....	27
Figura 7: Eficiência e eficácia – Diferenciação.....	28
Figura 8: Forma tridimensional da OEE.....	30
Figura 9: Oito desperdícios no processo produtivo .....	33
Figura 10: Modelo de empresa através da perspectiva do fluxo de processo.....	37
Figura 11: SIPOC para contato na assistência técnica .....	43
Figura 12: Fluxograma de Processos.....	44
Figura 13: Diagrama de Pareto .....	45
Figura 14: Exemplo de Histograma.....	46
Figura 15: Exemplo de Diagrama causa efeito.....	46
Figura 16: Exemplo de Gráfico de controle .....	47
Figura 17: Hierarquia dos profissionais Seis Sigma.....	48
Figura 18: Unidade produtivas no mundo .....	52
Figura 19: Fluxograma do Processo de aplicação de antiaderente .....	55
Figura 20: Fluxograma mapeado .....	60
Figura 21: Diagrama de Spaghetti – Movimentação do operador no processo inicial.....	63
Figura 22: Diagrama de Spaghetti – Movimentação do operador em todo o processo.....	64
Figura 23: Falta de sequência de produção .....	64

Figura 24: Sem gestão do controle do processo .....	64
Figura 25: Operação ociosa de MOD – Não agrega valor .....	65
Figura 26: Armazenamento e posicionamento das lixas utilizadas no processo .....	74
Figura 27: Armazenamento das tintas em processo .....	75
Figura 28: Sequenciamento de produção.....	75
Figura 29: Mesa de transferência com 6 correias de tração .....	76
Figura 30: Posicionamento das mesas após o alinhamento .....	77
Figura 31: Alarme sonoro – Indicação da variação da temperatura no forno .....	78

## QUADROS

Quadro 1: Perdas existente no processo .....	30
Quadro 2: Etapas do DMAIC, objetivos e ferramentas.....	39
Quadro 3: Mapeamento de risco.....	43
Quadro 4: Análise de Risco – Indicador de eficiência produtiva .....	54
Quadro 5: Quadro SIPOC.....	56
Quadro 6: Diagrama de Ishikawa – Paradas na RC2.....	65
Quadro 7: 5 Porquês – Causa Raiz – Falhas nos equipamentos .....	66
Quadro 8: 5 Porquês – Causa raiz – Paradas nos equipamentos .....	66
Quadro 9: Diagrama de Ishikawa – Riscos das peças no processo .....	67
Quadro 10: 5 Porquês – Gancheiras tortas e desalinhadas .....	68
Quadro 11: Diagrama de Ishikawa – Discos remontados na linha.....	68
Quadro 12: Diagrama 5 Porquês – Avaliação das falhas na mesa .....	69
Quadro 13: Diagrama de Ishikawa – Parada no processo .....	69
Quadro 14: 5 Porquês – Parada para alimentação dos discos na linha.....	70
Quadro 15: Diagrama de Ishikawa – Tempo de preparação da linha.....	70
Quadro 16: Diagrama 5 porquês – Falta de ordenação .....	71
Quadro 17: Captura de tela do SAP – Cadastro das manutenções preventivas.....	73

## **EQUAÇÕES**

Equação 1: Fórmula do OEE .....	31
Equação 2: Índice de Disponibilidade .....	31
Equação 3: Índice de Eficiência .....	32
Equação 4: Índice de Qualidade .....	32
Equação 5: Índice de Produtividade .....	58

## **GRÁFICOS**

Gráfico 1: Curva de distribuição de probabilidade da função normal.....	36
Gráfico 2: Gráfico de Controle – Indisponibilidade dos equipamentos RC2.....	57
Gráfico 3: Gráfico de Controle – Baseline da eficiência produtiva .....	58
Gráfico 4: Pareto das quebras na RC2.....	61
Gráfico 5: Gráfico de Pareto – Perdas no processo .....	62
Gráfico 6: Gráfico de Pareto – Não conformidades no processo .....	63
Gráfico 7: Gráfico de Controle – Perdas por parada dos equipamentos RC2.....	79
Gráfico 8: Gráfico de Barras – Evolução do índice de produtividade.....	79
Gráfico 9: Gráfico de Controle – Evolução do índice de qualidade.....	80

## **ANEXOS**

Anexo 1: Tabela de acompanhamento das paradas na produção .....	89
Anexo 2: Tabela de acompanhamento dos discos não conformes .....	90
Anexo 3: Tabela com plano de ação integrado.....	91
Anexo 4: Planilha com procedimento operacional padrão .....	92
Anexo 5: Planilha com Procedimento Inicial – preparação de linha.....	93
Anexo 6: Tabela com plano de controle .....	94

## **RESUMO**

Em meados dos anos de 1980, um programa de aplicação de ferramentas estatísticas aplicadas a melhoria do processo e redução dos defeitos foi introduzido na empresa Motorola. Posteriormente na empresa GE, sob o comando e liderança de Jack Welch, iniciou-se a aplicação das mesmas ferramentas estatísticas e a partir daí, numa escala progressiva de aceitação e aplicação nas empresas. A metodologia Seis Sigma é uma evolução da estratégia de melhorar a qualidade dos produtos, pois trouxe inovação na maneira de utilizar as ferramentas que são conhecidas de outros programas de qualidade. Na empresa SEB do Brasil, obtivemos a incumbência e a oportunidade de aplicar a metodologia DMAIC desenvolvida dentro do programa Seis Sigma para compreender e identificar oportunidades de melhorar no processo de pintura e aplicação de antiaderente nos produtos. Seguimos fielmente passo a passo a sequência estipulada pela metodologia e compreendemos as definições do escopo da operação, ou seja, o que o projeto deve abranger e na sequência juntamente com uma equipe de trabalho multidisciplinar, dar corpo ao trabalho de mapeamento dos problemas atuais no processo e discutir as oportunidades de melhorias partindo da identificação das causas raízes dos problemas mapeados. Com o mapeamento do processo, os conceitos de desperdícios foram evidenciados e as oportunidades de desperdícios foram eliminadas, fazendo com que o trabalho atinja os patamares de resultado almejados para esta etapa de implantação.

Palavras-chave: Seis Sigma – DMAIC – Desperdícios.

## 1.INTRODUÇÃO

O sistema de produção no Brasil está dividido em três principais setores: primário que lida com a agropecuária, o secundário que lida com a indústria e o terciário que lida com o serviço (UGE - Unidade de Gestão Estratégica, 2014). Todas as atividades exequíveis em nosso cenário produtivo estão englobadas e encaixadas nestes três setores de acordo com o segmento aplicável.

O setor industrial e ao qual está inserido no segundo sistema de produção, está imerso em um mercado cada vez mais competitivo e acirrado e em especial as empresas que produzem produtos onde há várias opções e ofertas, constituindo um quadro de companhias que participam do setor de produção de bens intermediários onde a concorrência cresce a cada ano, além do mais os clientes elevaram o nível de exigência e estão mais informados sobre os produtos e serviços. Estas empresas são diretamente impactadas diante de situações econômicas desafiadoras, pois sofrem muito com as influencias nas oscilações dos níveis de investimento neste setor e o aumento da expectativa de resposta à melhor qualidade e tecnologia oriunda dos clientes.

Segundo Paula (2012), os últimos anos têm sido desafiadores para as empresas produtoras de bens de consumo, principalmente no setor metalúrgico, pois a concorrência com a China e a crise financeira abalaram seu crescimento.

O setor metalúrgico, a divisão de *cookware* (utensílios para cozinha), a produção de panelas e em especial a área de aplicação de antiaderente que faz parte deste segmento, ao qual é o estudo deste projeto, tem sofrido com o exponencial aumento da concorrência de novas empresas, novos entrantes e produtos substitutos, neste mercado com ampla possibilidade de expansão e crescimento.

Segundo Porter (2004), os produtos substitutos representam uma ameaça para as empresas estabelecidas em um setor da indústria, pois exigem maior atenção quando possuem tendências de melhor performance ou são fabricados com alta lucratividade.

A alternativa para manutenção das empresas neste setor tão competitivo e no cenário econômico atual é a busca constante por melhores performances nos processos produtivos e como resposta uma melhor produtividade, pois além de investir na introdução de técnicas de gestão que proporcionem melhorias contínuas nos processos, proporcionam melhores e mais

assertivas tomadas de decisão e que estejam alinhadas as melhoras nos níveis de qualidade e satisfação dos clientes.

Para Porter (2004), a competitividade de uma empresa, depende de sua capacidade de inovar e melhorar seus produtos e processos e esta capacidade é resultado do trabalho humano empenhado na busca e descoberta de novas oportunidades. Ainda segundo Porter (2004), somente há uma vantagem competitiva para a empresa sobre as concorrentes se houver uma diferença sustentada por ela com relação as outras empresas.

Para a melhora na produtividade da atividade industrial e na performance competitiva, as empresas têm que abrir mão dos atuais métodos de gestão e controle de produção e dispor de novas ferramentas de gestão que promovam uma melhor condição de controle das variabilidades e como consequências a eliminação das perdas nos processos produtivos.

Atualmente podemos identificar e enumerar diversas ferramentas de qualidade que nos auxiliam nas estratégias de tratativas de resolução dos problemas existentes no dia a dia em nossas atividades.

Conforme Eckes (2001), a metodologia Seis Sigma, nos aparece como uma evolução na estratégia de utilização destas ferramentas de qualidade. Seis Sigma reúne um montante de ferramentas estatísticas e qualidade que nos permite a melhor visualização da variabilidade do processo em detrimento as observações efetuadas em sua análise. As ferramentas de estatística e qualidade são exploradas através da metodologia DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar), que é o método melhor aplicável para estudo das melhorias de processos.

Conforme Farago (2015), Seis Sigma é uma estratégia de negócios focada na Qualidade e no Processo, onde se utiliza ferramentas estruturadas e medidas estatísticas para análise a avaliação, assim como ferramentas não estatísticas, mas com uma abordagem disciplinada e focada na redução das variações dos processos.

Ainda segundo Farago (2015), a qualidade de um projeto Seis Sigma deve ser avaliada na vertente do quanto ele contribui para a melhoria contínua, sendo assim as medidas consideradas importantes em um projeto são, a facilidade no controle do processo e a ganho de conhecimento do processo.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), uma melhor qualidade no processo produtivo, significa maior lucratividade para a empresa, melhores vendas e melhores preços dos produtos, custos de produção reduzidos por melhor eficiência e melhor produtividade.

De acordo com Pyzdek (2003), a metodologia Seis Sigma não são somente para beneficiar os clientes e sim todo o ciclo produtivo, ou seja, melhora a produtividade de todo o projeto do produto e todos saem ganhando.

A metodologia Seis Sigma, melhora o desempenho dos processos produtivos em geral, no caso do estudo deste projeto, contribui reduzindo ou eliminando os desperdícios durante a operação de aplicação, a variabilidade das falhas no processo e identificando as causas dos problemas e ou defeitos e com isso melhorando a produtividade e eficiência.

### **1.1 Problema da Pesquisa**

Nos últimos acompanhamentos efetuados no mercado de *cookware*, o que tem sido percebido pela área de marketing da empresa em estudo, é uma alteração na característica das vendas dos produtos, muito em função do aumento do número de concorrentes e também há uma parcela que se dá pela mudança de comportamento dos clientes. Essa alteração reflete em uma consistente e maciça necessidade de variedade de cores nos produtos oferecidos em contrapartida à menores volumes de produção. Esse *trade-off* que é o volume de produção (vendas) x variedade de cores ocasionou uma necessidade de discutir com maior profundidade o aumento da produtividade e eficiência da célula de pintura em estudo, pois ao longo deste período esta célula foi perdendo sua capacidade de produção e muito por causa desta alteração da característica das vendas.

A célula de pintura em questão possui um processo onde a baixa variedade de cores e modelos de produtos, lhe confere uma melhor estabilidade na aplicação do antiaderente, pois com pouca variação, tem-se poucas trocas e limpeza dos sistemas de cores, poucas trocas de telas de serigrafia, um alto nível de qualidade pela estabilidade do processo e uma maior eficiência em função da redução das paradas para set up. Quando se há muitas variedades de cores e modelos no processo de pintura, há necessidade de aumentar o número de trocas de tintas e telas de serigrafia e isso também acarreta em aumentar os desperdícios no processo e conseqüentemente uma menor eficiência.

Com o estudo e utilização da metodologia Seis Sigma, tem-se o objetivo de mapear e identificar as potenciais melhorias que podem ser efetuadas na célula e lhe conferir uma

melhor eficiência produtiva atrelada a uma disponibilidade e um nível de qualidade dentro do estabelecido pela companhia. Dentro deste composto podemos verificar que o problema da pesquisa será concentrado na questão:

“Como podemos aumentar a produtividade e eficiência no processo de aplicação de antiaderente em uma célula de pintura utilizando a metodologia Seis Sigma?”.

## **1.2 Objetivo**

No desenvolvimento deste projeto e com o estudo de caso proposto, tem-se o objetivo de identificar e compreender os conceitos da metodologia Seis Sigma aplicados no processo produtivo de aplicação de antiaderente em uma célula de pintura e a sua influência na melhora das performances produtivas.

## **1.3 Objetivos secundários**

Estudar e analisar a viabilidade da aplicação do método DMAIC em busca da melhoria na produtividade de um setor de produção.

Mapear o processo de aplicação de revestimento antiaderente, analisando a condição atual e verificando os possíveis pontos de melhoria de processo e aumento da produtividade OEE baseado na metodologia Seis Sigma.

Comparar os indicadores de produtividade e eficiência do processo de aplicação do antiaderente na célula de pintura antes e após a aplicação da metodologia DMAIC.

## **1.4 Justificativa**

O setor industrial de modo geral, está inserido em um contexto onde as mudanças ocorrem com uma velocidade imensa e a necessidade de aprimorar e manter seus negócios obrigam a um constante aperfeiçoamento de seus processos produtivos. Com este ambiente mutável e inconstante, as concorrências assumem um posicionamento onde a busca pela inovação e criação de novas ideias e técnicas de gestão são de fundamental importância para a sustentação dos negócios.

Com a finalidade de aprimorar seus processos produtivos, as empresas têm buscado a utilização de novas ferramentas e métodos de gestão para melhorar o sistema de produção e a utilização de técnicas de análises mais precisas para reduzir as perdas nos processos.

Este trabalho possui aspectos que o conferem importância relevante para seu desenvolvimento como: a aplicação dos conceitos sobre a metodologia Seis Sigma, a oportunidade de implementar os conceitos em uma unidade produtiva, a importância de melhorar a performance e consequente melhor posicionamento competitivo e a viabilidade econômica gerada com a diminuição das perdas e aumento da performance.

Para tanto se justifica a importância do desenvolvimento deste trabalho devido a necessidade de conhecer e desenvolver a utilização de uma metodologia de análise Seis Sigma que permita visualizar as perdas no processo e entender as variabilidades existentes e suas causas e como consequência alinhar sua estratégia de competitividade no cenário atual mediante a melhoria de sua eficiência produtiva.

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009), há uma enorme expectativa pela qualidade nos processos e produtos nas empresas e isso torna-se um fator “básico e qualificador” e não mero “ganhador de pedido”.

### **1.5 Metodologia aplicada**

Segundo Salomon (1997), o trabalho científico consiste na investigação e no tratamento por escrito de questões abordadas metodologicamente.

A metodologia aplicada neste trabalho está fundamentada basicamente na captação de conceitos e princípios das principais referências bibliográficas relacionadas a metodologia Seis Sigma.

De acordo com Valentini (2005), o método de estudo de caso é uma abordagem qualitativa e é utilizada para coleta de dados para estudo organizacional considerando que não tenha objetividade e rigor para se configurar enquanto um método de investigação científica.

A análise prática através de um estudo de caso efetuada em uma célula de manufatura proporcionará a fixação dos conceitos e metodologias adquiridas e demonstrará a veracidade de aplicação da metodologia Seis Sigma e os benefícios adquiridos com sua aplicação.

## **1.6 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está estruturado de forma a alocar os tópicos estudados em 5 capítulos com a intenção de facilitar a compreensão do leitor sobre o estudo efetuado.

No capítulo 1 foi efetuado uma Introdução direcionando o leitor ao objetivo principal e secundário, a justificativa para a efetivação deste trabalho e a metodologia aplicada.

No capítulo 2 apresentamos uma fundamentação da literatura, onde foram utilizados textos marcantes e relevantes de autores representativos sobre o assunto apresentado e tratado, demonstrando aspectos sobre o indicador OEE e seu desmembramento e a aplicação da metodologia DMAIC nos projetos Seis Sigma.

No capítulo 3 apresentamos o estudo de caso, efetuado e baseado na fundamentação literária, onde demonstramos a condição atual de um processo através dos índices medidos e a situação após a implementação de um projeto com a utilização da metodologia DMAIC para melhorar o indicador de OEE.

No capítulo 4 apresentamos as conclusões sobre os resultados obtidos com a utilização da metodologia DMAIC e as sugestões de aplicação da metodologia em outros processos existentes.

No capítulo 5 apresentamos a bibliografia utilizada para obtenção de conhecimento e para o desenvolvimento deste trabalho.

No capítulo 6 apresentamos os anexos de tabelas e documentos que auxiliam o entendimento das práticas implantadas na melhoria do processo.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 ESTRATÉGIA COMPETITIVA DAS OPERAÇÕES**

Na constante busca de competitividade das operações e sobre as análises competitivas efetuadas nas indústrias é essencial às administrações das empresas a implementação de uma estratégia competitiva operacional. Conforme Porter (1993), cada empresa que participa da competitividade na indústria possui uma estratégia competitiva operacional, seja ela explícita ou não.

Ainda segundo Porter (1993), a essência da formulação de uma estratégia competitiva é relacionar ao seu meio ambiente, sendo a indústria onde compete o maior aspecto desse meio ambiente.

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009), nenhuma organização pode planejar pormenorizadamente os aspectos de suas ações atuais ou futuras, mas todas as organizações podem beneficiar-se de ter a noção para onde estão dirigindo-se e de como podem chegar lá, ou seja, todas as organizações necessitam de alguma direção estratégica.

Segundo Porter (2004), a estratégia competitiva é a busca de uma posição competitiva favorável em uma indústria, a arena fundamental onde ocorre a concorrência e visa estabelecer uma posição lucrativa e sustentável contra as forças que determinam a concorrência na indústria.

#### **2.1.1 Estratégia**

A palavra estratégia possui, de acordo com várias fontes de consulta, vários significados e está presente em vários contextos, por tanto sua definição se torna abstrata pois contextualiza com várias situações e áreas de atuação. Nas mais antigas referências se dão aos exércitos militares e nas formas de combater o inimigo, por isso inicialmente as concepções eram em torno da capacidade do general em enganar o inimigo.

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009), estratégia é o padrão global de decisões e ações que posicionam a organização em seu ambiente e tem objetivos de fazê-la atingir seus objetivos de longo prazo.

Ainda segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), pelo termo estratégia entende-se que as decisões, tenham efeito abrangente, definam o posicionamento da organização e aproximem a organização de seus objetivos a longo prazo.

Conforme Oliveira (2003), no ambiente empresarial a estratégia está relacionada a arte de utilizar adequadamente os recursos físicos, financeiros e humanos, visando reduzir problemas e aumentar oportunidades de ganhos na empresa.

Ainda conforme Oliveira (2003), estratégia segue como um ajuste da empresa ao ambiente inserido, que em geral está em constante mutação, e a empresa necessita ajustar suas estratégias conforme as demandas do ambiente vão sendo alteradas.

Mintzberg e Quinn (2001), definem o termo estratégia como um modelo de pensamento futuro, integrado no processo decisório, baseado em procedimentos formalizados e articulador de resultado em um nível de programação.

### 2.1.2 Estratégia competitiva

Conforme Porter (2004), a estratégia competitiva deve surgir de uma compreensão das regras que determinam a atratividade de uma empresa e sempre possuir a meta de liderar e modificar as regras em favor da empresa.

Segundo Porter (2004), toda e qualquer estratégia competitiva adotada na indústria, independentemente de sua característica ou área de atuação, pode ser definida e ou classificada genericamente em: Excelência operacional com enfoque na redução de custo, inovação em produto que pode ser direcionada à diferenciação e na relação com o cliente.

Na figura 1, podemos observar, através do conceito apresentado por Porter, que as empresas podem optar estrategicamente pelo enfoque em diferenciação ou por liderança no custo total e a partir dessa definição traçar o alvo estratégico a ser adotado por todos os setores na empresa.

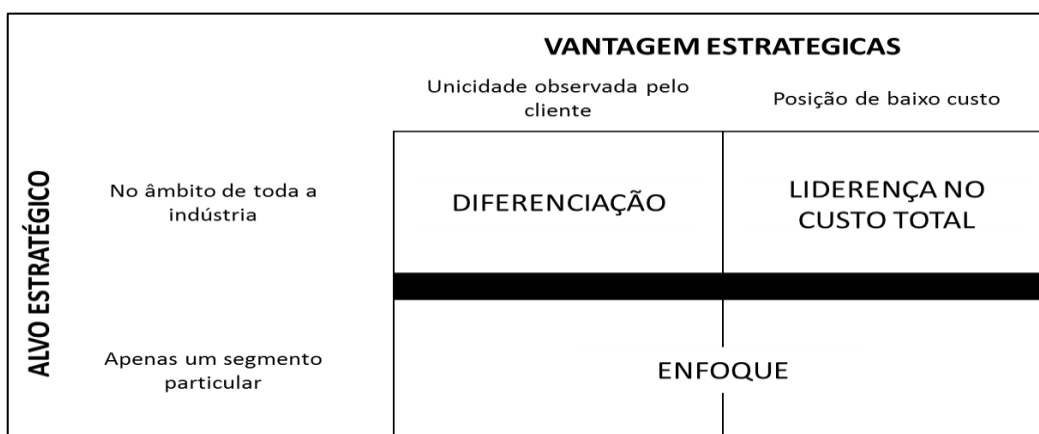


Figura 1: Estratégias competitivas de Porter

Fonte: Porter, M.E. Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústria e da concorrência, 2004, p.41

### **2.1.3 Excelência operacional**

Segundo Chase, Jacobs e Aquilino (2006), excelência operacional implica em a empresa dentro de sua estratégia enfatizar a redução do custo, melhora da qualidade, agilidade e rapidez nos processos, melhora constante na relação como os clientes e a melhoria constante nos processos operacionais.

Conforme Montenegro (2007), excelência operacional é um caminho de melhoria contínua que aprimora as competências essenciais da organização, requerendo um esforço ordenado para aperfeiçoar padrões e práticas, envolvendo todos os processos da empresa.

“Excelência Operacional é otimizar os processos, buscar a melhoria das operações. A consequência é a redução de custos e a melhoria do desempenho de forma sustentável.” (MONTENEGRO, 2007, p.33).

Ainda segundo Montenegro (2007), a excelência operacional está relacionada a valorização do bom desempenho, por meio de um trabalho realizado com sinergia e que envolve todas as áreas do processo que tem em comum os mesmos objetivos estabelecidos.

#### **2.1.3.1 Liderança pelo custo**

A estratégia de liderança no custo requer um enfoque de toda a organização na busca do objetivo comum de redução de custo e isto é primordial para a conquista da liderança num ambiente de concorrência. Estratégias de aprimoramento dos processos produtivos devem ser adotadas para a busca desta almejada condição.

De acordo com Maximiano (2010), um ponto de extrema relevância na questão da liderança por custo é que com custos de produção mais baixos e os preços mantendo-se na média de mercado, conseqüentemente o nível de lucratividade é aumentado significativamente.

Segundo Porter (2004), o líder no custo deve ter paridade ou proximidade com base na diferenciação relativa a seus concorrentes para ser um competidor acima da média, e conquistar a liderança no custo e manter sua competitividade.

Conforme Maximiano (2010), na estratégia pela liderança por meio do custo, o objetivo não é diferenciar-se dos concorrentes, mas oferecer um produto ou serviço mais barato.

### 2.1.4 Estratégia de operações

Segundo Chase, Jacobs e Aquilino (2006), a estratégia de operações deve se ocupar com as políticas e planos e a correta utilização dos recursos da empresa com o propósito de apoiar sua estratégia de longo prazo e deve estimular as inevitáveis modificações que podem ocorrer no transito da operação.



Figura 2: Conteúdo de uma estratégia de manufatura

Fonte: Adaptado de Chase, Jacob e Aquilino. Operations Management for Competitive Advantage, 2006.

Uma estratégia de manufatura de uma empresa deveria definir suas tecnologias, recursos humanos, organização, capacidade, interfaces e infraestrutura como observado conceitualmente na figura 2. É este elo que conecta a estratégia global de negócios de uma organização as ações dos seus recursos individuais.

Segundo Slack (1993), estratégia de manufatura é o conjunto das tarefas e decisões coordenadas que precisam ser tomadas para atingir as exigências dos objetivos competitivos da empresa.

Ainda segundo Slack (1993), a área produtiva entendendo seu papel dentro da organização e após a determinação dos objetivos de desempenho que contribuem para a estratégia global ela precisa formular conjunto de princípios que guiarão o processo de decisões e isto é estratégia de produção.

#### 2.1.4.1 Objetivo da estratégia de produção

Segundo Correa e Correa (2013), o objetivo da estratégia de produção é garantir que os processos de produção e entrega de valor ao cliente sejam alinhados com a intenção estratégica da empresa quanto aos resultados financeiros esperados e aos mercados a quem pretende servir e adaptados ao ambiente em que está inserido.

Conforme Moreira (1996), uma boa estratégia tem como objetivo definir a filosofia da organização e determina a correta alocação de recursos críticos para a implementação e avaliação dos planos adotados e seus impactos.

#### 2.1.5 Vantagem competitiva em manufatura

De acordo com Slack (1993), vantagem competitiva em manufatura é qualquer operação de manufatura ser capaz de estabelecer a importância relativa dos seus objetivos de desempenho e julgar o seu desempenho alcançado em termos de cada um deles.

Ainda seguindo a conceituação de Slack (1993), os objetivos de desempenho em manufatura são cinco: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custos.

Na figura 3, podemos observar com uma maior amplitude os aspectos internos e externos que conceituam o desempenho na manufatura e que direcionam as estratégias da manufatura.

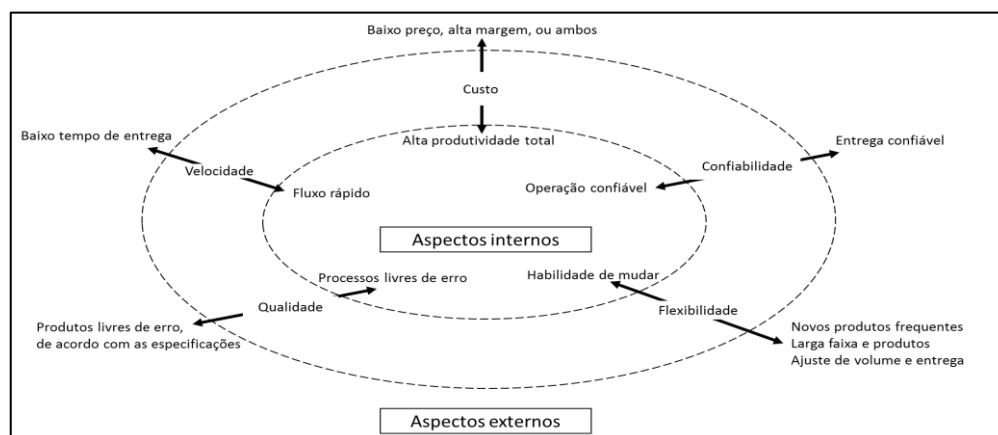


Figura 3: Objetivos de desempenho de manufatura e aspectos internos e externos  
Fonte: Adaptado de Slack, N. Vantagem competitiva na manufatura, 1993.

### **2.1.5.1 Desempenho de Qualidade**

O desempenho de qualidade está sustentado no conceito de fazer os produtos que estejam de acordo com as especificações de projeto sem cometer erros da maneira que ele tem que ser.

Para Slack (1993), alto nível de desempenho de qualidade não assegura apenas que os produtos atinjam o consumidor livres de erros, mas também que melhora o desempenho de todo o processo, seja velocidade, confiabilidade e custos.

### **2.1.5.2 Desempenho de Velocidade**

O desempenho da velocidade pode ser sintetizado em como fazer com que o intervalo de tempo entre o início do processo produtivo e a entrega ao cliente seja o menor possível, ou seja, menor do que a concorrência.

Segundo Slack (1993), o desempenho da velocidade aproxima os requisitos do cliente e a resposta da empresa, dando maior satisfação ao consumidor e menor complexidade à empresa.

Ainda conforme Slack (1993) o benefício com a estratégia de melhora no desempenho de velocidade promove alguns benefícios à empresa:

- Reduz atividade especulativa;
- Permite melhores previsões;
- Reduz despesa diretas;
- Reduz o material em processo;
- Expõe os problemas no processo.

### **2.1.5.3 Desempenho de Confiabilidade**

O desempenho de confiabilidade significa manter a data e o tempo determinado para a entrega, ou seja, estar capacitado a estimar datas de entrega com alto índice de acuidade.

Conforme Slack (1993), melhora no desempenho de confiabilidade significa cumprir as promessas de entrega, honrar os contratos estabelecidos e é a outra metade do desempenho de entrega junto com a velocidade de entrega.

Ainda segundo Slack (1993), um melhor desempenho de confiabilidade proporciona maior eficácia na operação em comparação com as operações que não possuem, pois gera economia de tempo da operação, economia de dinheiro com a redução de reprocesso e melhora a estabilidade da operação.

#### 2.1.5.4 Desempenho de Flexibilidade

O desempenho de flexibilidade é ser capaz de alterar e ou variar a operação seja por mudanças das necessidades dos clientes ou por mudanças no processo de produção.

De acordo com Slack (1993), desempenho de flexibilidade consiste na facilidade das manufaturas em reavaliarem suas habilidades em modificar o que faz e como faz para melhor atender as necessidades dos clientes.

Seguindo a conceituação de Slack (1993), um melhor desempenho de flexibilidade garante uma melhor agilidade na resposta da operação, gera economia de tempo no atendimento aos clientes e tão importante quanto é a manutenção da confiabilidade. A figura 4 exemplifica a cadeia de flexibilidade e como consequência o quão o sistema se torna flexível em toda sua operação.

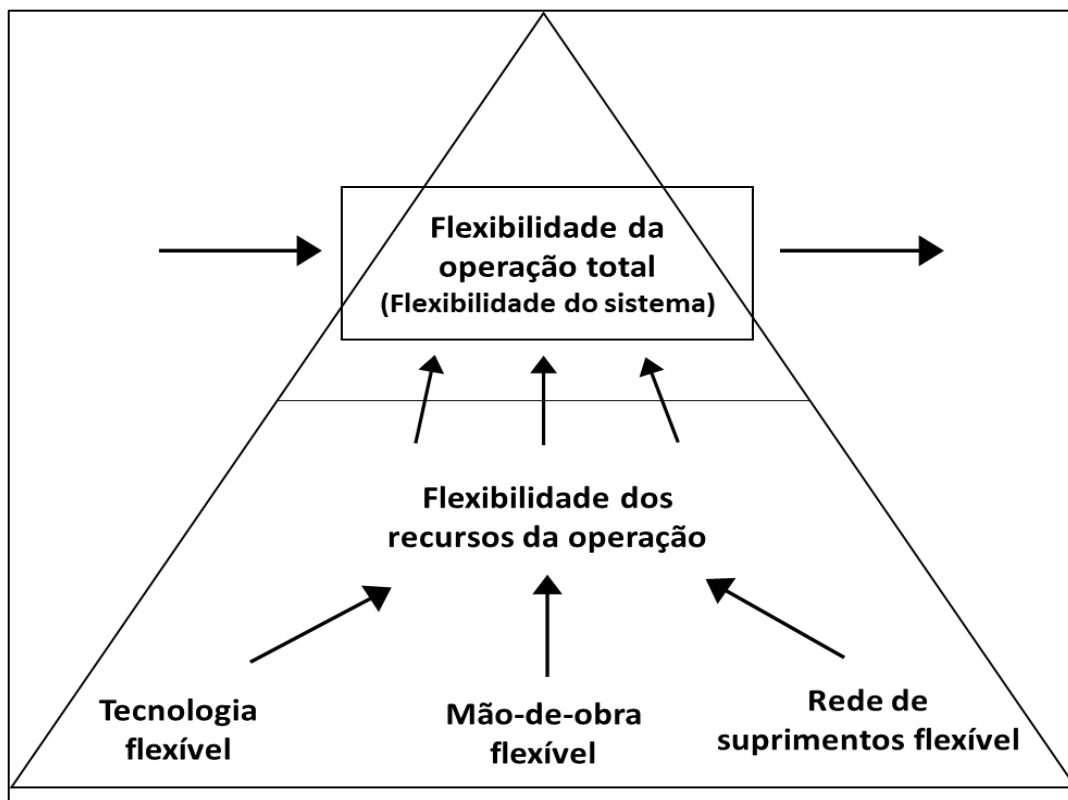


Figura 4: Flexibilidade de uma operação e a dependência de seus recursos  
Fonte Adaptado de Slack, N. Vantagem competitiva na manufatura, 1993.

### 2.1.5.5 Desempenho de Custo

A estratégia de atuação no desempenho de custo significa que podemos produzir os produtos a custos mais baixos do que os concorrentes podem manter.

Segundo Slack (1993), a estratégia na melhora do desempenho em custo, não apenas permite a operação com preços mais baixos, mas também pode aumentar significativamente a competitividade considerando que aumenta também a margem de contribuição.

## 2.2 PRODUTIVIDADE NA MANUFATURA

### 2.2.1 O que é produtividade

Segundo Correa e Correa (2013), produtividade é uma medida da eficiência com que recursos de entradas (insumos) de um sistema de agregação de valor são transformados em saídas (produtos).

Conforme Martins e Laugeni (2005), produtividade é a relação entre o valor do produto e/ou serviço produzido e o custo dos insumos para produzi-lo, definindo assim que a produtividade depende do *output* (numerador) e o *input* (denominador).

De acordo com Moreira (1996), produtividade pode ser definida como sendo a relação entre o que foi produzido e os insumos utilizados para essa produção (ou prestação de serviço).

Através das pesquisas bibliográficas efetuadas e pelas definições apresentadas pelos diversos autores, define-se produtividade como sendo a eficácia com o qual transforma-se um insumo em produto, utilizando os recursos adequados e no tempo determinado. A figura 5 ilustra este processo de transformação no qual conceitua-se todo modelo de produção.

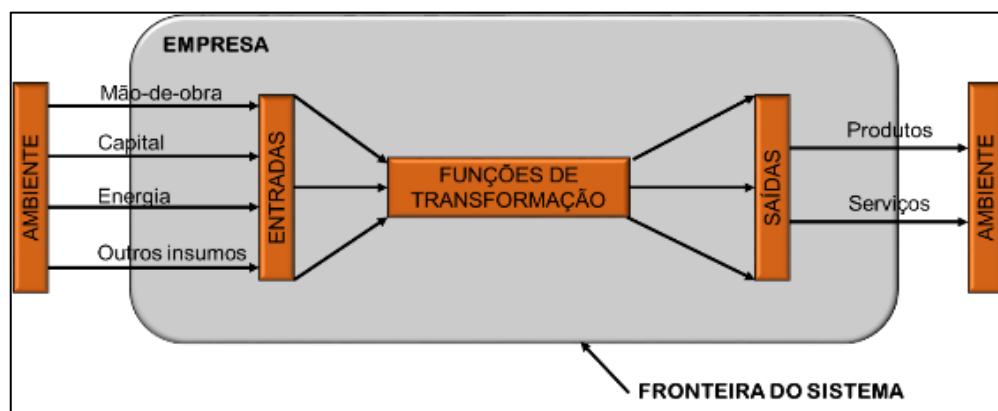


Figura 5: Sistema de produção

Fonte: Adaptado de Martins P.G. e Laugeni F.P. Administração da produção, 2005.

### **2.2.1.1 Produtividade parcial**

Segundo Moreira (1996), é a relação da produção com um dos insumos utilizados para a produção e/ou prestação de serviço, como mão de obra, energia, matéria prima. Ainda conforme Moreira (1996), a produtividade parcial é normalmente utilizada quando há grande dificuldade de se medir a produtividade total dos fatores.

Segundo Correa e Correa (2013), produtividade parcial é a relação entre o produto real bruto ou líquido mensurável (valor agregado) e uma classe qualquer de insumo mensurável.

De acordo com Martins e Laugeni (2005), produtividade parcial a relação entre o produzido, medido de alguma forma, e o consumido de um dos insumos utilizados como mão de obra, capital.

### **2.2.1.2 Produtividade total**

Conforme Moreira (1996), produtividade total é a relação da produção com todos os insumos necessários para obtê-la, desde os puramente físicos como matéria prima, energia até os mais complexos como capital e *know-how*.

Segundo Martins e Laugeni (2005), produtividade total é a relação entre a medida do *output* gerado entre dois instantes e a medida do *input* consumido entre os dois instantes, partindo do inicial para ambas medidas.

Segundo Correa e Correa (2013), produtividade total é a razão entre o produto real bruto mensurável (unidades prontas) e a combinação (soma) de todos os correspondentes insumos mensuráveis.

### **2.2.2 Capacidade de produção**

Segundo Slack (1993), a capacidade de produção pode ser definida como o máximo nível de atividade com valor adicionado em um determinado período de tempo que o processo pode realizar sobre condições normais de operação.

Segundo Correa e Correa (2013), capacidade produtiva pode ser entendida como o volume máximo potencial de atividade de agregação de valor que pode ser atingido por uma unidade produtiva sob condições normais de operação. Condições normais conforme a

literatura expõe, deve ser compreender que os equipamentos e processos estão adequados e nas condições de especificação do projeto.

Ainda conforme Correa e Correa (2013), capacidade deve ser vista como um potencial e não pode ser confundida com o nível de saída que a operação está produzindo em certo momento de tempo.

Entendida como capacidade de produção, diferentemente das duas perspectivas anteriores, pode ser definida segundo Slack (1993), como capacidade mensurada através do tempo e espaço, tornando sua mensuração muito mais facilitada e perceptível.

Ainda de acordo como Slack, Chamber e Johnston (2009), podemos mensurar a capacidade de produção como o nível máximo de atividade que adiciona valor ou procedimento de tarefas efetuadas durante um período de tempo sob condições normais de operação.

Conforme Montenegro (2007), na figura 6 está representado os principais fatores que causam impacto na perda de capacidade produtiva dos equipamentos e operações.

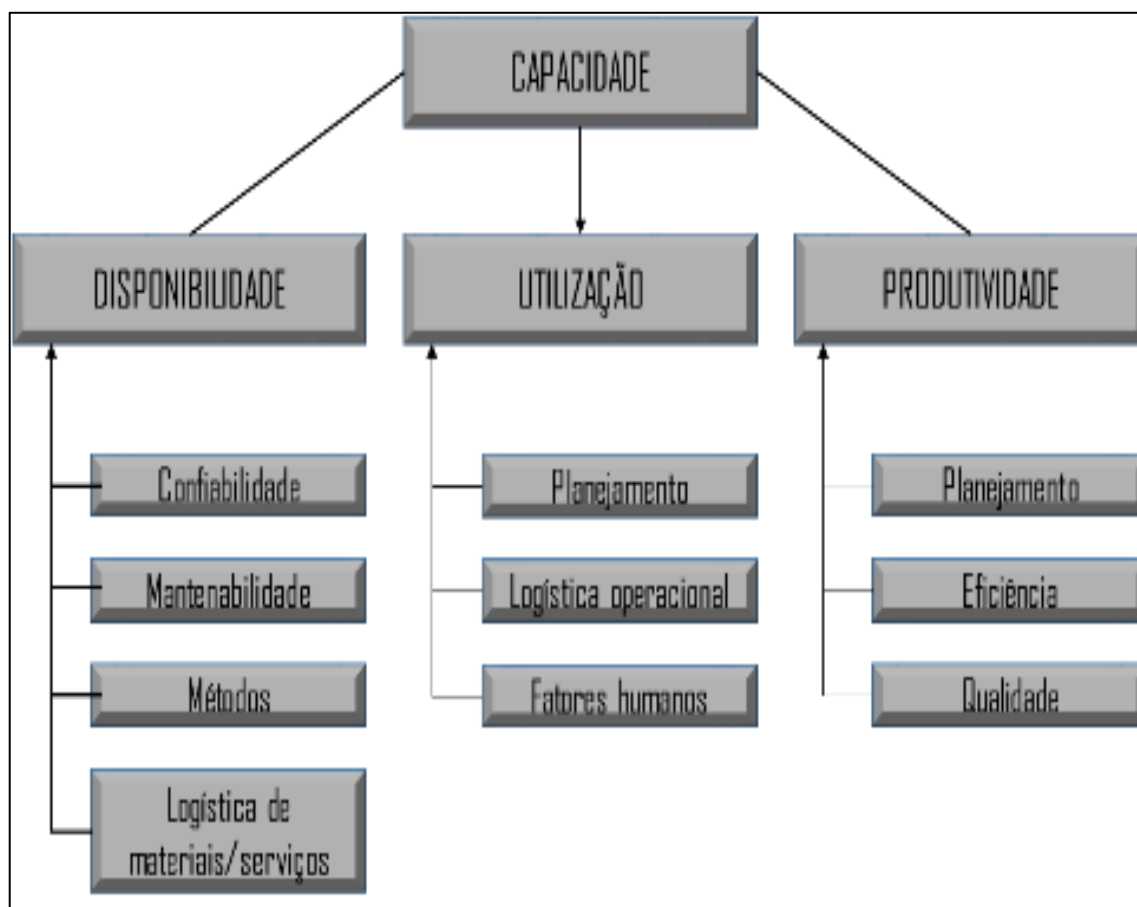


Figura 6: Fatores que causam impacto na capacidade produtiva.

Fonte: Montenegro, I. Excelência operacional: O desafio da melhoria contínua, 2007, p.36

### 2.2.3 Indicadores de desempenho produtivo

Conforme o Sebrae (2016), os indicadores de produtividade são muito importantes, pois permitem uma avaliação precisa do esforço empregado para gerar os produtos e serviços.

Para Moreira (1996), indicador de produtividade de modo geral serve como instrumento auxiliar na detecção de problemas e no acompanhamento do desempenho dos sistemas de produção ao qual se referem.

De acordo com Correa e Correa (2013), podemos afirmar que a medição do desempenho é definida como sendo o processo de quantificação das eficiências e da eficácia das ações tomadas por uma operação e as medidas de desempenho são as métricas utilizadas para quantificar a eficiência e a eficácia do processo.

A figura 7 demonstra a conceituação de que os indicadores de produtividade são ferramentas aplicadas na gestão dos processos produtivos com a função de avaliar o rendimento dos respectivos processos.

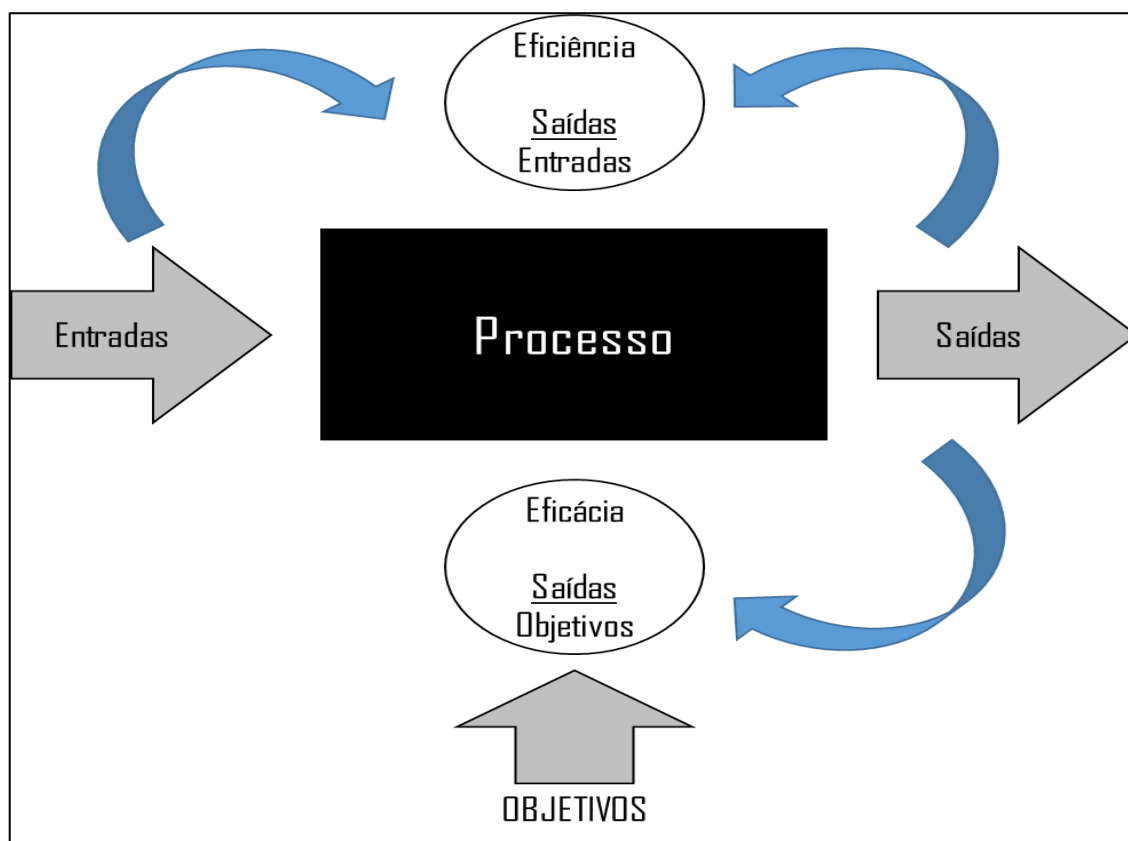


Figura 7: Eficiência e eficácia – Diferenciação

Fonte: Adaptado de Correa e Correa, Administração da produção e operações, 2013.

## 2.2.4 OEE

Segundo Chiaradia (2004), o cálculo do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) tem um papel fundamental na obtenção da eficiência dos equipamentos e processos, por tratar da métrica que não gera somente o resultado da eficiência, mas também permite análises das perdas a partir do desdobramento do cálculo.

“A utilização do indicador OEE vai além da determinação de um número que retrate a eficiência de um equipamento. O OEE permite, através de seu desdobramento, identificar onde se encontram os potenciais de melhoria de eficiência na fábrica. Esses potenciais de melhoria estão associados as perdas existentes nos equipamentos que se analisadas de maneira adequada, indicarão a direção de atuação que as equipes de trabalho deverão seguir para obter continuamente o aumento da eficiência dos equipamentos.” (CHIARADIA, 2004, p. 18).

Segundo Nakajima (1993), o cálculo do OEE tem um papel fundamental na obtenção da maximização das eficiências dos equipamentos e processos, pois trata da métrica que não somente gera resultados de eficiência, mas permite análises mais detalhadas das perdas a partir do desdobramento do cálculo.

Segundo Correa e Correa (2013), a métrica OEE é normalmente utilizada para o estabelecimento e acompanhamento das metas e também para monitorar a evolução da performance dos equipamentos e dos processos.

Conforme Montenegro (2007), é uma ferramenta simples e prática para monitorar e melhorar o desempenho global de um equipamento, uma linha de produção ou até uma linha completa, pois mede a eficiência global com relação ao nível de desempenho desejado.

Ainda segundo Montenegro (2007), o OEE é um número que possui um significado especial, mas os benefícios são oriundos do uso apropriado da informação e dos fatores que a compõem, ou seja, a identificação adequada das perdas no processo definirá um melhor processo de melhoria a ser adotado.

Conforme demonstrado na figura 8 e seguindo a conceituação de Montenegro (2007), a eficiência global OEE é obtida através do alinhamento entre qualidade, desempenho do processo e disponibilidade, pois não tem como garantir uma boa performance do processo sem que os recursos materiais e humanos não estejam sendo bem alocados.

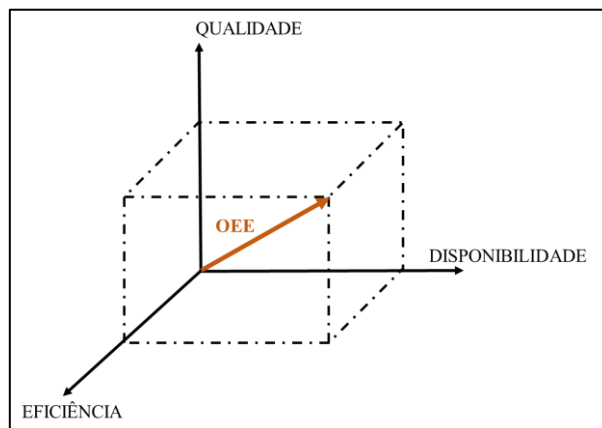


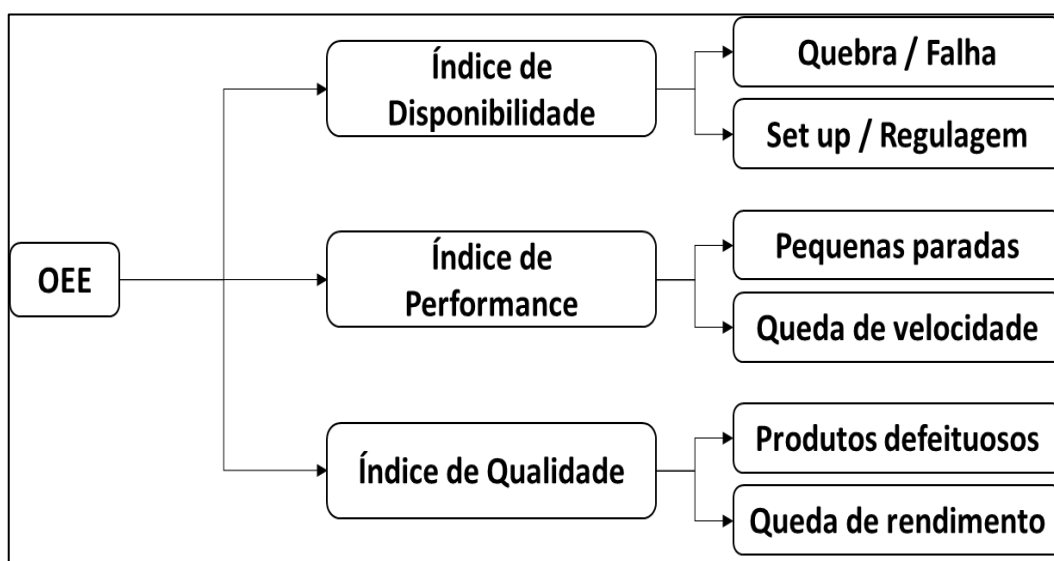
Figura 8: Forma tridimensional da OEE

Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Nakajima (1993), estão definidas seis grandes perdas que existem no processo e que influenciam diretamente a produtividade do setor produtivo. Estas perdas estão diretamente associadas aos índices que compõem a equação da OEE.

- Perda por quebra;
- Perda por set up ou regulagem;
- Perda por ociosidade;
- Perda por redução de velocidade;
- Perda por problema de qualidade;
- Perda por queda de rendimento.

No quadro 1, podemos compreender quais as possíveis falhas e perdas que podem ocorrer e qual o fator, que compõe o índice da OEE, pode ser afetado com essa falha.



Quadro 1: Perdas existente no processo

Fonte: Adaptado de Nakajima, Introduction to TPM, Productivity Press, 1993.

Na sequência com a Equação 1 está a composição dos fatores que compõem o índice de produtividade para formulação do OEE.

$$\mathbf{OEE = ID \times IP \times IQ}$$

Equação 1: Fórmula do OEE

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 2.2.4.1 Índice de disponibilidade

Segundo Chiaradia (2004), o índice de disponibilidade é a relação entre o tempo total disponível do equipamento, dependendo do período de análise, com o tempo efetivamente que o equipamento ou processo ficou em operação.

Na equação 2 podemos entender como formular o índice de disponibilidade e quais são os dados que compõem esta equação.

$$\text{ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE} = \frac{\text{Tempo de carga} - \text{Tempo de paradas não planejadas} \times 100\%}{\text{Tempo de carga}}$$

Equação 2: Índice de Disponibilidade

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 2.2.4.2 Índice de produtividade

Segundo Maximiano (2010), eficiência é a indicação de que a organização utiliza produtivamente, ou de maneira econômica, seus recursos e isso pode significar menor uso de recursos para produzir mais.

Ainda seguindo a conceituação de Maximiano (2010), a eficiência de um processo depende de como são utilizados os recursos:

- Executar as atividades de maneira correta;
- Executar as atividades de maneira inteligente com o mínimo esforço para melhor aproveitamento dos recursos;
- Executar as tarefas de maneira econômica dispondo da menor quantidade de recursos possíveis.

De acordo com Correa e Correa (2013), a eficiência é um indicador que tem a função de refletir o quão bem utilizado está o período de disponibilidade do processo, ou seja, quanto da saída de fato está sendo gerado em comparação com o padrão. Na equação 3 está o índice de eficiência e as informações do processo contabilizadas para se atingir este índice.

$$\text{ÍNDICE DE EFICIÊNCIA} = \frac{\text{Quantidade processada} \times \text{Tempo de ciclo teórico} \times 100\%}{\text{Tempo de operação}}$$

Equação 3: Índice de Eficiência

Fonte: Elaborado pelo autor

### 2.2.4.3 Índice de qualidade

Conforme Sebrae (2016), indicador de qualidade mede a forma como o produto é percebido pelo cliente e a capacidade de atender as expectativas do cliente.

Na equação 4 podemos entender como formular o índice de qualidade e quais informações devemos captar para montar a equação.

$$\text{ÍNDICE DE QUALIDADE} = \frac{\text{Quantidade processada} - \text{produto defeituoso} \times 100\%}{\text{Quantidade processada}}$$

Equação 4: Índice de Qualidade

Fonte: Elaborado pelo autor

### 2.2.5 Desperdícios no processo

Segundo Pyzdek (2003), os desperdícios no processo, são identificados em atividades que consomem recursos, mas que não agregam valor ao cliente. Estes pontos no processo são chamados de atividades que não agregam valor.

Segundo Ohno (1997), há vários tipos de desperdícios que podemos identificar dentro de um processo produtivo, mas podemos agrupar os desperdícios em sete grupos de atuação:

- Defeitos – peças defeituosas;
- Excesso de produção ou superprodução;
- Espera em um processo;
- Transporte;
- Movimentação;
- Processamento inadequado;
- Estoque.

Com novos desenvolvimentos e estudos sobre *lean manufacturing* e Seis Sigma, tem sido discutido a introdução de um novo grupo de desperdício que pode ser caracterizado como Habilidades Subutilizadas. Segundo a publicação de matéria na revista Indústria News (2014), os desperdícios com criatividade dependida, reuniões sem foco e sem a existência de planos de ação concretos, geram à amplificação das atividades que não agregam valor.

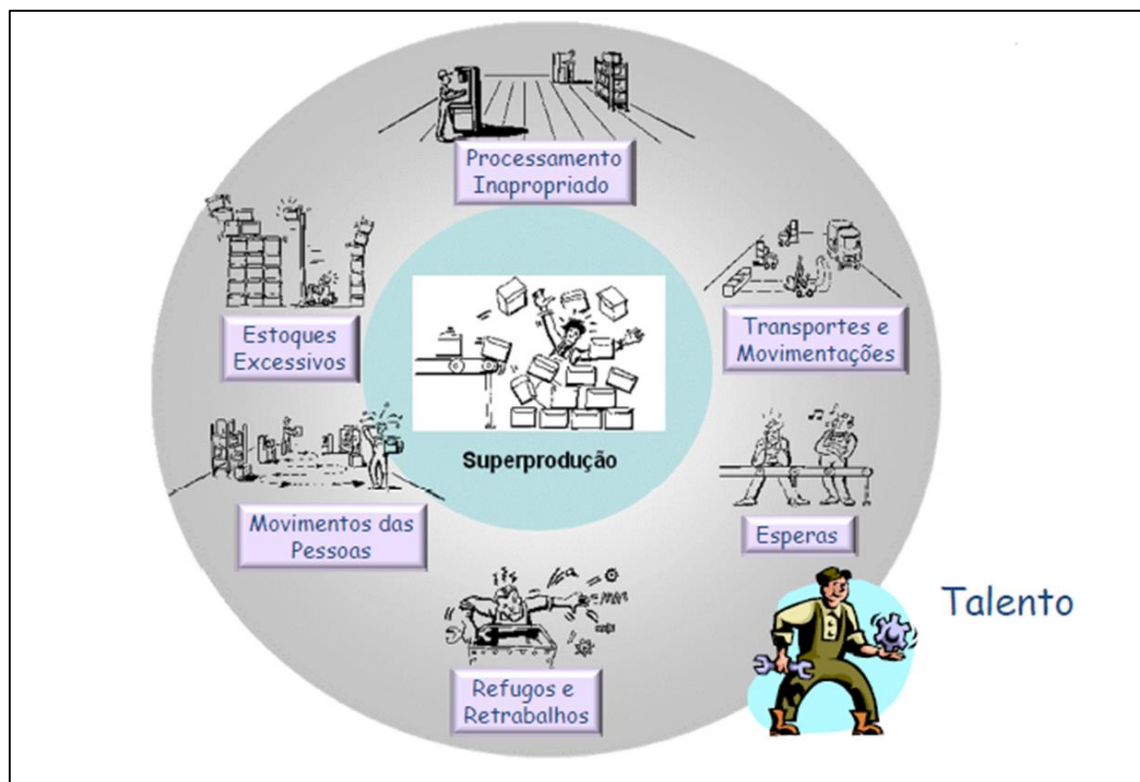


Figura 9: Oito desperdícios no processo produtivo  
Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 9 nos apresenta os oito desperdícios que devem ser explorados nas atividades de análise de problemas e oportunidades de melhoria nos processos, reforçando que o oitavo desperdício, o talento, tem sido recentemente incluído, pois seu reconhecimento ainda é relativamente novo.

## 2.3 SEIS SIGMA

### 2.3.1 O que é Seis Sigma

Embora a metodologia Seis Sigma apareça de certa forma como uma novidade nas tratativas de gestão atuais, é um conceito que reuni ferramentas já existentes, conhecidas e utilizadas na qualidade, mas como uma visão estatística apurada.

“Seis Sigma é uma rigorosa, focada e altamente eficaz implementação de comprovados princípios e técnicas de qualidade. Incorpora elementos do trabalho de vários pioneiros da qualidade e objetiva um desempenho livre de erros nos processos de negócios.” (PYZDEK, 2003, p.3).

De acordo com Rotondaro (2002), Seis Sigma é uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de bens e serviços, levando em conta todos os relevantes aspectos.

Conforme Pande et al (2002), Seis Sigma é uma metodologia estruturada e impulsionada por uma das necessidades dos clientes, pelo uso de fatos, dados e análises estatísticas e a atenção a gestão para melhoria dos processos e negócios.

Conforme Campos (2003), o Seis Sigma é uma estratégia que busca a satisfação dos clientes, diminuição de custos pela redução da variabilidade e conseqüentemente dos defeitos, pois, também representa uma medida de desempenho e meta para operação de processos, com uma taxa de falhas de até 3,4 por milhão de atividades ou oportunidades.

### **2.3.2 Qualificações básicas de um projeto Seis Sigma**

Segundo Pande et al. (2002), podemos explorar três qualificações básicas para enquadrar um projeto na metodologia Seis Sigma e tomar a decisão da utilização da metodologia de acordo com oportunidade.

A primeira é a de que antes de iniciar o projeto, deve-se ter conhecimento se no processo atual, existe uma lacuna entre o desempenho atual e o desempenho desejado e daí atuar nesta diferença para retomada do desempenho. A segunda qualificação é a possível utilização da metodologia, pois não se tem a causa raiz do problema identificado e conseqüentemente não há clareza do real problema. A terceira é quando a solução não é pré-determinada, onde pode ter ocorrido uma tomada de ação paliativa, mas a solução definitiva deverá ser encontrada.

Ainda segundo Pande et al. (2002), a identificação das oportunidades se deve a utilização de indicadores de desempenho, das quais sob a ótica de que destes indicadores, visualiza-se a qual distancia está o processo atual do desempenho esperado e também tem a condição de definição do escopo e dos critérios para atingir o sucesso no desenvolver do projeto.

### 2.3.3 Métrica do Seis Sigma

Segundo Pacheco (2014), do ponto de vista estatístico Sigma representa uma medida de variabilidade intrínseca do processo que é definido como desvio padrão e que é representado pela letra grega Sigma ( $\sigma$ ).

Segundo Pande et al (2001), estatisticamente, Seis Sigma significa que em uma distribuição normal centralizada, podem ser encontrados seis desvios padrões entre a média e o limite inferior de especificação (LIE – limite inferior especificado) e mais seis desvios padrões entre a média e o limite superior de especificação (LSE – limite superior especificado), resultando em 1,2 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO – defeitos por milhão de oportunidade).

Na tabela 1 podemos evidenciar o quanto cada nível Seis Sigma contribui para uma redução de defeitos no processo e qual a porcentagem no faturamento é influenciada pela diminuição do desperdício.

Nível Sigma	Nível de qualidade (%)	Taxa de erro (%)	Defeitos por milhão de oportunidades (DPMO)	Custo da não qualidade (% do faturamento)
1 $\sigma$	30,90	69,10	691,462	Não se aplica
2 $\sigma$	69,10	30,90	308,538	Não se aplica
3 $\sigma$	93,30	6,70	66,807	25 a 40
4 $\sigma$	99,38	0,62	6,21	15 a 25
5 $\sigma$	99,977	0,023	23,3	5 a 15
6 $\sigma$	99,99966	0,00034	3,4	<1

Tabela 1: Escala Sigma

Fonte: Adaptado de Pande et al, Estratégia Seis Sigma, 2002.

Conforme Pande et al (2002), o objetivo de se alcançar um desempenho Seis Sigma é o de reduzir ou estreitar a variação a um tal grau, que 6  $\sigma$  (6 desvios padrão) possam ser compreendidos a partir da média e dos limites definidos pelo cliente.

Segundo Rotondaro (2002), um processo pode ser considerado Seis Sigma ao atingir 4,5 desvios padrões entre a média e o limite inferior de especificação, pois é convencionalizado que toda curva normal sofre deslocamento médio de 1,5 desvios padrões.

No gráfico 1, temos demonstrado a curva característica de uma Variável Normal onde evidência os pontos avaliados e estudados na análise dos projetos Seis Sigmas.

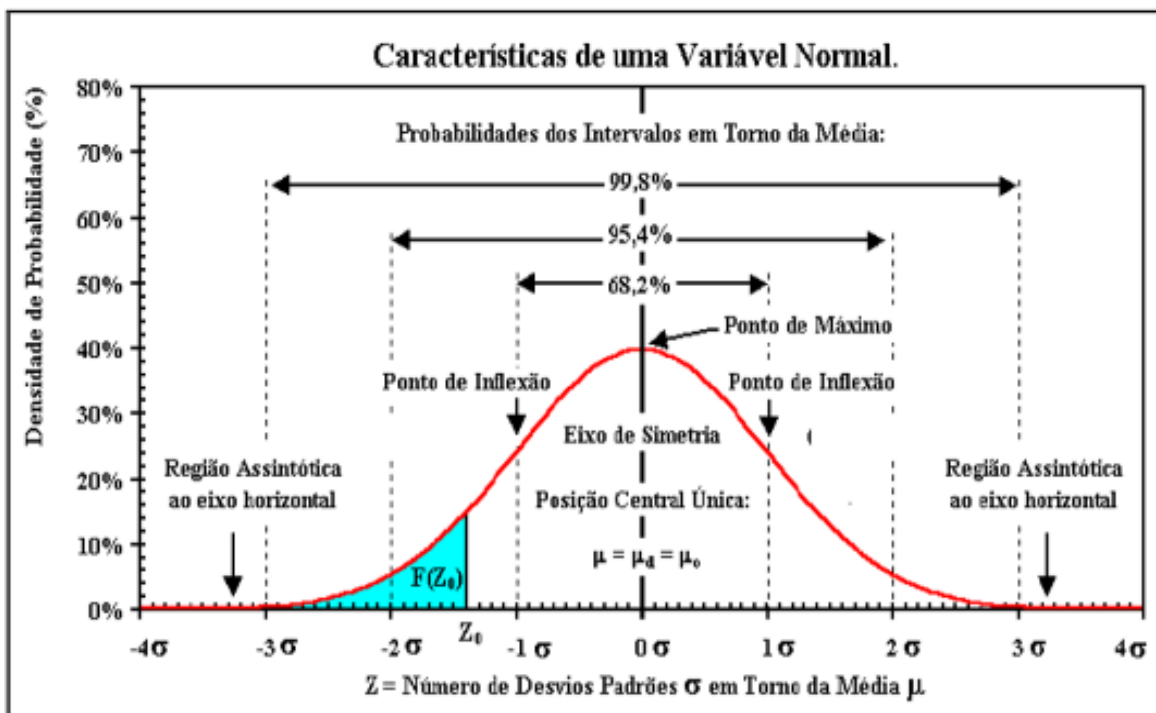


Gráfico 1: Curva de distribuição de probabilidade da função normal.

Fonte: Adaptado de Pande et al, Estratégia Seis Sigma, 2002.

### 2.3.4 Resultados obtidos com Seis Sigma

De acordo com Pyzdek (2003), o foco da metodologia é no cliente, na prevenção dos defeitos, na redução dos tempos de ciclo e na redução dos custos e isso faz com que os benefícios apareçam diretamente no *bottom line* da empresa.

Ainda conforme Pyzdek (2003), o maior ganho com a aplicação da metodologia é a melhora na lucratividade e satisfação dos clientes, pois clientes satisfeitos retornam e indicam a outros potenciais clientes.

Segundo Pande et al (2002), a ênfase dos Seis Sigma está em encontrar e apontar as soluções para as variáveis de menor importância (X) que afetam a variável (Y), portanto são projetos que em sua maioria buscam melhorias nos processos produtivos.

Através da figura 10, o conceito de empresa pode ser compreendido e analisado como o modelo de processo sob a visualização do fluxo de trabalho.

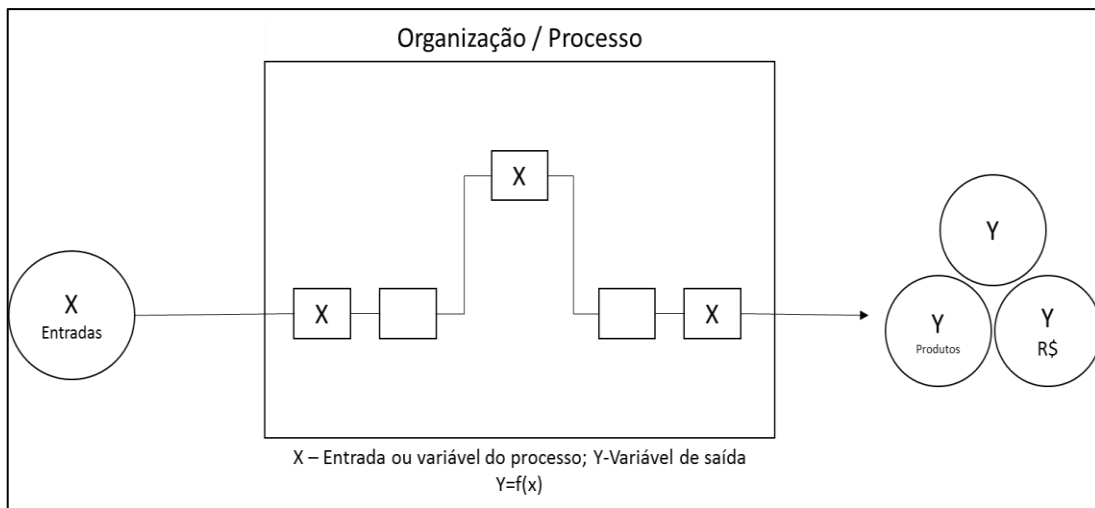


Figura 10: Modelo de empresa através da perspectiva do fluxo de processo  
 Fonte: Adaptado de Pande et al, Estratégia Seis Sigma, 2002.

Pande et al (2002), afirma que as empresas que tem adotado a metodologia Seis Sigma, tem registrado economia financeira, rapidez na entrega, além de novos e fortes relacionamentos com os clientes.

Ainda segundo Pande et al (2002), são benefícios comprovados com a utilização da metodologia: redução de custos, melhoria da produtividade, crescimento da fatia do mercado, retenção de clientes, redução de tempo de ciclo, redução de defeitos, mudança cultural e melhor desenvolvimento de produtos.

Ainda conforme Pyzdek (2003), a metodologia Seis Sigma tem um benefício direto na empresa que é a mudança comportamental, pois, criará uma mentalidade de otimização no raciocínio das pessoas e fará com que mudem a forma de fazer as mesmas coisas aproximando as pessoas dos processos.

Conforme Rotondaro (2002), os principais benefícios com a utilização da metodologia são:

- Redução da variabilidade do processo;
- Redução dos custos através das atividades que não geram valor;
- Aumento da qualidade de saída;
- Eliminação das fontes de defeitos;
- Eliminação do custo de má qualidade;
- Rapidez e maior probabilidade de sucesso;

- Mudanças e otimizações inovadoras na empresa;
- Habilidade de alavancar iniciativas de melhorias.

### **2.3.5 Metodologia Seis Sigma**

Conforme Rotondaro (2002), o Seis Sigma não considera a qualidade como uma conformidade com as normas e os requisitos internos da empresa. Ele define qualidade como sendo o valor agregado por um amplo esforço produtivo, buscando atingir objetivos estratégicos planejados pela companhia.

Conforme Pacheco (2014), a implementação do Seis Sigma envolve algumas etapas que são focadas na melhoria contínua e os modelos adotados podem ser o DMAIC para processo existente e DMADV para novos projetos:

*DMAIC – Define, Measure, Analyze, Improve e Control.*

*DMADV - Define, Measure, Analyze, Design e Verify.*

### **2.3.6 Modelo DMAIC**

Conforme Pyzdek (2003), o modelo DMAIC é utilizado quando um objetivo de projeto pode ser alcançado melhorando um produto, processo ou serviço já existente.

Segundo Pande et al (2002), trabalhando através do processo DMAIC as equipes estarão interagindo também com uma organização maior, entrevistando clientes, coletando dados e conversando com pessoas cujo trabalho sofrerá modificações com as soluções propostas.

Segundo Rotondaro (2002), o método DMAIC tem o foco na identificação dos problemas para a seleção dos projetos, coleta de dados para entender o desempenho, análise dos dados para conhecer as causas e formulação de ações para consolidar e manter as melhorias.

No quadro 2, podemos identificar as etapas na metodologia DMAIC, os objetivos de cada etapa e as ferramentas recomendadas para serem utilizadas em cada etapa.

ETAPA	Objetivos	Ferramentas
DEFINIR	Definir o escopo do projeto: importância, equipe, cronograma.	Project charter, Gráficos de controle; Análise de séries temporais, VOC; Análises econômicas.
MEDIR	Determinar o foco do problema, verificar a confiabilidade dos dados.	Coleta de dados; Estratificação; Amostragem; Folha de verificação; Diagrama de Pareto; Histograma; Índice de capacidade.
ANALISAR	Analisar o processo para determinar as causas potenciais do problema.	Fluxograma; Mapa do processo/ produto; FMEA; Brainstorming; Diagrama de causa efeito; Planejamento de experimentos.
MELHORAR	Identificar e avaliar as soluções prioritárias e implementá-las.	Brainstorming; Diagrama de causa efeito; FMEA; Teste de mercado; Stakeholder analysis; Simulação; 5W2H.
CONTROLAR	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo e padronizar as alterações.	Cartas de controle; Histograma; Índice de capacidade; Manuais; Procedimento padrão; Relatório de anomalias; Reuniões.

Quadro 2: Etapas do DMAIC, objetivos e ferramentas.

Fonte: Adaptado de Rotondaro, Seis Sigma, 2002.

## 2.3.7 Etapas do DMAIC

### 2.3.7.1 DEFINIR - *Define*

Definição do escopo do projeto. Conforme Rotondaro (2002), nesta etapa é muito importante a correta formação da equipe de trabalho, bem como clareza das informações sobre as metas individuais e do projeto final.

Conforme Pyzdek (2003), um objetivo estratégico a ser definido, pode ser reduzir a quantidade de defeitos e aumentar o rendimento de determinado processo.

### 2.3.7.2 MEDIR - *Measure*

Medição do desempenho do objeto de estudo. De acordo com Rotondaro (2002), nesta etapa são reunidas as informações sobre a situação atual do desempenho da área em estudo para a obtenção de uma base de dados (*baseline*), para extrair os problemas encontrados.

Conforme Pyzdek (2003), são estabelecidas métricas factíveis e confiáveis para auxiliar o monitoramento do progresso das metas a serem atingidas nos objetivos definidos na etapa definir.

### **2.3.7.3 ANALISAR - *Analyse***

Conforme Pyzdek (2003), são realizadas análises exploratórias e descritivas para auxiliar o entendimento dos dados e ferramentas estatísticas são utilizadas para guiar a análise.

Segundo Rotondaro (2002), nessa fase é que as melhorias se materializam no projeto e é onde a equipe interage com as pessoas que executam as atividades, sendo, portanto, uma fase crítica e é essencial testar as soluções implementadas.

Segundo Pande et al (2002), nesta etapa o time investiga os detalhes, melhora sua compreensão do processo e do problema, e se tudo correr como se espera, é identificado o motivo causador do problema, pois esta fase é para encontrar a causa raiz que gera o problema.

### **2.3.7.4 MELHORAR - *Improve***

Segundo Rotondaro (2002), nessa fase as melhorias se materializam no projeto, onde a equipe continua a interação com as pessoas que executam as atividades, sendo, portanto, uma fase crítica também.

Conforme Pyzdek (2003), nesta etapa utiliza-se de gerenciamento de projetos e outras ferramentas de planejamento e gestão para implementar a nova abordagem através de métodos estatísticos para validar a melhoria.

### **2.3.7.5 CONTROLAR - *Control***

Segundo Oliveira (2003), nesta etapa é a parte de sustentação à metodologia do Seis Sigma, pois o processo é monitorado para assegurar que não ocorram alterações inesperadas diferentes das previstas.

Segundo Pande et al (2002), nesta etapa deve-se evitar que o desempenho volte ao início da avaliação e por isso deve-se criar padrões para que os operadores trabalhem com a nova performance e desempenho esperado.

### 2.3.8 Ferramentas utilizadas no DMAIC

Na tabela 2 podemos identificar, de acordo com a literatura pesquisada, as ferramentas recomendadas para o desenvolvimento de cada etapa através da metodologia DMAIC e que podem, de acordo com o processo estudado, serem utilizadas na evolução do projeto.

Fase do projeto	Principais ferramentas utilizadas
Definir - <i>Define</i>	Dados internos da empresa Dados do cliente Contrato do projeto Ferramentas para levantamento do VOC – <i>voice of customer</i> Análise de risco Fluxograma do processo Análise de series temporais QFD – <i>Quality Function Deployment</i> SIPOC – <i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i> , <i>Benchmarking</i>
Medir - <i>Measure</i>	MSA – <i>Measurement system analysis</i> Capacidade do processo Estatística descritiva Histograma <i>Box plot</i> Diagrama de dispersão Pareto
Analisar - <i>Analyse</i>	Diagrama de Causa e Efeito <i>Brainstorming</i> Controle estatístico do processo e Gráficos de controle Análise Multivariada DOE – <i>Design of Experiments</i> Análise da Correlação e da Regressão Provas de Significância Estatística (Qui-quadrado, Teste-t, e Análise de Variância). FMEA – <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>

	Dispositivo à prova de falhas – <i>Poka Yoke</i> Simulação
Melhorar - <i>Improve</i>	Ferramentas de Planejamento e Controle de Projetos Protótipos Pilotos Manufatura enxuta – <i>Lean</i>
Controlar - <i>Control</i>	Novos procedimentos Reuniões Palestras Controle Estatístico do processo e Gráficos de Controle FMEA – <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> ISSO 9000

Tabela 2: Ferramentas utilizadas nas etapas do DMAIC  
Fonte: Pande et al, Estratégia Seis Sigma, 2002.

### 2.3.8.1 SIPOC

De acordo com Eckes (2001), o objetivo desta ferramenta é criar uma representação de como o processo opera para que se possa determinar o que não está funcionando.

Segundo Pande et al (2002), este mapa do processo define apenas as atividades principais do processo não entrando em detalhes como ponto de decisão.

SIPOC – *Supplier, Input, Process, Output, Customer*.

Fornecedor (*Supplier*) – grupo que fornece a entrada no processo.

Entradas (*Input*) – materiais, informações ou outros recursos.

Processo (*Process*) – atividade que transforma as entradas em saídas agregando valores.

Saídas (*Output*) – produto, serviço ou informações que são enviadas ao cliente.

Clientes (*Customer*) – grupo que recebe a saída do processo.

A figura 11 demonstra um exemplo de mapeamento de processo de assistência técnica para linha telefônica através da utilização da ferramenta SIPOC.

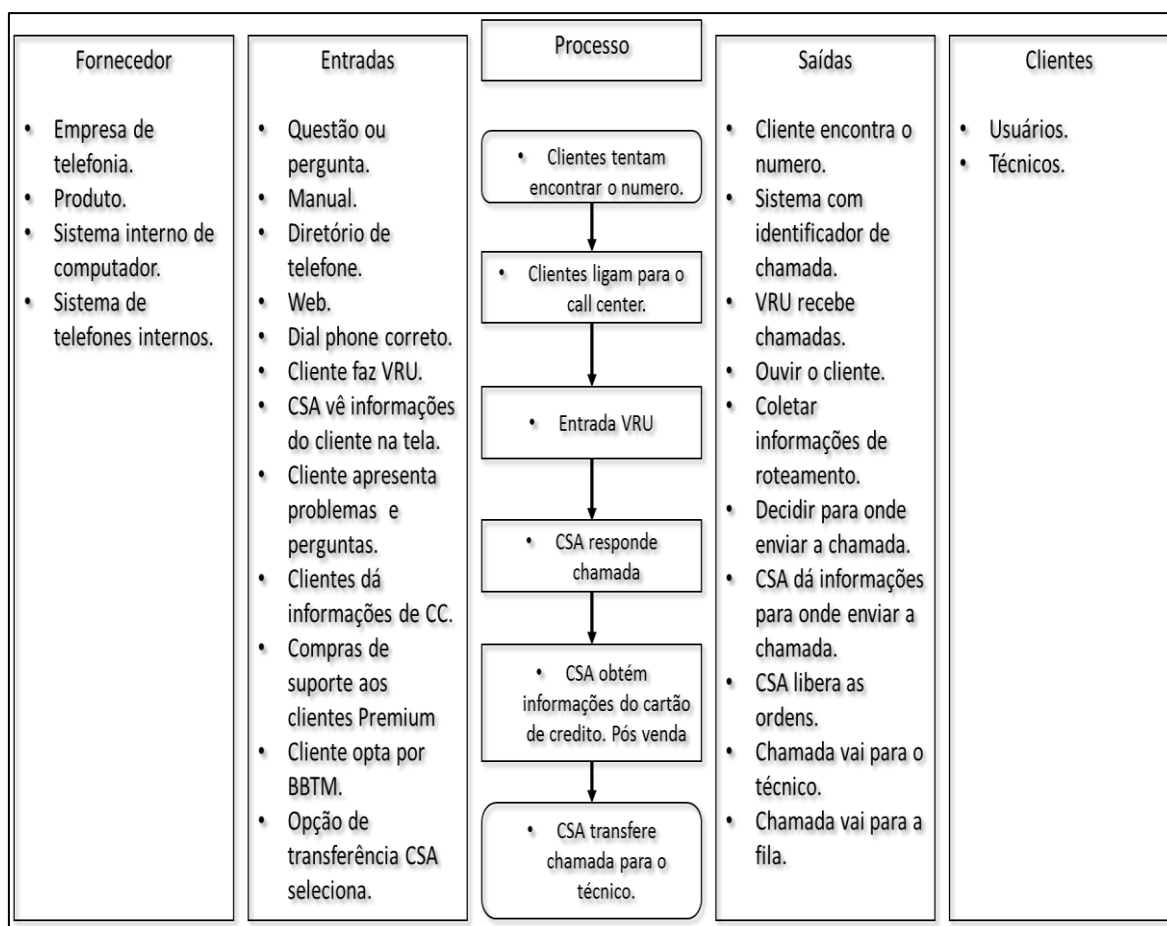


Figura 11: SIPOC para contato na assistência técnica  
 Fonte: Pyzdek, The Six Sigma Handbook, 2003 p.391

### 2.3.8.2 MAPEAMENTO DE RISCOS

De acordo com Pyzdek (2003), um mapeamento dos possíveis riscos existente no desenvolvimento do projeto, garante ao piloto e a equipe que atua no projeto, uma plenitude no decorrer do desenvolvimento e nas eventuais tomadas de decisão decorrente aos problemas identificados e as ações a serem tomadas para que os riscos não prejudiquem o andamento do projeto.

No quadro 3, podemos observar um exemplo das indicações mínimas necessárias para o mapeamento de risco e o range classificatório que pode ser atribuído a cada item.

Elemento de risco	Descrição	Probabilidade de ocorrência	Gravidade do impacto	Estratégia de resposta	Responsável
Área do Problema	Descrição do problema	1 a 10	1 a 10	Ação para conter o problema	Quem irá acompanhar a ação

Quadro 3: Mapeamento de risco  
 Fonte: Adaptado de Pyzdek, The Six Sigma Handbook, 2003.

### 2.3.8.2 FLUXOGRAMA DE PROCESSO

De acordo com Pyzdek (2003), o fluxograma de processo é uma representação gráfica que demonstra as entradas, as ações e as saídas dos processos, além dos pontos de tomadas de decisão em um determinado sistema.

Segundo Pande et al (2002), o fluxograma de processo é normalmente utilizado para mostrar detalhes do processo, caminhos alternativos, pontos de tomada de decisão e compreender os pontos críticos que causam as ineficiências no processo.

Na figura 12, observamos um exemplo de fluxograma de processos que utilizando as figuras geométricas, recomendadas pelas normas ABNT, representam cada etapa do processo, fornecendo condições de compreender cada fase para o estudo ou análise de oportunidade de melhoria.

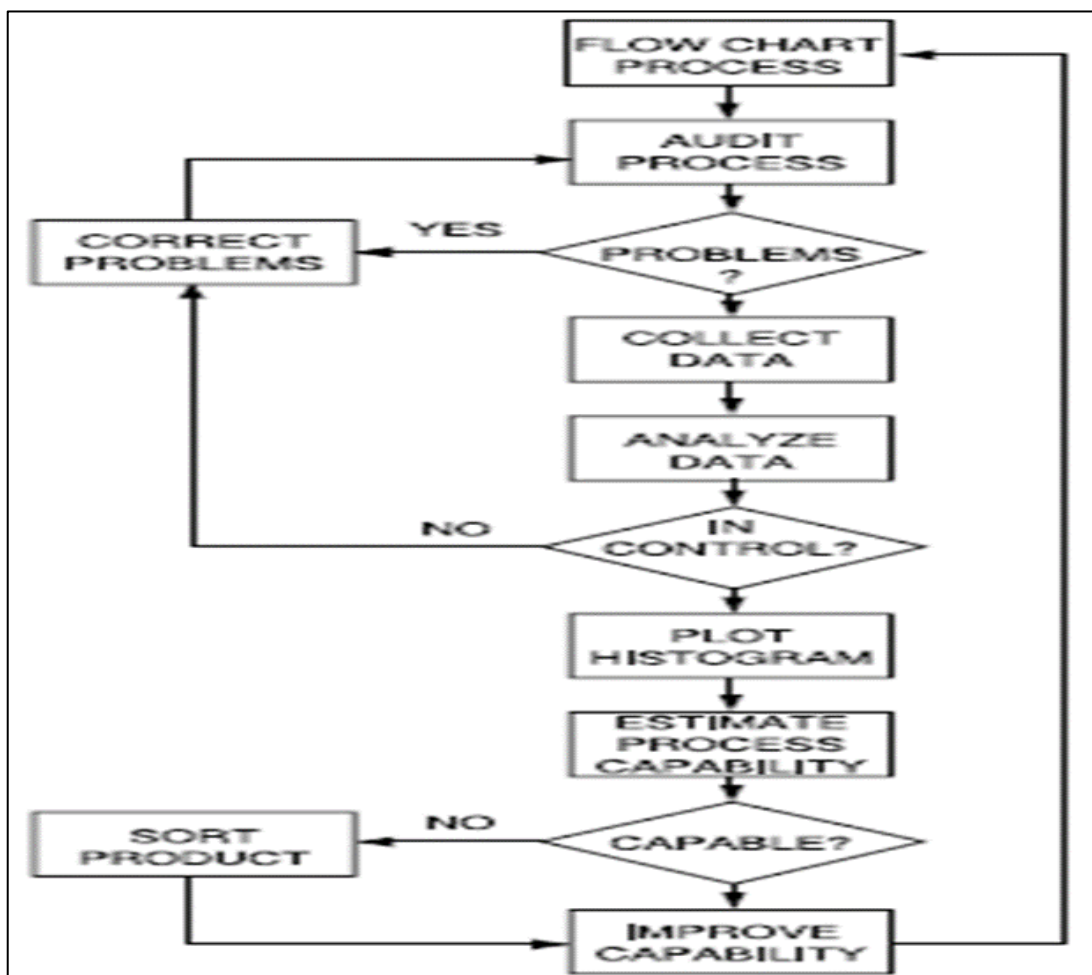


Figura 12: Fluxograma de Processos

Fonte: Pyzdek, The Six Sigma Handbook 2003 p.256

### 2.3.8.3 DIAGRAMA DE PARETO

Segundo Rotondaro (2002), diagrama de Pareto são gráficos que fornecem informações de forma mais simples e que todos na organização compreendem e conseguem interpretar e em qualquer nível hierárquico.

Conforme Pyzdek (2003), a análise através do diagrama de Pareto é o processo de classificação das oportunidades para determinar qual de várias oportunidades em potencial devemos analisar e desenvolver primeiramente.

Na figura 13, podemos observar o nível e a quantidades de informações que o gráfico de Pareto pode fornecer para facilitar a compreensão do problema existentes no processo.

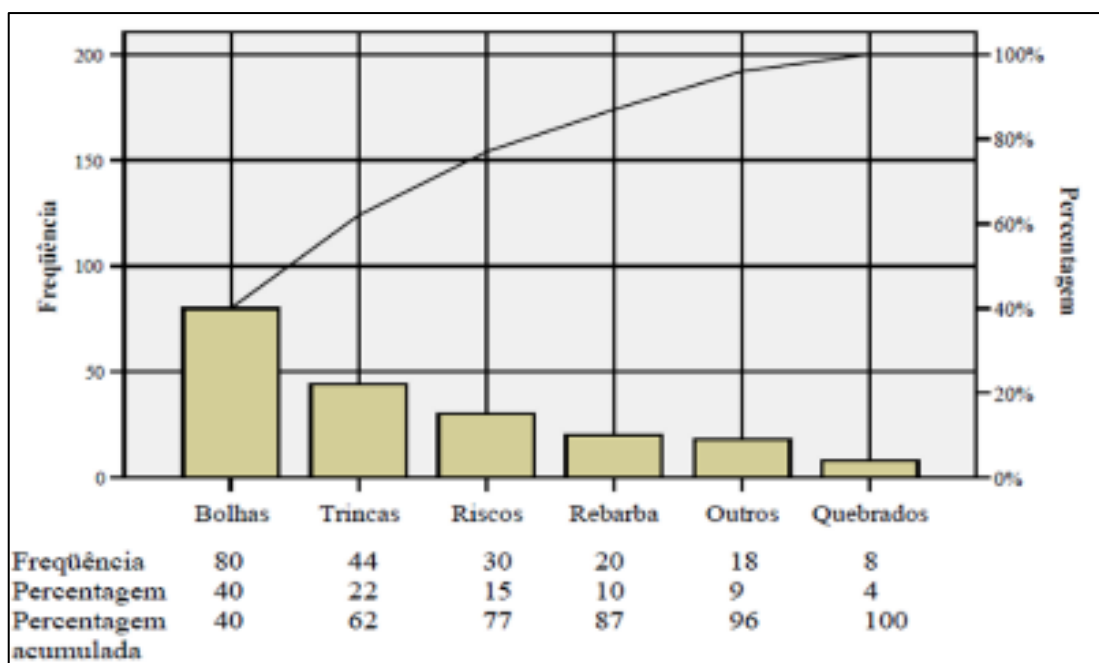


Figura 13: Diagrama de Pareto

Fonte: Adaptado de Rotondaro, Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços, 2002, p.40

### 2.3.8.4 HISTOGRAMA

Segundo Rotondaro (2002), o histograma é uma representação gráfica dos dados quantitativos agrupados em classes de frequência onde é possível verificar a forma da distribuição assim como o valor central e a dispersão dos dados.

Segundo Pande et al (2002), histograma é um tipo de gráfico que demonstra a distribuição ou as variações de uma base de informação sobre uma escala pré-determinada para quantificar a frequência de ocorrências ou aparições da ocorrência ao longo de um período.

A figura 14 demonstra um exemplo de captação e ordenamento das informações através da ferramenta estatística chamada histograma, que organiza e concentra os dados do processo de forma a facilitar o entendimento das maiores causas de defeito no processo.

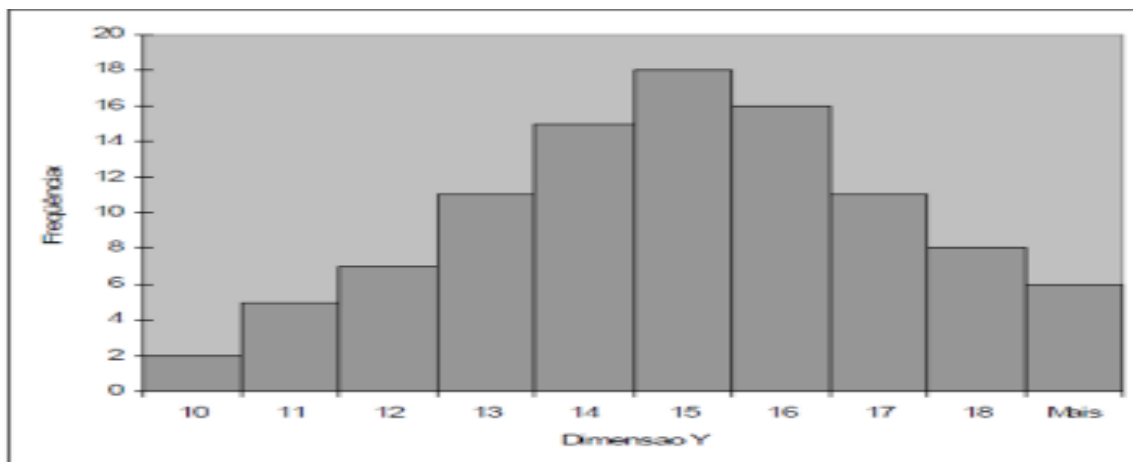


Figura 14: Exemplo de Histograma  
 Fonte: Pyzdek, The Six Sigma Handbook 2003, pg. 378

**2.3.8.5 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO**

Conforme Pyzdek (2003), o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta que é usada para organizar graficamente e exibir para conhecimento de todos, as relações dos possíveis problemas e suas causas.

A figura 15, demonstra um exemplo de diagrama de causa e efeito, onde é explodido e identificado todas as possíveis causas dos problemas no processo para facilitar a priorização.

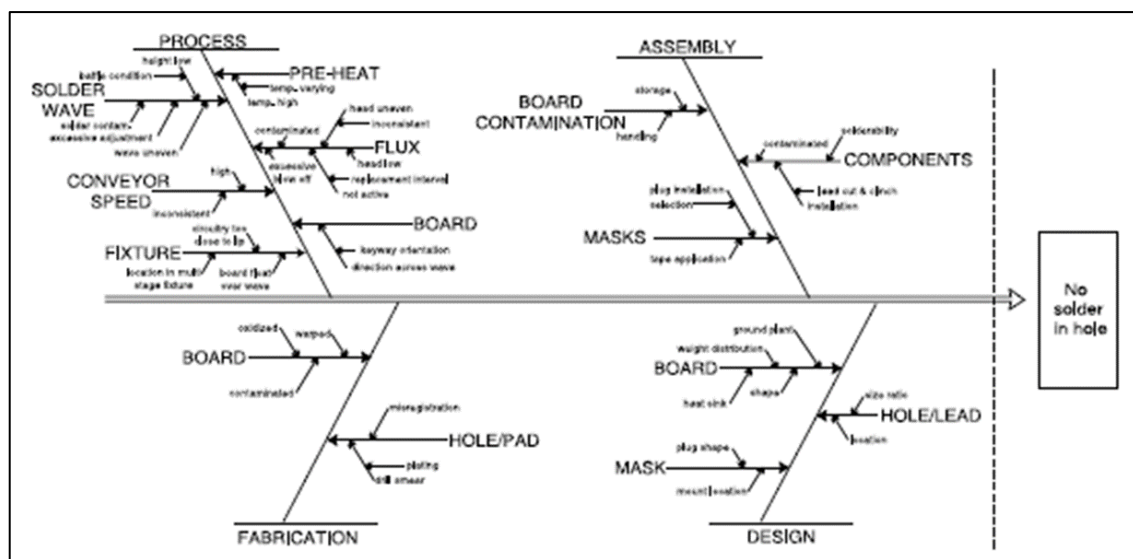


Figura 15: Exemplo de Diagrama causa efeito  
 Fonte: Pyzdek, The Six Sigma Handbook, 2003 p.263

Segundo Werkema (2004), o diagrama de causa e efeito é utilizado para apresentar a relação existente entre o resultado do processo (efeito) e os fatores (causas) desse processo que pode afetar o resultado.

### 2.3.8.6 GRÁFICO DE CONTROLE

Segundo Rotondaro (2002), o controle estatístico do processo é utilizado na fase de controle para monitorar o processo e mantê-lo com um desempenho adequado e previsível e evita que se percam as melhorias efetuadas nas fases anteriores.

Conforme Werkema (2004), a variabilidade de um processo mantém-se estável quando o processo está sujeito apenas as causas aleatórias e nessa condição o processo está sobre controle estatístico demonstrando comportamento estável e previsível.

Segundo Pyzdek (2003), os gráficos de controle nos mostram a condição do processo em um determinado período e tem a função de facilitar o entendimento da real situação do processo ao longo desse período para as devidas análises e tomadas de decisão.

A figura 16, demonstra um gráfico de controle onde é apresentado os limite de atuação medidos durante um período e a linha média que é definida a partir das bases de informações captadas e plotadas no gráfico.

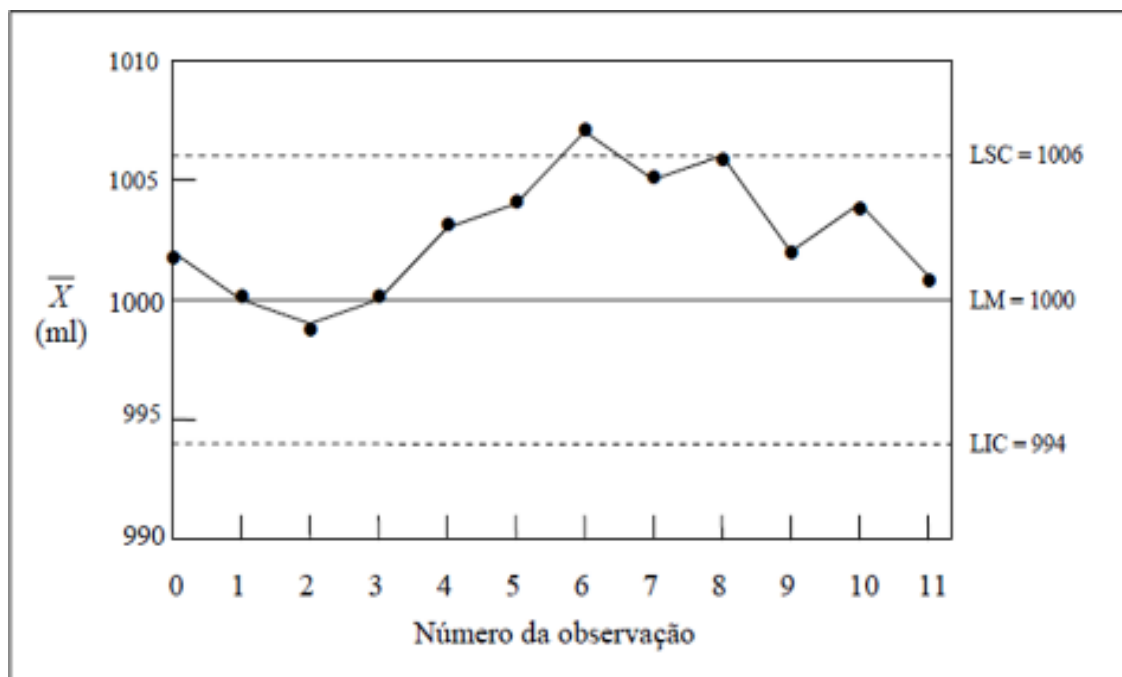


Figura 16: Exemplo de Gráfico de controle  
Fonte: Pyzdek, The Six Sigma Handbook, 2003 p.397

### 2.3.9 Membros do Seis Sigma



Figura 17: Hierarquia dos profissionais Seis Sigma  
Fonte: Adaptado de Werkema (2004)

A figura 17 deixa claro através da pirâmide como é caracterizada a hierarquia entre os membros habilitados a desenvolverem os trabalhos e os níveis de decisão dentro dos projetos Seis Sigma.

#### 2.3.9.1 Sponsor

Segundo Werkema (2004), Sponsor é aquele que irá promover e definir as diretrizes para implementação do Seis Sigma e garantir o alinhamento com a estratégia da empresa.

Conforme Pande et al (2002), os Sponsor são os responsáveis pela área delimitada pelo projeto e dão suporte integral aos Black belts e aos Green belts para o desenvolvimento adequado dos projetos executados.

#### 2.3.9.2 Champions

Conforme Eckes (2001), Champions são os gestores ou diretores e possuem responsabilidades para selecionar os membros formadores da equipe e a orientação estratégica sobre os objetivos e metas para do time.

### **2.3.9.3 Master Black Belt**

Conforme Pande et al (2002), os Master Black Belts são chamados de coordenadores do programa Seis Sigma e são responsáveis por assessorar os *Sponsors* e *Champions* e atuar como mentores dos *Black Belts* e *Green Belts*, com o objetivo de facilitar a comunicação entre eles.

De acordo com Pyzdek (2003), este é o mais alto nível técnico obtido no desenvolvimento do programa. É uma posição que possui técnicas de liderança no desenvolvimento do programa Seis Sigma e atua no desenvolvimento dos Black e Green Belts assim como no desenvolvimento de grandes projetos.

### **2.3.9.4 Black Belt**

Conforme Werkema (2004), os *Black Belts* lideram equipes na condução dos projetos e juntamente com os Green Belts devem ser os agentes da mudança que implementarão a cultura Seis Sigma na organização.

De acordo com Pyzdek (2003), são pilotos treinados tecnicamente e voltados à utilização de ferramentas estatísticas mais avançadas para a resolução de projetos maiores e também tem a função de treinar e orientar os Green belts no desenvolvimento de projetos.

### **2.3.9.5 Green belt**

Conforme Pande et al (2002), estes profissionais participam da equipe dos *Black Belts*, tendo características similares as do *Black Belts*, porém com menor ênfase nos aspectos comportamentais e não são necessariamente dedicados integralmente aos projetos.

De acordo com Pyzdek (2003), Green Belts são líderes de projeto capazes de conduzir e gerenciar times em projetos Seis Sigma. São pessoas treinadas consistentemente em ferramentas que as capacitam para condução dos projetos de forma adequada e correta.

### **3. ESTUDO DE CASO**

#### **3.1 Metodologia**

##### **3.1.1 O que é estudo de caso**

“Um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.” (YIN, 2005, p. 35).

Segundo Gil (2009), apesar das diferenças conceituais de diversos autores é possível definir estudo de caso mediante a identificação de suas características essenciais:

- É um delineamento de pesquisa;
- Preservação do caráter unitário do fenômeno pesquisado;
- Investiga um fenômeno contemporâneo;
- Não separa o fenômeno do seu contexto;
- É um estudo de profundidade;
- Requer a utilização de múltiplos procedimentos de coleta de dados.

##### **3.1.2 Vantagem do estudo de caso**

“Os estudos de caso possibilitam estudar em profundidade o grupo, organização ou fenômeno, considerando suas múltiplas dimensões. Neste aspecto, apresentam notável vantagem em relação aos levantamentos que embora caracterizados pela precisão, fornecem informações bem mais superficiais, pois, de modo geral, se fundamentam na utilização de uma única técnica de coleta de dados como questionário ou entrevista, já os estudos de caso por se referirem a um ou poucos objetos, possibilitam a utilização de instrumentos e conferem maior profundidade aos dados.” (GIL, 2009, p. 15).

Segundo Gil (2009), dentre as razões para realizar um estudo de caso, provavelmente a de maior relevância é proporcionar o estudo de um grupo, de uma organização ou mesmo de uma comunidade como um todo.

Gil (2009), conceitua ainda que o estudo de caso proporciona uma quebra na limitação do processo de mudança e é possível estudar esse âmbito no desenvolvimento do projeto.

Yin (2005), afirma que o método de estudo de caso é adequado para responder as questões “como” e “por que”, que são questões explicativas e tratam de relações operacionais que ocorrem ao longo do tempo mais do que frequências ou incidências.

### **3.1.3 Metodologia adotada**

Com base na pesquisa bibliográfica, definiu-se que será aplicado o método de estudo de caso, pois é o método exploratório mais adequado para analisar a situação do processo produtivo atual da linha de pintura e propor alternativas para melhorar a performance do processo de aplicação de antiaderente nesta célula, através da melhora do índice de eficiência produtiva.

Com a utilização deste método, pode-se explorar com maior precisão o desempenho do processo na condição atual que se encontra e baseado na bibliografia investigada, definir a atuação, montar as análises e tomar as decisões mais assertivas para melhorar a performance deste processo produtivo.

## **3.2 Empresa**

A empresa SEB do Brasil Produtos Domésticos Ltda, faz parte de um conglomerado de empresas pertencentes ao Groupe SEB que é um enorme consórcio francês que detém a propriedade de inúmeros produtores de eletrodomésticos e utensílios domésticos pelo mundo.

O Groupe SEB possui mais de 150 anos de história e foi criado pelo francês Antoine Lescure Selongy. Inicialmente especializada na fabricação de baldes e regadores, expandiu gradualmente o seu âmbito atuando em produtos como utensílios de cozinha, banheiras de zinco, etc. No início do século XX, começou a mecanizar seus negócios com a aquisição da primeira *Stamping*. Naquela época, a influência da empresa era puramente regional e um grande passo foi dado em 1953, com o lançamento da panela de pressão, o que dá à empresa, agora conhecida como Borgonha Stamping Company, uma dimensão nacional. A história do Grupo, em seguida, escrito por uma sucessão de fases de aquisições e crescimento organizado e que por 40 anos, permitiu ao Groupe SEB diversificar o seu portfólio e contribuir para a sua expansão internacional.



### 3.3 Definição do estudo de caso

Nesta etapa, de acordo com a metodologia adotada é a *define*, é onde se é definido o escopo do projeto e área de atuação, considerando que o piloto do projeto com qualificação Green Belt, reúna uma equipe multidisciplinar para atuar na captação das informações e no desenvolvimento e análises deste estudo.

Em conjunto com a direção da empresa e com os responsáveis pela gestão industrial e de melhoria contínua da unidade de São Bernardo do Campo, efetuou-se uma avaliação das células de produção com baixas performance e produtividade que seriam consideradas elegíveis para o estudo de caso. De acordo com a representatividade de cada setor produtivo na área industrial, a célula de pintura e aplicação de antiaderente foi escolhida para a implantação do projeto de melhoria da eficiência global. A célula de pintura e aplicação de antiaderente, objeto deste estudo, recebe a nomenclatura de RC2 (*Roller Coating 2*), porque é a segunda célula existente na planta para este tipo de aplicação no produto.

Com o objetivo de melhorar a produtividade e eficiência desta célula de produção, foi definido pela direção da área industrial que os três fatores que contabilizam a fórmula da eficiência global (OEE), sejam tratados no projeto e sob a coordenação do piloto de projeto qualificado como Green Belt. Com essa definição, todo o projeto simples vai enfatizar as falhas sistemáticas que possam prejudicar a eficiência de cada fator e proporcione melhorias no processo produtivo e ainda deve trazer possíveis retornos financeiros à indústria.

#### 3.3.1 Análise dos Riscos

Análise de risco é uma matriz de possíveis ocorrências e falhas que podem acontecer durante a condução do projeto. Essa ferramenta é de grande importância, pois norteia o piloto do projeto e os colaboradores multidisciplinares que participam e contribuem no desenvolvimento do projeto sobre os problemas que podem ocorrer no decorrer das atividades. Com a identificação das possíveis causas de insucesso, devemos ter alguma reação para que o projeto não sofra impactos com os riscos previamente identificados.

Segue no quadro 4 a análise de risco efetuada pela equipe comandada pelo piloto do projeto, para identificar os potenciais riscos na condução e na implantação das ações de melhoria no projeto da célula em estudo. A análise de risco demonstrado, gradua cada fator de risco de acordo com a sua probabilidade de ocorrência e fornece uma estratégia de

resposta para cada evento, além de determinar o responsável direto para cada ação de resposta.

Elemento de Risco	Descrição	Probabilidade de Ocorrência	Gravidade do Impacto	Estratégia de Resposta	Responsável
Planejamento das ações	Dificuldade de implementar possíveis ações	6	9	Estabelecer cronograma prévio de melhorias e mudanças no processo.	Piloto do projeto / Planejamento
Financeiro	Não atingir a viabilidade econômica para implantar possíveis ações de melhorias	6	7	Estudo de investimento para comprovação da viabilidade	Piloto do projeto / Analista financeiro
Recursos humanos	Possível necessidade de mudança de comportamento diante das modificações	7	6	Estudo sobre a necessidade de treinar os operadores para qualificar ou realocação de MOD.	Piloto do projeto / Gestor da área
Processos	Necessidade de desenvolver novos métodos de atuação com os novos parâmetros de medição.	8	5	Estabelecer plano de controle dos novos parâmetros de processo	Engenharia de processos

Quadro 4: Análise de Risco – Indicador de eficiência produtiva

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.3.2 Fluxograma do processo

No início do levantamento das informações para a geração do *baseline*, o processo deve ser avaliado através do fluxograma para que o entendimento do processo seja completo e compreendido por todos os membros da equipe liderada pelo piloto de projeto e os pontos e locais onde há a possibilidade de se aplicar alguma ação de melhoria para efetivamente melhorar o processo.

Na figura 19 podemos observar o fluxograma de processo da pintura e aplicação de antiaderente, que foi alvo deste estudo, onde demonstra-se passo a passo todas as etapas envolvidas neste processo.

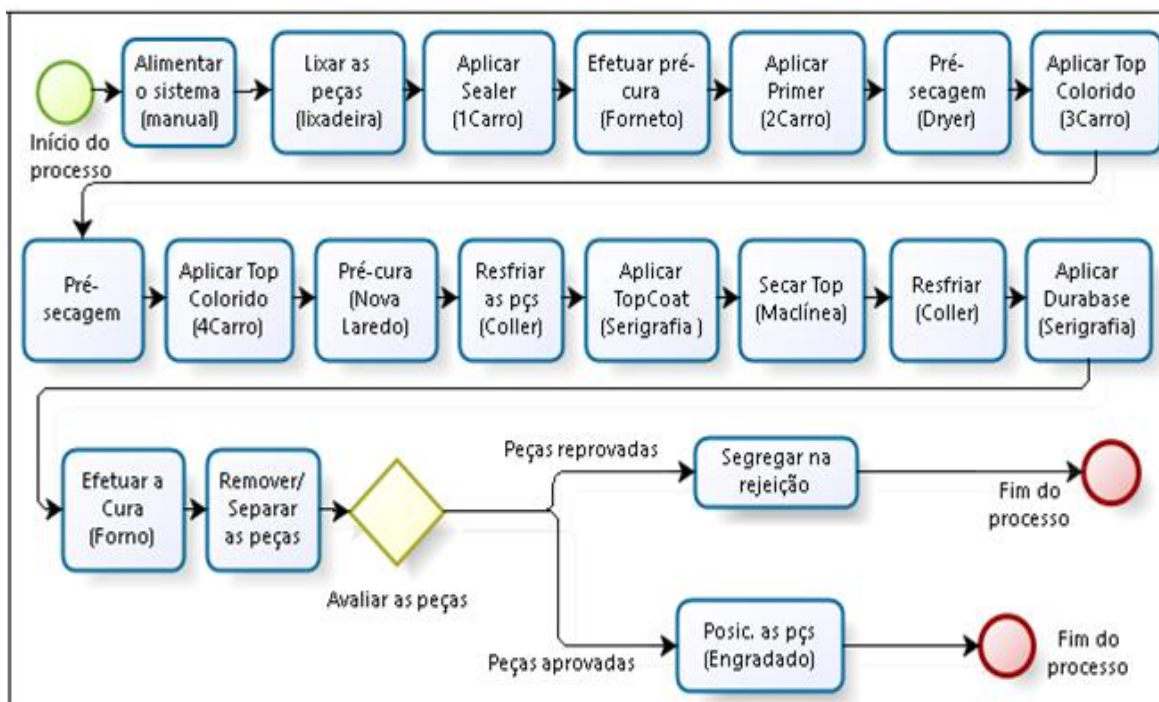


Figura 19: Fluxograma do Processo de aplicação de antiaderente

Fonte: Elaborado pelo autor

Com o fluxograma a disposição, tem-se o processo todo visualizado e com condições de identificar e determinar o ponto crítico que pode estar gerando os problemas e as falhas dentro dos fatores de disponibilidade, produtividade e qualidade.

### 3.3.3 SIPOC

A ferramenta SIPOC foi utilizada neste projeto para facilitar a observação dos fluxos existentes neste processo e quais suas relevâncias para as tomadas de decisão e com isso tornar a avaliação dos principais elementos facilitada. Com a transparência e relevância dos pontos no processo e o direcionamento de qual parte deve ser focada e atacada no sentido de identificar o ponto falho, temos um menor gasto de energia e tempo da equipe, pois reduz a quantidade de áreas a serem analisadas.

No quadro 5 podemos verificar e observar o SIPOC do processo de pintura e aplicação de antiaderente e compreender as atividades inerentes ao mesmo. Baseado nas informações retiradas do quadro SIPOC, cada direcionamento do projeto é efetuado para um fator da equação que determina o índice de produtividade, o que pode facilitar na obtenção de uma visualização mais precisa e um alinhamento e direcionamento de sua atuação e que foi efetuado na situação exposta.

FORNECEDOR	ENTRADA	PROCESSO	SAÍDA	CLIENTE
Logística inbound Manufatura Manutenção Engenharia Qualidade Planejamento	Discos e chapas naturais Discos e chapas pintados Lixas Tintas (Sealer/Primer/Top/Finish) Tintas para aplicação (Fundo Int. e Ext. / Thermospot. Operador treinado	Lixamento dos discos e chapas	Peças lixadas, alinhadas e equidistantes nos carrinhos de pintura.	Carrinho de pintura
	Discos com revestimento aplicado Equipamento adequado Sistema de exaustão Mesas transportadoras	Aplicação dos coating nos produtos através dos carrinhos	Discos com os revestimentos aplicados	Serigrafia
	Carrinhos de pintura Rolo de borracha Dryers / Ventiladores Fornets Mesas transferidoras Forno a gás Gancheiras	Aplicação por serigrafia	Discos com a camada de TOP aplicados	Forno de cura
	Mesas transportadoras Posicionador / acumulador de peças curadas Mesas de posicionamento Parâmetros de regulagem Parâmetros de controle Parâmetros de regulagem Auto controle Programa de produção	Curar os coatings nos produtos	Discos finalizados e pronto para serem embalados	Recolhimento dos discos
		Recolher os produtos e posicionar nas caixas e carrinhos de transporte	Discos e chapas pintados e curados.	Logística inbound

Quadro 5: Quadro SIPOC  
Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.4 Apresentação dos dados

Nesta etapa, de acordo com a metodologia adotada é a *measure*, é onde se é medida a condição atual do processo. Neste caso o projeto que está atuando na melhoria dos fatores da equação da eficiência global da célula em estudo, necessita conhecer a condição atual de operação, para poder dar continuidade no estudo sobre as possíveis melhorias a serem implantadas no processo.

Para o início do projeto, houve a necessidade de mapear e gerar um histórico de informações denominado *baseline* para que seja conhecida a atual eficiência de cada fator – Índice de Disponibilidade (ID), Índice de Produtividade (IP) e Índice de Qualidade (IQ) - da célula de pintura e aplicação de antiaderente em estudo e consequentemente o OEE desta operação. Essa condição inicial é basicamente a medição da situação do índice a ser estudado ao longo do tempo de validação e demonstra a variabilidade do percentual e seu

comportamento para que a amplitude medida seja a mais próxima da realidade possível. Após esta demonstração da condição atual do processo em estudo, através dos gráficos de controle, é que pode ser definida a sequência das atividades na condução do projeto.

### 3.4.1 Índice de disponibilidade (ID)

Para o ID, a medida adotada a ser contabilizada no processo é a seguinte: horas de processo indisponíveis por causa de falhas de manutenção sobre a quantidade de horas contabilizadas pelo planejamento para a produção no período estudado neste projeto.

O total de horas que está disponível para a célula de aplicação de antiaderente no período que contempla este estudo para a produção de acordo com o setor de planejamento é de 14.660 horas considerando uma eficiência de projeto de 80%. De acordo com o levantamento efetuado pela área da manutenção através dos apontamentos e das informações declaradas sobre as perdas no processo por falhas por manutenção o total de horas perdidas por indisponibilidade foi de 1231,3 horas. Com isso temos uma indisponibilidade de 9%, ou seja, os equipamentos estão disponíveis 91% - 0,91.

$$ID = 0,91$$

Segue o gráfico 2 que é um gráfico de controle com as informações e a quantidade de hora perdidas por indisponibilidade dos equipamentos na célula em estudo dentro do período sobre o qual a célula foi acompanhada.

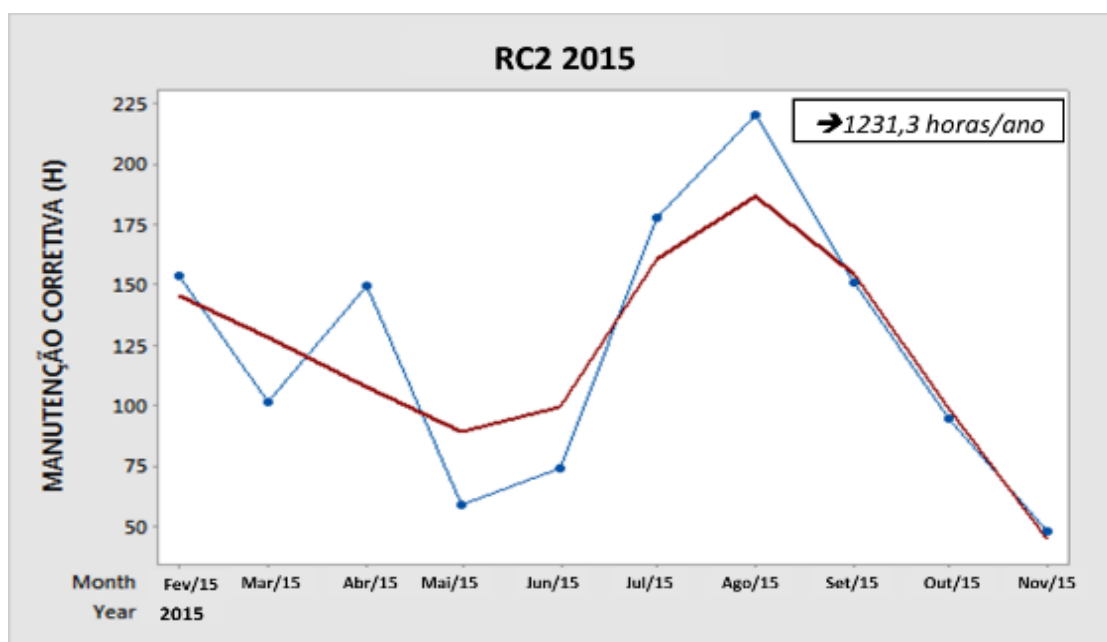


Gráfico 2: Gráfico de Controle – Indisponibilidade dos equipamentos RC2

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.4.2 Índice de produtividade (IP)

Para o IP a medida adotada para contabilizar a eficiência do processo foi a de horas recuperadas sobre as horas disponíveis no processo de pintura da célula em estudo. Para a determinação das horas recuperadas, contabilizamos a quantidade de peças produzidas (Q) no período e o tempo estipulado (ROT) para a produção da quantidade contabilizada. Para a determinação das horas disponíveis levou-se em consideração a quantidade de mão-de-obra (MOD) disponível e a disposição de horas trabalhadas (HD), conforme demonstrado na equação 5.

$$IP = \frac{Q \times ROT}{MOD \times HD}$$

Equação 5: Índice de Produtividade

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme o período avaliado obtivemos um percentual de 54% de eficiência produtiva, ou seja, durante o período em que a avaliação sobre o estudo de caso foi efetuada, contabilizou-se uma perda no processo pela ineficiência produtiva de 46% e como consequência um índice de 54% - 0,54.

$$IP = 0,54$$

O gráfico 3 mostra a condição da eficiência do setor em estudo durante o período de avaliação e acompanhamento (com introdução de equipamento de lixamento no processo), onde definimos o *baseline* para este índice.

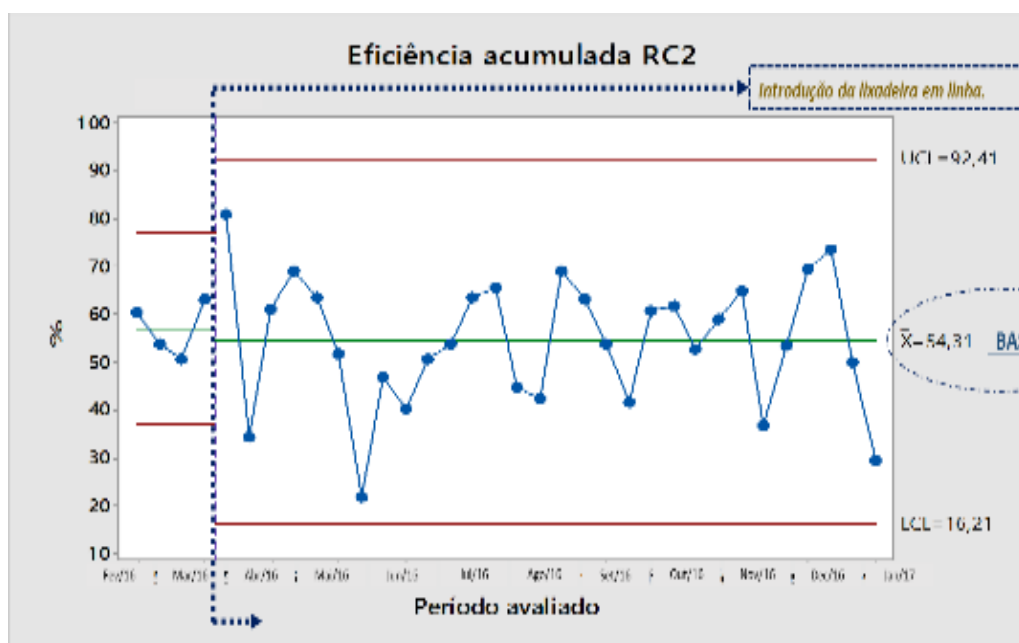


Gráfico 3: Gráfico de Controle – *Baseline* da eficiência produtiva

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.4.3 Índice de qualidade (IQ)

Para o IQ a medida adotada para contabilizar o processo é a quantidade de peças defeituosas (refugos e retrabalhos) sobre a quantidade de peças produzidas. Com a necessidade de criar um banco de informação confiável e como consequência um fator real que represente o que acontece efetivamente com o índice de qualidade na célula produtiva, criamos uma planilha com as principais causas de refugo e rejeição e que foi utilizada para captar, por um período determinado, as informações para criação da base de dados. Com a implantação desta fonte de captação de dados, conseguimos melhorar o mapeamento da situação real e onde chegamos no índice de 6,8%, ou seja, o fator relacionado ao IQ (índice de qualidade) é de 93,2% - 0,932.

$$IQ = 0,932$$

### 3.4.4 Produtividade atual

A produtividade atual é a informação que deve ser adquirida com o levantamento do *baseline* para que possa haver uma varredura, mapeamento e identificação das causas potenciais da ineficiência do processo. Essa informação é de tal importância, pois é o ponto de partida para as discussões com a equipe multidisciplinar para as tomadas de decisões e cálculos de retorno financeiro obtidos com as possíveis melhorias a serem implementadas com o desenvolvimento do projeto.

De acordo com as premissas obtidas e o levantamento das informações e resultados durante o período apurado para a formação do *baseline*, efetuado pela equipe e coordenado pelo piloto do projeto, temos um índice de produtividade na ordem de:

$$IP = ID \times IP \times IQ$$

$$IP = 0,91 \times 0,54 \times 0,93$$

$$IP = 0,45$$

### 3.5 Análise dos dados

Nesta etapa, de acordo com a metodologia adotada é a *analyse*, é onde iniciamos a análise dos dados que foram coletados e apresentados nas etapas anteriores e começamos a utilização de ferramentas que nos proporcionam encontrar as causas dos problemas que possam causar as ineficiências no processo.

Durante esta etapa houve um alinhamento sobre a conceituação dos desperdícios no processo. Os três pilares da conceituação foram:

- ✓ Atividades que agregam valor;
- ✓ Atividades que não agregam valor;
- ✓ Atividades que não agregam valor porem necessárias.

Com o esclarecimento sobre este conceito, a equipe pode auxiliar na análise das potenciais causas da ineficiência deste processo baseados no *baseline* apresentado.

Na fase análise o piloto do projeto junto a equipe que auxilia no desenvolvimento, avalia as informações que formatam a base do estudo, cujo valor é de  $IP=0,45$ , e começam a utilização das ferramentas que auxiliam nas análises dos fatores geradores da ineficiência e clareiam as causas potenciais das falhas no processo.

### 3.5.1 Fluxograma mapeado

O fluxograma foi avaliado pela equipe que desenvolve o estudo de caso e junto ao piloto do projeto. As atividades e as etapas do processo que potencialmente podem gerar falhas que promovam a ineficiência, a indisponibilidade e a não qualidade, foram demarcados e identificados no mapeamento do processo no fluxograma.

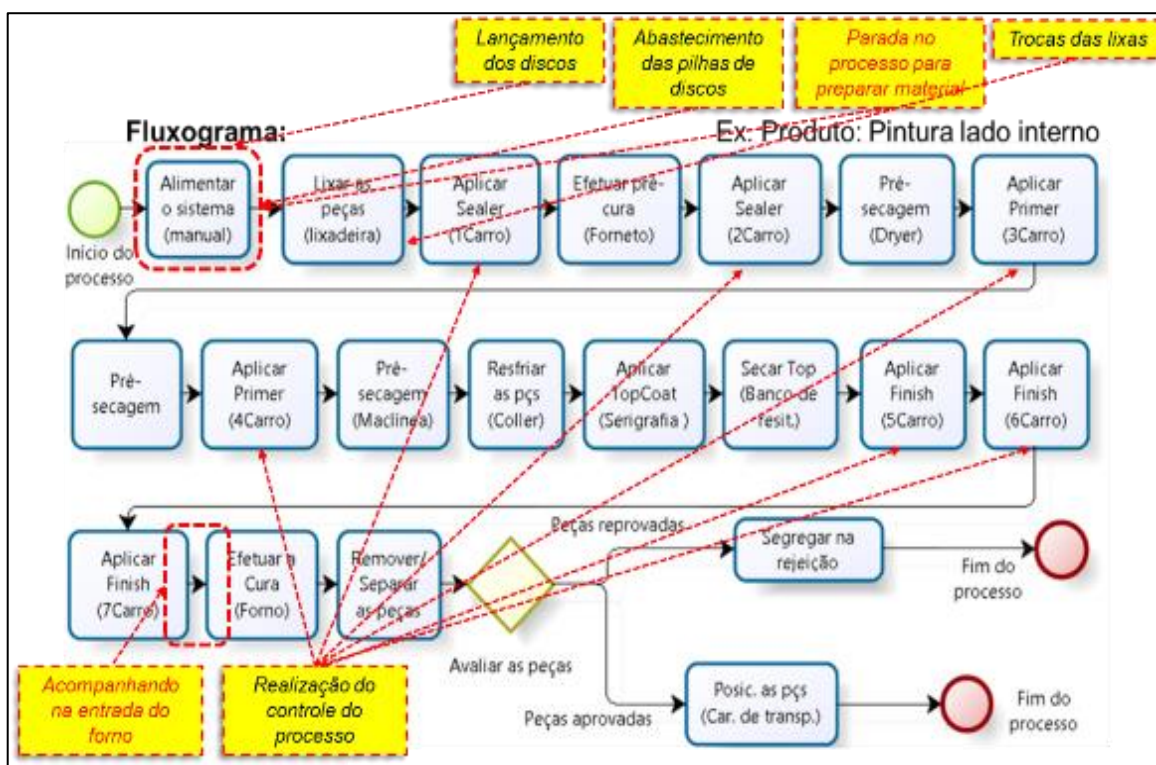


Figura 20: Fluxograma mapeado

Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 20 observamos o fluxograma mapeado com as devidas identificações dos pontos de atenção e de possíveis áreas onde as falhas ocorrem com maior repetibilidade.

Os colaboradores do projeto identificaram em cada atividade os pontos mais relevantes que causariam paradas no processo, gargalos nas atividades, desperdícios e consequentemente os geradores da ineficiência. Cada atividade foi mapeada, desmembrada e com a utilização de ferramentas de análises, as potenciais causas raízes causadoras da baixa eficiência foram identificadas para as devidas tomadas de ação de melhorias.

### 3.5.2 Identificação das falhas no processo

Com o mapeamento do processo e identificação das falhas existentes, houve a necessidade de explorar as informações para facilitar a separação e direcionar a discussão com maior facilidade.

Durante a avaliação da indisponibilidade da célula de aplicação de antiaderente, mapeamos as principais causas das paradas no processo e utilizamos o gráfico de Pareto para nos esclarecer quais os principais pontos de indisponibilidade nesta área. No gráfico 4, podemos visualizar quais foram os maiores problemas identificados no processo em estudo.

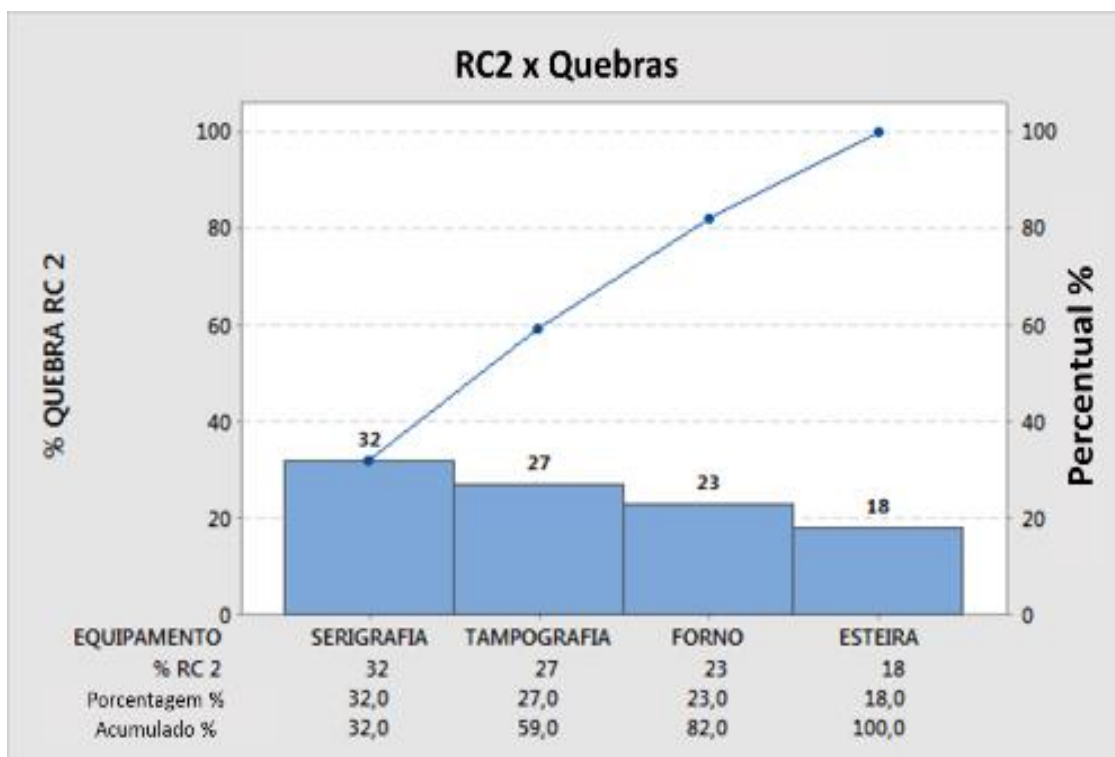


Gráfico 4: Pareto das quebras na RC2

Fonte: Elaborado pelo autor

Avaliando as paradas ocorridas no processo, que são um dos principais causadores da ineficiência, identificamos através do gráfico 5 as principais causas potenciais que podem ser as causadoras da baixa performance produtiva da célula em estudo. Estes itens foram obtidos através do mapeamento das paradas efetuadas durante o processo através de um formulário anexo 1 desenvolvido pela equipe multidisciplinar, que compõem o time do projeto, para que os operadores captassem as informações durante o período real das atividades e ao final as informações foram captadas e copiladas para dar subsídio ao *baseline* identificado e considerado.

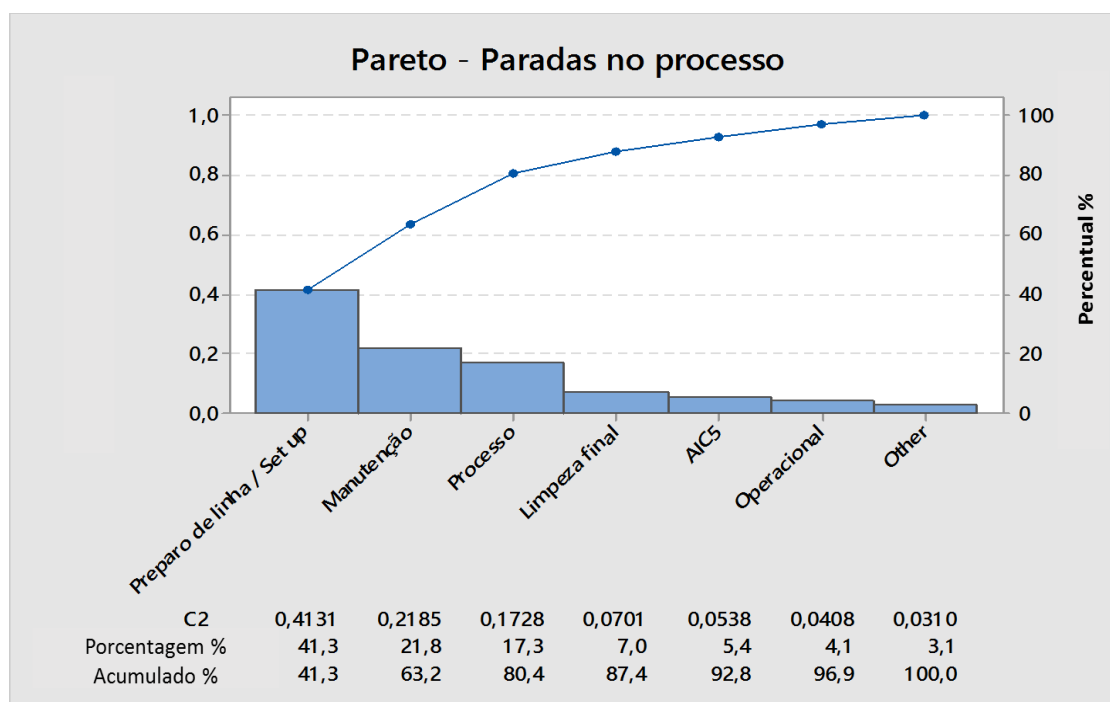


Gráfico 5: Gráfico de Pareto – Perdas no processo

Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação as não conformidades que geram os altos índices de rejeição e retrabalho e que promovem a não qualidade no processo, houve a necessidade de criar uma planilha com as principais ocorrências descritas pelos colaboradores que atuam no processo. Com a introdução desta planilha, que podemos observar no anexo 2, conseguimos captar as informações dos maiores problemas que foram os causadores da não qualidade dos produtos. No gráfico 6 está o copilado das informações captadas e que formaram o *baseline* para sequência da avaliação e análise dos problemas.

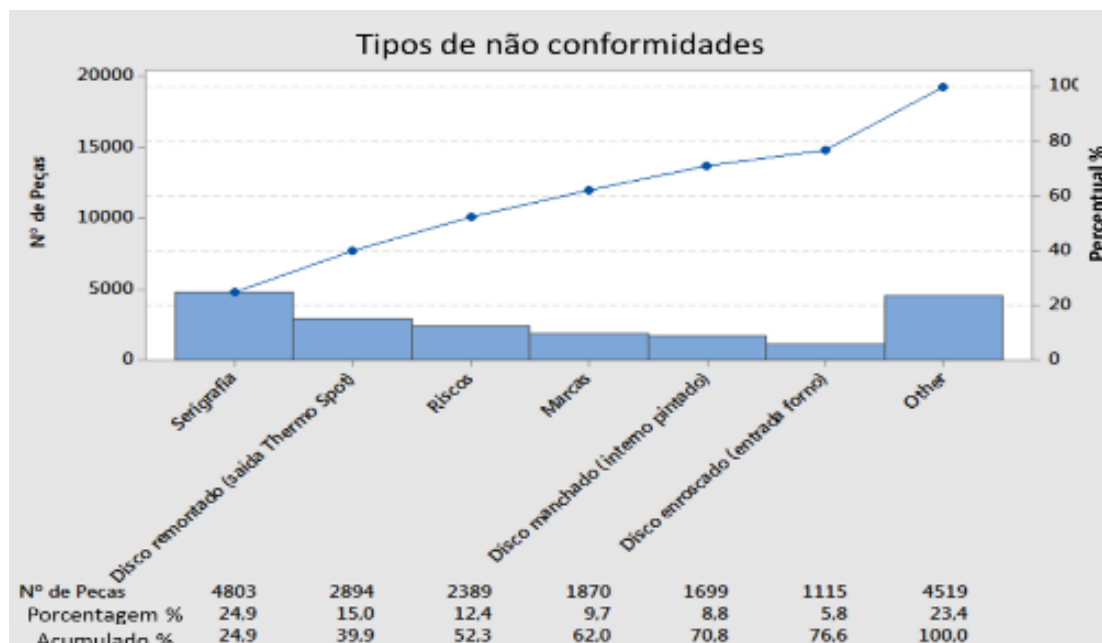


Gráfico 6: Gráfico de Pareto – Não conformidades no processo

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.5.3 Desperdícios no processo

Durante a análise das etapas no processo, identificamos alguns desperdícios que são os originadores das paradas inesperadas e perda de eficiência e qualidade na célula de pintura de antiaderente. Nas figuras 21, 22, 23, 24 e 25 demonstramos as situações encontradas durante as análises no processo de produção e destacamos alguns exemplos do que está ocorrendo no processo.

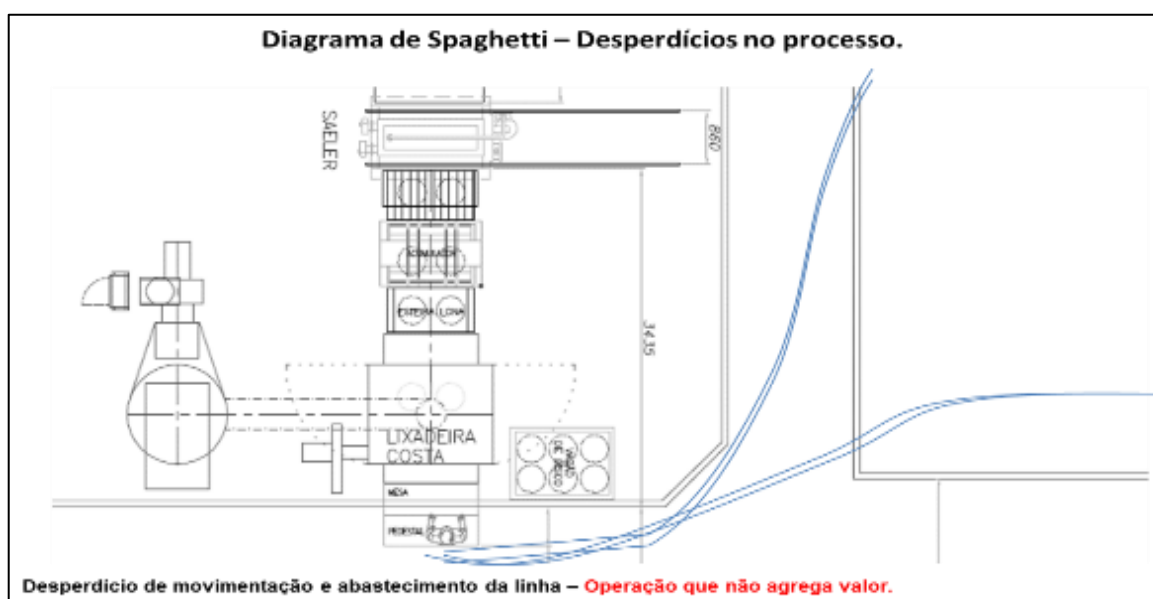


Figura 21: Diagrama de *Spaghetti* – Movimentação do operador no processo inicial

Fonte: Elaborado pelo autor

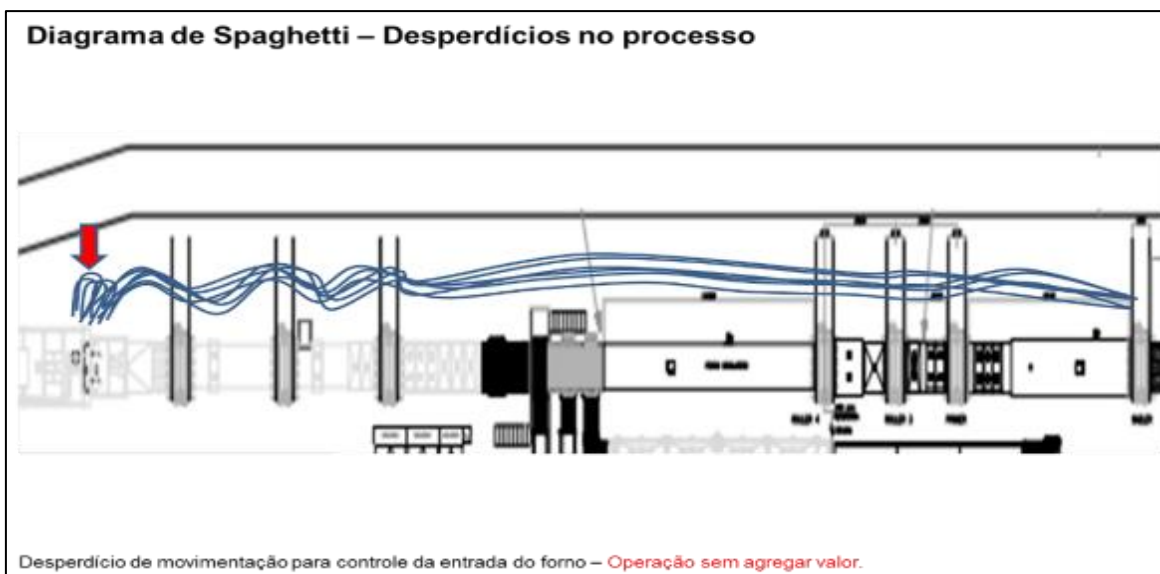


Figura 22: Diagrama de *Spaghetti* – Movimentação do operador em todo o processo  
 Fonte: Elaborado pelo autor



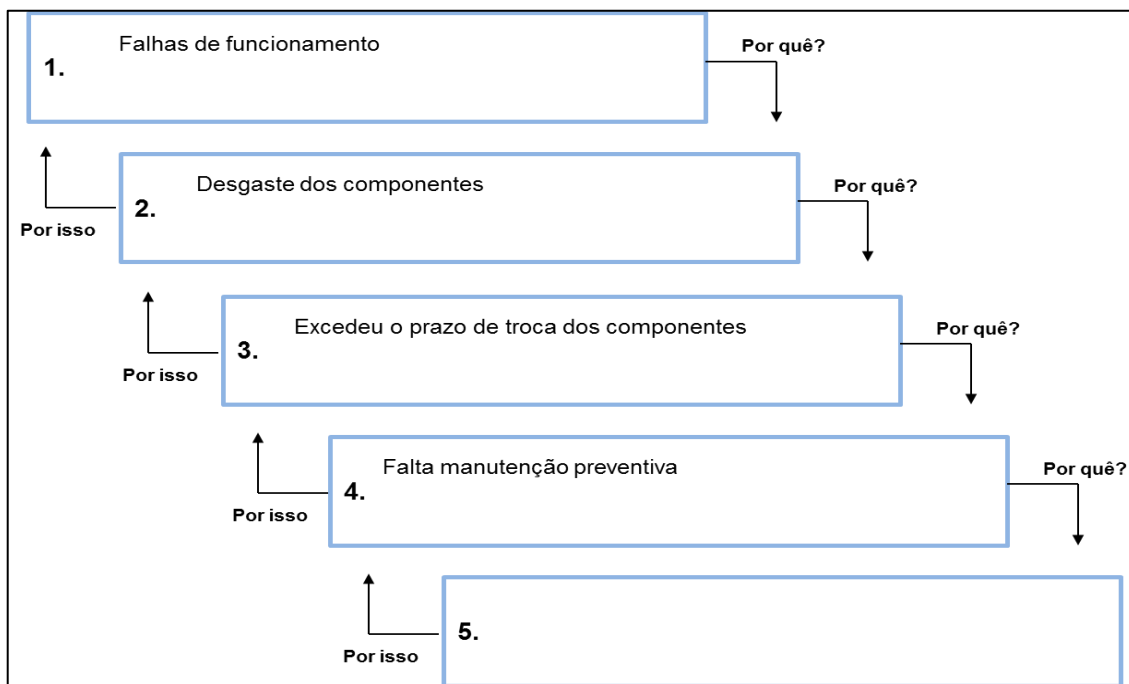
Figura 23: Falta de seqüência de produção  
 Fonte: Elaborado pelo autor



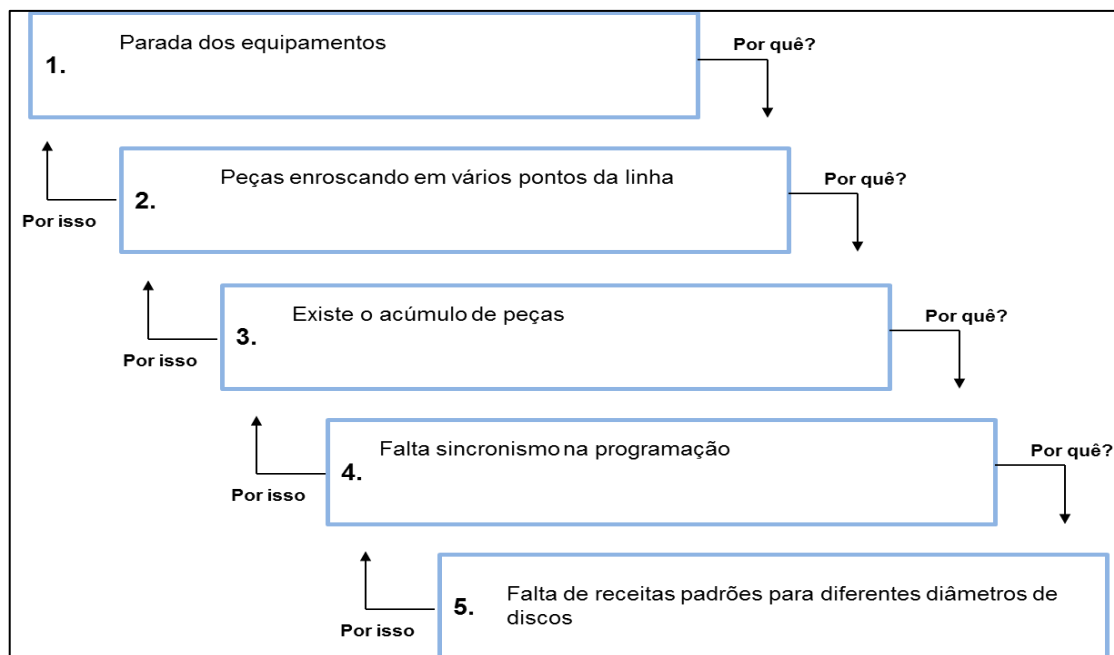
Figura 24: Sem gestão do controle do processo  
 Fonte: Elaborado pelo autor



Com a explosão do diagrama de Ishikawa, definimos as principais causas neste processo que são as inexistências de padronização dos parâmetros e ou comumente chamado na área em estudo de receitas e a falta de manutenção preventiva nos equipamentos. Como sequência da análise e avaliação, necessitamos explorar mais a causa raiz dos problemas e com isso houve a necessidade de utilização da ferramenta 5 porquês para extração das causas raízes como segue nos quadros 7 e 8.

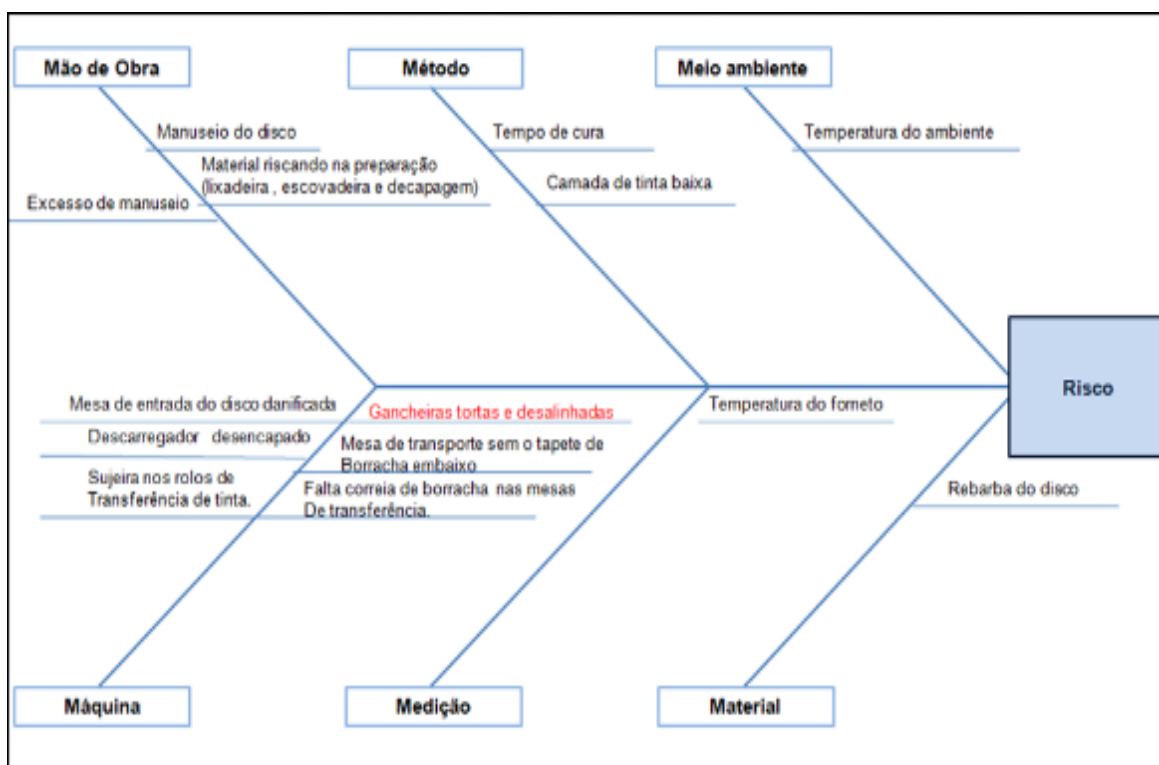


Quadro 7: 5 Porquês – Causa Raiz – Falhas nos equipamentos  
 Fonte: Elaborado pelo autor



Quadro 8: 5 Porquês – Causa raiz – Paradas nos equipamentos  
 Fonte: Elaborado pelo autor

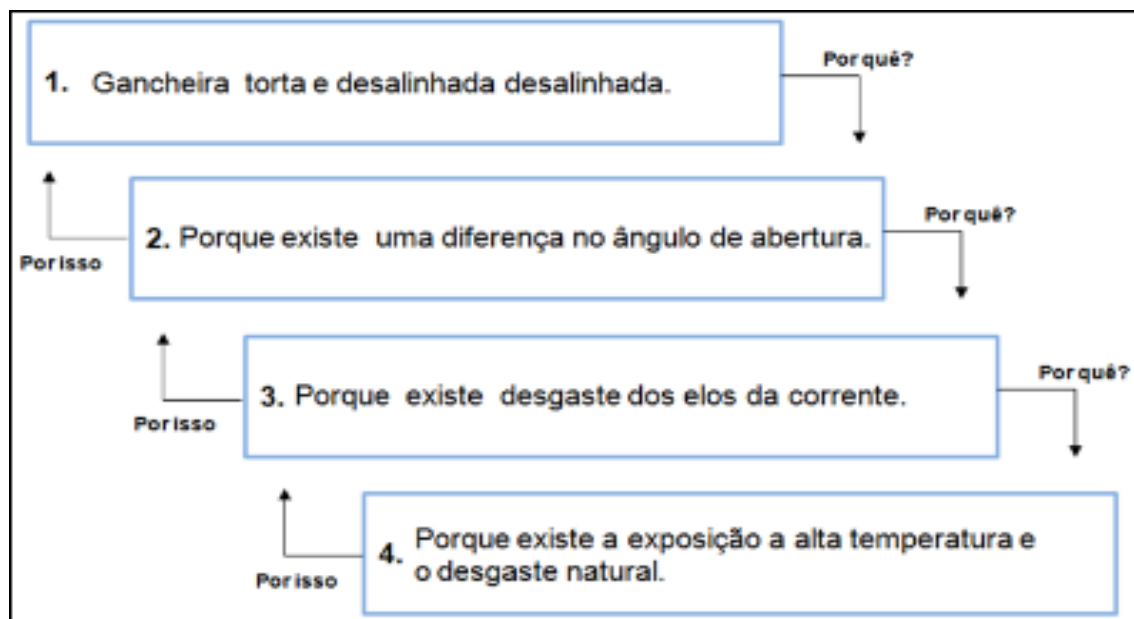
Com relação as não conformidades geradas no processo e que dificultam as melhoras dos índices de qualidade, exploramos o diagrama de Ishikawa, como podemos observar no quadro 9, para avaliar as possibilidades de falhas existentes no processo e identificar as mais recorrentes e desta forma clarear para o real problema existente no processo.



Quadro 9: Diagrama de Ishikawa – Riscos das peças no processo

Fonte: Elaborado pelo autor

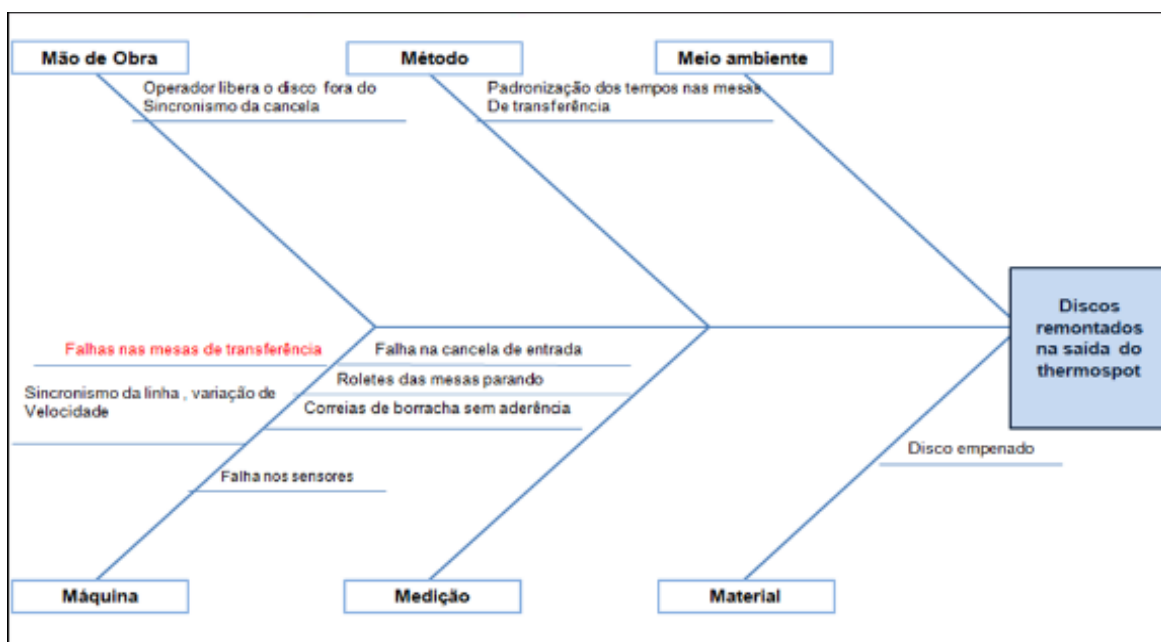
Com a exploração do diagrama de Ishikawa, conseguimos identificar junto a equipe que atua no projeto que um dos causadores de refugo e retrabalho são as gancheiras tortas, por onde os discos e chapas sofrem uma ação, na entrada do forno, que acaba deformando e riscando as peças. Com essa identificação de problema, necessitou-se da utilização e exploração da ferramenta 5 porquês para identificação da real causa raiz do problema. Com essa ferramenta, a real condição geradora do problema e falha, ou seja, a causa raiz do problema foi identificada e revelada como observado e demonstrado no quadro 10.



Quadro 10: 5 Porquês – Gancheiras tortas e desalinhadas

Fonte: Elaborado pelo autor

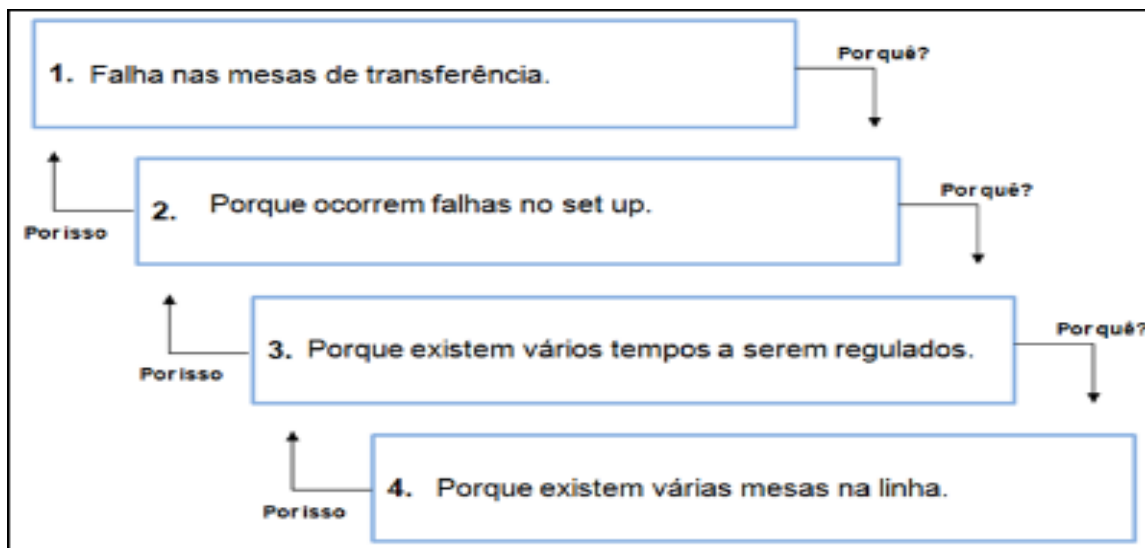
Outra importante falha, que é um potencial causador de refugo e retrabalho e que foi descoberto através da ferramenta diagrama de Ishikawa pela equipe que desenvolve o projeto são as falhas nas mesas de transferência, pois ocasionam erros na movimentação e transportes dos discos e chapas nas mudanças de direção durante o percurso ao qual as peças são direcionadas a realizarem. No quadro 11 a ferramenta de Ishikawa é utilizada para que se consiga identificar os principais causadores do problema dos discos remontados na linha.



Quadro 11: Diagrama de Ishikawa – Discos remontados na linha

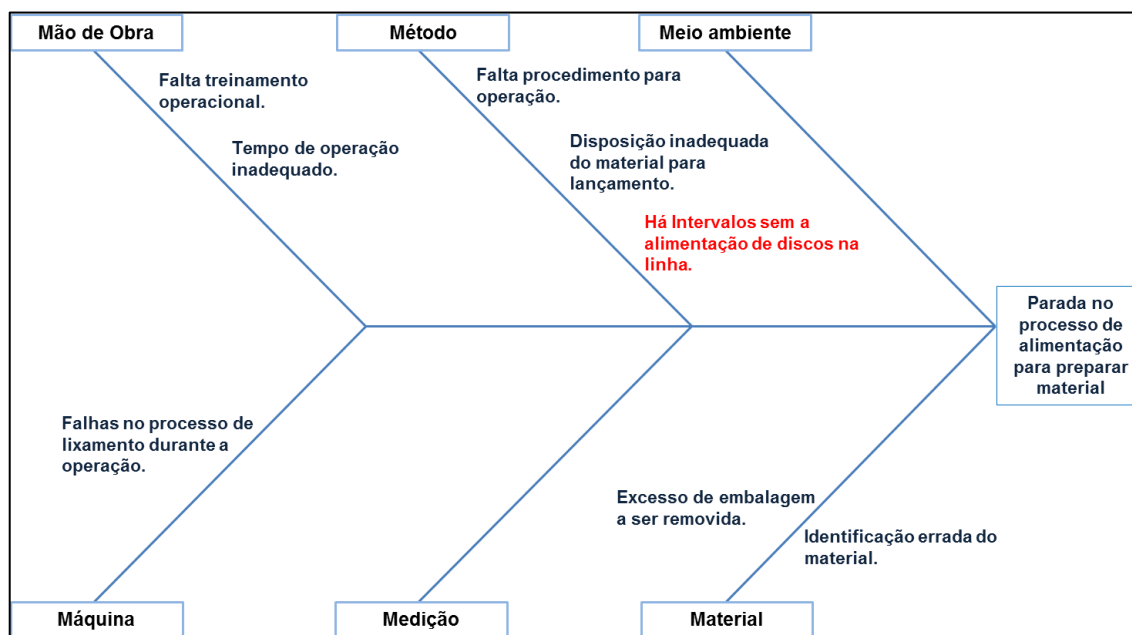
Fonte: Elaborado pelo autor

Explorando um pouco mais a falha nas mesas de transferência e utilizando a ferramenta 5 porquês, conseguimos identificar com mais profundidade a causa raiz do problema como segue no quadro 12. Com essa informação o processo de tomada de decisão sobre as melhorias a serem efetuadas fica facilitado.



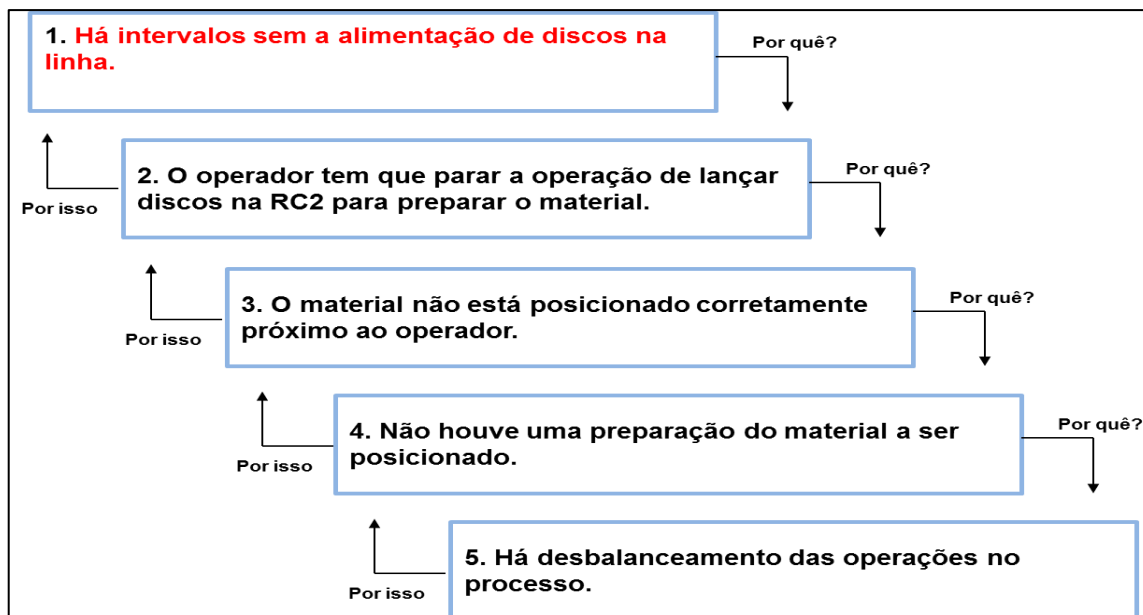
Quadro 12: Diagrama 5 Porquês – Avaliação das falhas na mesa  
Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação as perdas existentes no processo que causam ineficiência produtiva, utilizamos também a ferramenta diagrama de Ishikawa, como podemos observar no quadro 13, para explorar as potenciais causas das falhas e identificar o problema causador das baixas eficiências com maior clareza.



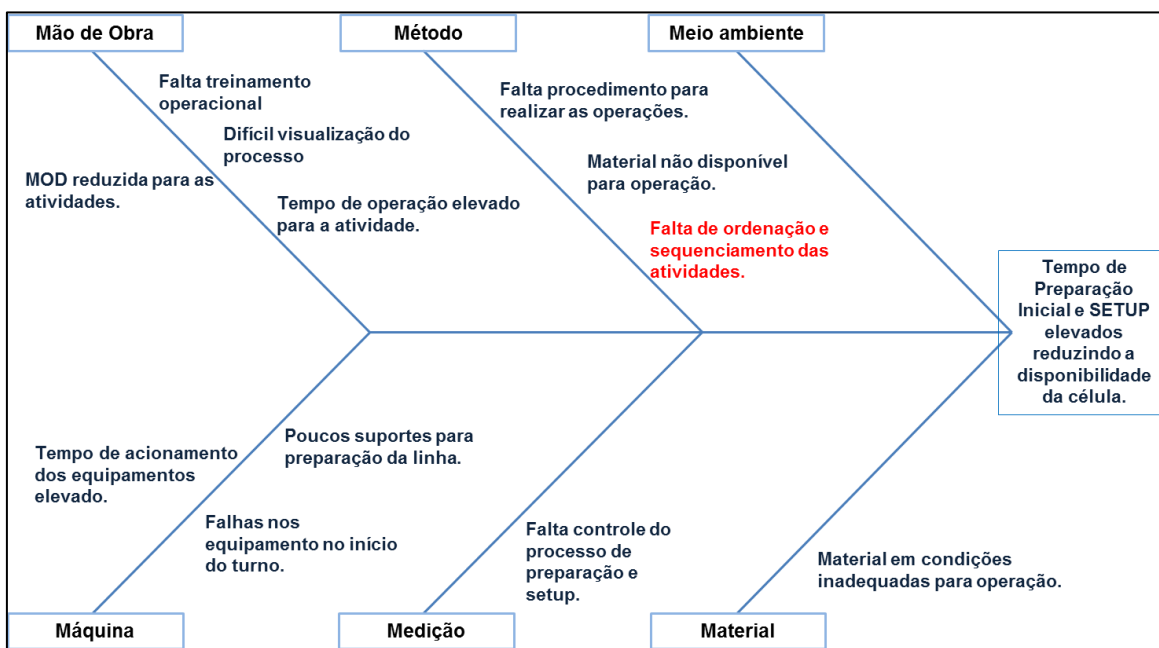
Quadro 13: Diagrama de Ishikawa – Parada no processo  
Fonte: Elaborado pelo autor

Com o potencial item causador da falha de parada no processo identificado, demos seqüência com a utilização da ferramenta 5 porquês para explorar com profundidade a causa raiz que gera essa falha e ter clareza na tratativa deste problema como segue no quadro 14.



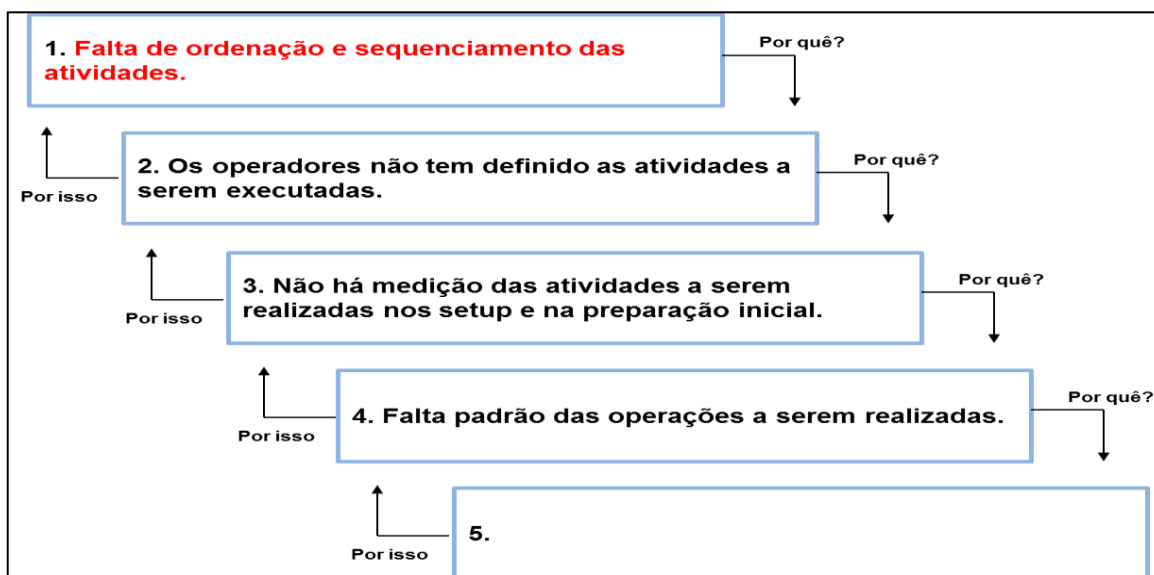
Quadro 14: 5 Porquês – Parada para alimentação dos discos na linha  
Fonte: Elaborado pelo autor

Outro ponto identificado e que pode gerar a falha por parada do processo é o tempo de preparo da linha para o início da atividade ou troca do sistema no *set up*. Dentro desta possibilidade de ocorrer o problema, a falha na ordenação foi o item identificado através do diagrama de Ishikawa verificado no quadro 15.



Quadro 15: Diagrama de Ishikawa – Tempo de preparação da linha  
Fonte: Elaborado pelo autor

Com a exploração dos 5 porquês, através da ferramenta como segue no quadro 16, conseguimos compreender que a falha que ocorre justamente por haver uma inexistência de procedimento contento a padronização das operações e ações que devem ser realizadas no momento de início do processo e nas trocas de sistema de pintura das linhas em operação.



Quadro 16: Diagrama 5 porquês – Falta de ordenação

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.6 Melhorias no processo

Nesta etapa, de acordo com a metodologia adotada é a *improve*, é onde iniciamos a implantação das ações necessárias para melhorar a performance que foram determinadas nas análises dos potenciais problemas identificados durante a fase de análise dos dados na etapa anterior.

Após a extração e identificação das causas raízes dos problemas que foram levantados e discutidos com a equipe multidisciplinar que participa do desenvolvimento dos projetos, há a necessidade de colocar em ação e implantar as melhorias que serão as mudanças que vão caracterizar as melhoras dos fatores que como consequência alavancarão o aumento da eficiência produtiva no processo de pintura de antiaderente.

#### 3.6.1 Planejamento e implementação das ações de melhoria

O planejamento das ações de melhorias a serem efetuadas é de extrema importância para a garantia do bom andamento do projeto. Para o controle das melhorias a serem efetuadas, foi criado um plano de controle com as ações a serem executadas bem como o responsável, o prazo de finalização e a situação do desenvolvimento da ação no projeto.

Estas informações são de grande importância na administração dos projetos porque direcionam à correta informação sobre o prazo de realização da ação a ser executada e o quanto o projeto pode ser impactado.

Temos a tabela 3 com as atividades que a equipe multidisciplinar, participante do desenvolvimento do projeto, desenvolveu para melhorar os fatores de disponibilidade, de produtividade e de qualidade. As ações foram extraídas das análises das causas raízes e que agora foram realizadas para a efetiva melhora dos fatores estudados. Cada ação participa com um pequeno percentual de melhora e a partir da finalização de todas as ações é que conseguimos mensurar até onde os fatores foram melhorados efetivamente. Importante salientar que todas as ações dos três diferentes fatores estudados, foram agrupadas em um mesmo plano de ação para facilitar o controle e o acompanhamento da realização das atividades.

PLANO DE AÇÃO INTEGRADO RC2 - ROLLER								
	AÇÃO	I	T	C	PRIOR.	RESP	PRAZO	STATUS
1	Adaptar pressostado nas máquinas de serigrafia	4	4	5	67	Manutenção	jul/16	100%
2	Procedimento para aquisição, instalação de novos equipamentos	3	5	4	62	Manutenção	abr/16	100%
3	Criar padrões (receitas) para ajuste do tempo nas mesas de transferencia	5	5	3	61	Manutenção / Processo	set/16	100%
4	Entrega da planilhas padrão de trabalho da RC2	4	4	4	60	Engenharia	jul/16	100%
5	Relógio para marcar/ajustar espessura entre rolos.	3	3	5	59	Processo	dez/16	100%
6	Padronizar todos os quadros das telas.	3	4	4	57	Processo / Produção	dez/16	100%
7	Limpeza externa dos carrinhos - definir método	3	4	4	57	Produção	mai/16	100%
8	Acumuladores (ajustar a operação para carga máxima).	5	4	3	56	Manutenção	mai/16	100%
9	Adequar a programação das receitas para preparo da serigrafia.	4	3	4	55	Manutenção	out/16	100%
10	Viscosímetro automático para controle no processo	1	3	5	53	Processo	dez/16	100%

Tabela 3: Plano de ação integrado ID, IE, IQ

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.6.2 Ações implantadas

Plano operacional de padronização das regulagens dos equipamentos e mesas de transferência dos discos efetuada e inserida no processo. Esta melhoria garante que todos os operadores dos diferentes turnos que operam os equipamentos, realizem a atividade com a mesma precisão e qualidade. Na tabela 4, podemos visualizar este plano onde é registrado todas as regulagens requeridas no processo de serigrafia de acordo com o dimensional do produto e dessa forma, há uma padronização nas informações das regulagens para todos os operadores.

PRODUTOS	ESTEIRAS																					
	10		30		70		100		120		370		390		404		600		520		610	
	Retardo	Subida	Retardo	Subida	Retardo	Subida	Retardo	Subida	Retardo	Subida	Retardo	Subida	Retardo	Subida	Retardo	Subida	Retardo	Subida	Passo	Pacote	Passo	Pacote
210 X 1,15	0,650	1,000	1,100	1,600	0,350	1,100	0,300	0,800	0,150	0,800	0,500	0,400	0,600	0,500	1,300	1,100	1,400	1,200	0,450	3	0,550	3
280 X 1,7	0,600	1,000	1,000	1,600	0,400	1,100	0,250	0,800	0,150	0,800	0,500	0,600	0,500	0,500	1,300	1,100	1,450	1,200	0,400	3	0,550	3
280 X 1,7	0,500	1,000	1,000	1,700	0,400	1,100	0,250	0,800	0,150	0,800	0,450	0,400	0,500	0,500	1,300	1,100	1,350	1,200	0,450	3	0,550	3
280 X 1,7	0,500	1,000	0,980	1,600	0,350	1,100	0,200	0,800	0,150	0,800	0,500	0,400	0,500	0,500	1,300	1,100	1,400	1,200	0,450	3	0,550	3
300 X 1,7	0,500	1,000	0,980	1,600	0,350	1,100	0,200	0,800	0,150	0,800	0,500	0,400	0,500	0,500	1,300	1,100	1,400	1,200	0,450	3	0,550	3
325 X 1,7	0,500	1,000	0,900	1,600	0,500	1,100	0,200	0,800	0,150	0,800	0,500	0,800	0,500	0,500	1,300	1,100	1,300	1,200	0,800	2	0,700	2
390 X 1,7	0,500	1,000	0,900	1,600	0,500	1,100	0,200	0,800	0,150	0,800	0,500	0,800	0,500	0,500	1,300	1,100	1,300	1,200	0,800	2	0,700	2
400 X 2,4	0,700	0,900	0,900	1,600	0,500	1,200	0,150	1,000	0,150	0,800	0,450	0,800	0,450	0,500	1,300	1,100	1,350	1,200	0,550	2	0,750	2
400 X 2,4	0,500	1,000	0,950	1,800	0,350	1,100	0,180	0,900	0,150	0,800	0,500	0,500	0,500	0,500	1,150	1,100	1,100	1,200	0,500	2	0,600	2

PRODUTOS	ACUMULADORES			
	2P SERIG		3P SERIG	
	Cadência descida	Retardo p/ subir	Cadência descida	Retardo p/ subir
280 X 1,7	200	90	200	90
325 X 1,7	300	90	300	90
390 X 1,7	300	90	300	90
400 X 2,4	300	90	300	90

PRODUTOS	TAMPOGRAFIA	
	2P E 3P	
	Retardo 2 pino	Retardo 3P pino
400 X 2,4	0,350	0,600

PRODUTOS	COOLERS	
	Lado comedor	
	Lado comedor	Lado AC2
280 X 1,7	13	12
325 X 1,7	13	12
390 X 1,7	13	12
400 X 2,4	15	12

Tabela 4: Plano operacional padrão – Regulagens das mesas  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Inclusão de módulo de inspeção e manutenção corretiva, no sistema integrado de gestão utilizado na companhia, como podemos ver no quadro 17 pela captura da tela do SAP. A implantação deste módulo é para que os prazos de atendimento sejam efetuados corretamente e o planejamento e controle de produção visualize a necessidade de parada dos equipamentos desta linha de pintura, para efetiva avaliação sobre o ponto de vista de prevenção de quebras e falhas.

GrpLisTar. MANUTPNX							
Síntese geral roteiros							
NGr	TxtBreve roteiro	Cen.	MarEl	Estratég.	Utilização	GrPl.	Status
1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA CRP	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA FORNETOS	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
3	MANUTENÇÃO PREVENTIVA FORNO	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
4	MANUTENÇÃO PREVENTIVA MESA E/S FORNO	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
5	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DESCARREGADOR	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
6	MANUTENÇÃO PREVENTIVA ESTEIRAS C/ DRYER	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
7	MANUTENÇÃO PREVENT MESAS TRANSPORTADO	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
8	MANUTENÇÃO PREVENT MESAS TRANSFERENCIA	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
9	MANUTENÇÃO PREVENTIVA COOLERS	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
10	MANUTENÇÃO PREVENTIVA ACUMULADOR	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
11	MANUTENÇÃO PREVENTIVA SERIGRAFIA	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
12	MANUTENÇÃO PREVENT MESA TAMPOGRAFIA	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
13	MANUTENÇÃO PREVENTIVA ALIMENTADORES	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
14	MANUTENÇÃO PREVENTIVA LAVADORA	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
15	MANUTENÇÃO PREVENTIVA TORNOS	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
16	MANUTENÇÃO PREVENTIVA POLITRIZES	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
17	MANUTENÇÃO PREVENTIVA FURADEIRAS	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
18	MANUTENÇÃO PREVENTIVA REBITADEIRAS	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
19	MANUTENÇÃO PREVENTIVA CARIMBADEIRAS	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4
20	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARAFUSADEIRAS	1616	<input type="checkbox"/>	G5BRA	4		4

Quadro 17: Captura de tela do SAP – Cadastro das manutenções preventivas  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Construção de um procedimento para aquisição de novos equipamentos e dispositivos, que gera uma base sólida de informações, facilitando o processo de manutenção dos equipamentos pela agilidade de encontrar peças de reposição e treinar os manutentores nas atividades a serem executadas, além de facilitar a operação no quesito de treinar os operadores nos novos equipamentos. Podemos verificar no procedimento operacional padrão anexo 4, o procedimento de aquisição e as etapas que compõem a sequência de atividades a serem executadas.

Com relação ao processo produtivo, houve algumas melhorias que facilitaram a operação no dia a dia, pois algumas atividades simples e que não agregam valor ao produto foram mapeadas e facilmente melhoradas, o que trouxe um retorno positivo referente a eliminação de desperdícios no processo produtivo de pintura e aplicação de antiaderente.

Armazenamento e posicionamento sequenciado das lixas, foi uma ideia que surgiu nas discussões da equipe que atuou no projeto e na captação de ideias para compreender os detalhes da operação e as atividades que podemos considerar como desperdício. Esta idéia facilitou a localização correta da lixa, bem como a redução do tempo ocioso dispensado pela procura e identificação das lixas a serem utilizadas no processo. Na figura 26 podemos identificar o antes e depois da implantação da melhoria do posicionamento das lixas que são utilizadas neste processo.



Figura 26: Armazenamento e posicionamento das lixas utilizadas no processo  
Fonte: Elaborado pelo autor

A melhoria no armazenamento das tintas utilizadas no processo, demonstrado na figura 27, causou um alinhamento entre a área produtiva e a área suporte de logística, pois agora conseguem em conjunto visualizar o estoque de material que está em utilização e o

ajuste de consumo é facilitado, pois agora há um controle das quantidades nas variações de tintas existente e disponíveis para o processo.



Figura 27: Armazenamento das tintas em processo

Fonte: Elaborado pelo autor

Um ponto onde demandava uma parcela significativa de perda no processo era a falta de uma área determinada para que a sequência de materiais posicionados nos carrinhos ficasse alocada. Com a área determinada, conseguimos que os materiais fiquem posicionados e a produção fique alinhada, ou seja, a sequência exata da produção fica posicionada de forma a diminuir o tempo desperdiçado com a movimentação à procura dos materiais dispersos na área de produção como podemos observar na figura 28.



Figura 28: Sequenciamento de produção

Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação a manutenção da disciplina das atividades no início do processo e nos momentos onde há necessidade de realizar um set up, cada operador recebeu uma responsabilidade de cuidar de um momento do processo. Com essa definição conseguimos otimizar a atividade nesses pontos e garantir uma melhor disposição das pessoas para realização das atividades e um rápido preparo dos equipamentos para reduzir o tempo de

inicialização e set up do processo de pintura. Como se pode observar no anexo 5, um procedimento operacional padrão foi desenvolvido para facilitar o treinamento dos operadores em suas respectivas responsabilidades no início do processo de produção e isso garante que todas as atividades realmente necessárias serão realizadas no tempo estipulado e com a mão de obra adequada de acordo com o plano desenvolvido e aprovado pelo gestor da fábrica.

No que tange as melhorias relacionadas a redução do índice de qualidade do processo de pintura e aplicação de antiaderente, a equipe que participou do desenvolvimento das ideias de melhorias, teve como objetivo planejar e realizar pequenas ações com baixo custo de investimento, mas que proporcionem melhoras significativas no índice estudado.

Nas mesas de transferência, houve a necessidade de aumentar a quantidade de correias que realizam o transporte dos discos e chapas de 4 para 6 conforme demonstrado na figura 29. Com a melhora na aderência das correias à peça, há conseqüentemente, maior regularidade no transporte e transferência das peças no processo, pois o risco de falha, principalmente dos produtos com menor espessura e conseqüentemente menor peso, tiveram uma importante redução por conseqüência desta mudança.



Figura 29: Mesa de transferência com 6 correias de tração  
Fonte: Elaborado pelo autor

Um ponto de grande destaque durante as análises efetuadas pela equipe e que recebeu uma melhora em sua condição atual, foi a de realizar o alinhamento de todas as mesas de transporte e as mesas de transferência. Havia uma perda de posicionamento em

função desta condição que causava um desalinhamento no transporte dos discos e chapas e consequentemente uma falha nas entradas dos itens nos carrinhos de pintura e nas gancheiras dos fornos como podemos verificar na figura 30. Essa falha, gerada por causa da condição, entendida e analisada, faz com que as peças sofram impactos e não garantam o perfeito sincronismo e como consequência o índice de rejeição é aumentado.



Figura 30: Posicionamento das mesas após o alinhamento

Fonte: Elaborado pelo autor

As variações da temperatura no processo, de acordo com a avaliação efetuada, é outro ponto de grande impacto na colaboração do aumento do índice de refugo. Para solucionar a problemática que promove esta variação de temperatura é necessário um elevado investimento na reforma do forno atual, algo que já foi descartado pela direção da empresa em curto prazo de atuação. Como proposta implantamos um sistema de monitoramento e controle que acusa a variação da temperatura dentro do range preestabelecido, ou seja, quando há alguma divergência, o alarme é acionado e a operação é paralisada até o reestabelecimento da condição normal de processo. Na figura 31 está a imagem do dispositivo eletrônico que informa através de sinal sonoro a falha na temperatura do forno.



Figura 31: Alarme sonoro – Indicação da variação da temperatura no forno

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.7 Acompanhamento e controle do processo

Nesta etapa, de acordo com a metodologia adotada é a *control*, é onde iniciamos a implantação dos controles nos processos para acompanhamento e verificação da eficácia das ações implantadas. Neste momento, implementamos os mecanismos de controle do processo para que os responsáveis pelo setor produtivo possam gerenciar a manutenção do processo melhorado.

Após algumas ações relacionadas as melhorias no processo serem implantadas, podemos acompanhar a evolução das medições dos índices de disponibilidade, produtividade e qualidade estudados e identificar melhoras nesses fatores, ou seja, já há possibilidade de contabilizar o quanto o processo foi melhorado e conseqüentemente sua eficiência produtiva também aumentada.

Com relação ao acompanhamento do estudo do índice da disponibilidade dos equipamentos, podemos identificar que obtivemos uma melhora no fator com relação ao *baseline* definido no início do projeto. Houve uma real redução de horas paradas na ordem de 62,3%, ou seja, de 1231,2 horas indisponíveis no período anteriormente avaliado, reduzimos esta quantidade a 464,0 horas paradas que foram medidas durante o período em que as ações foram implementadas, como podemos verificar no gráfico 7 que nos mostra a quantidade de horas gastas com manutenção no período acompanhado.

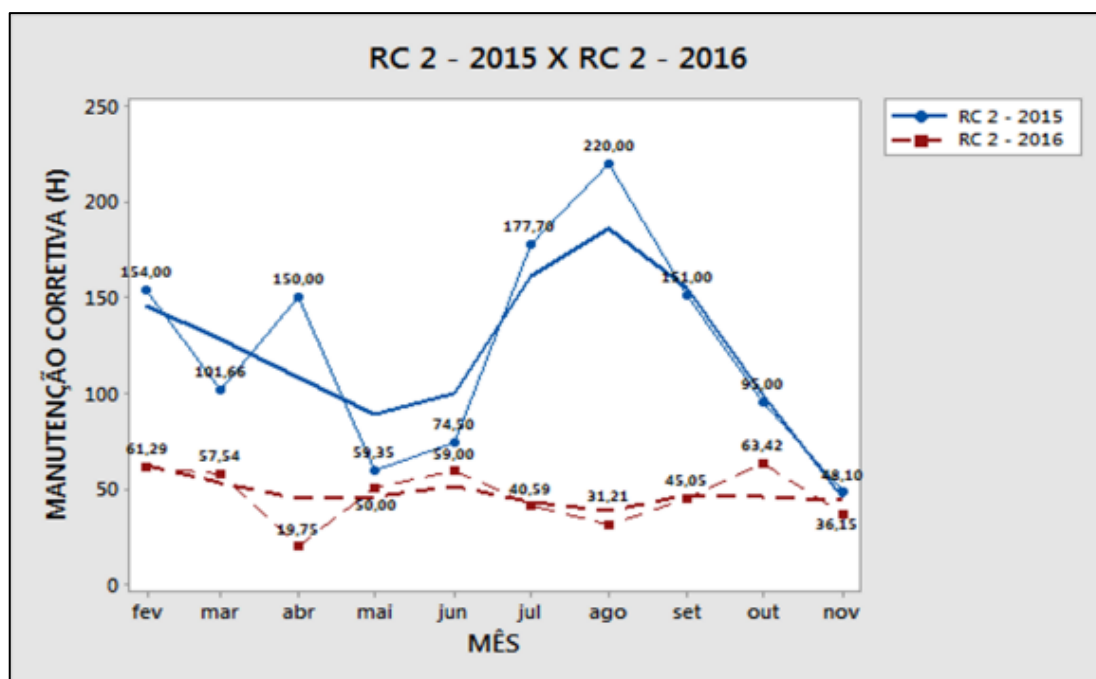


Gráfico 7: Gráfico de Controle – Perdas por parada dos equipamentos RC2

Fonte: Elaborado pelo autor

No que diz respeito ao índice de produtividade, as melhorias implantadas para aumentar este fator, vem ao longo do período avaliado, aumentando gradativamente e a tendência é que atinja a eficiência definida após a avaliação e análise do *baseline* até a finalização das ações determinadas. Algumas ações necessitam de alto investimentos e não foram contabilizadas no plano de ações inicialmente definido. Para acompanhar o aumento da eficiência durante o período avaliado e com as melhorias sendo implantadas, podemos verificar no gráfico 8 a evolução do índice de produtividade.

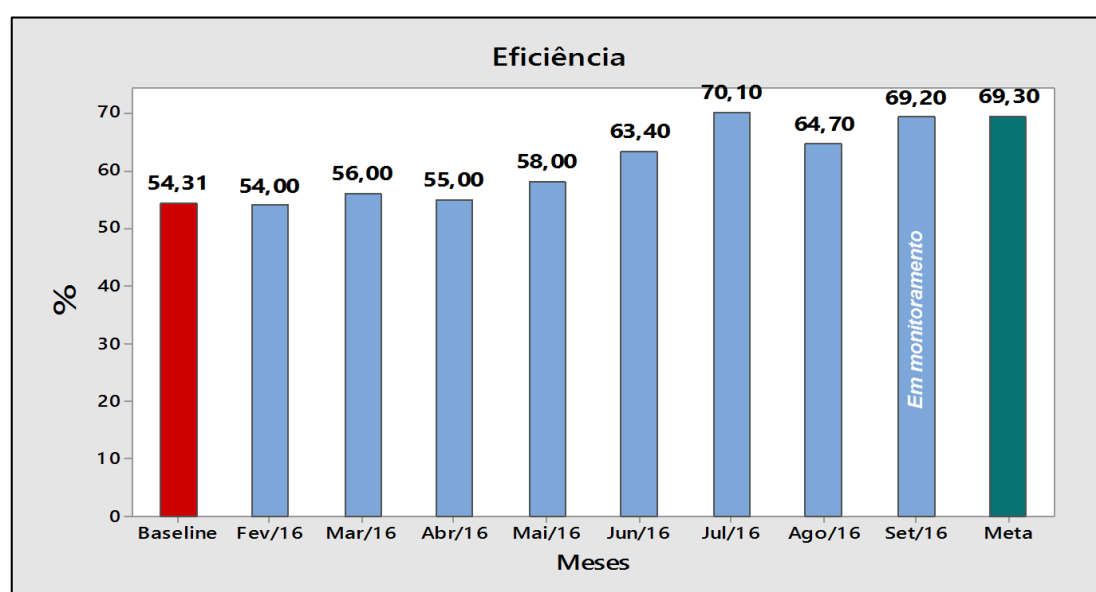


Gráfico 8: Gráfico de Barras – Evolução do índice de produtividade

Fonte: Elaborado pelo autor

No que diz respeito ao índice de qualidade, obtivemos uma grande redução na quantidade de refugo durante o processo, através das ações de melhorias discutidas e implantadas pela equipe de desenvolvimento deste projeto. Conseguimos uma redução do índice de refugo na ordem de 61,7%. No início do projeto o baseline era de 6,8% de refugo e agora após a implantação das melhorias atingimos um índice de 2,2%. Através do gráfico 9 podemos acompanhar a evolução da redução do índice através do tempo com as melhorias sendo implantadas.

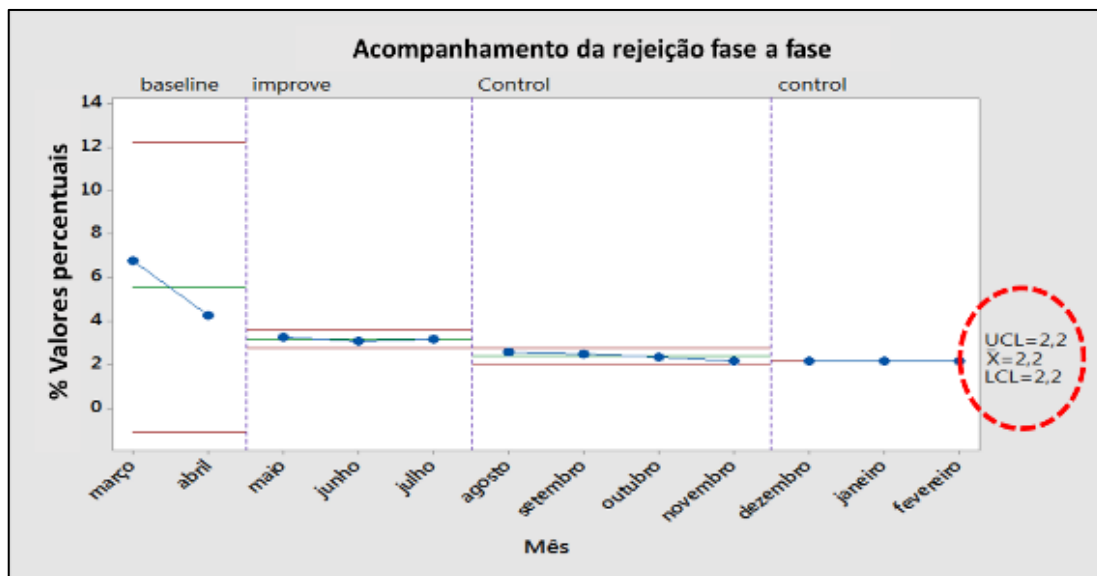


Gráfico 9: Gráfico de Controle – Evolução do índice de qualidade  
Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.7.1 Documentação de controle do processo

Com as melhoras dos índices de disponibilidade, produtividade e de qualidade, necessitamos dispor de procedimentos de controle dos processos, para garantir a efetiva manutenção dos indicadores e para que o responsável pela gestão do processo possa estar munido de informação e conhecimento sobre a disposição das melhorias entregues com a finalização do projeto.

Com o aumento efetivo nos índices estudados e de acordo com a metodologia aplicada, se faz necessário o desenvolvimento de um plano de controle para garantir a integração entre as pessoas participantes do processo e o responsável direto pela área em estudo. Por esse completo entendimento da necessidade de implantar esse mecanismo de monitoramento dos principais fatores que podem envolver positiva ou negativamente os índices é que foi criado os planos de controle para que os índices de disponibilidade, de produtividade e de qualidade mantenham o nível atingido durante o desenvolvimento dos

projetos. Podemos verificar a tabela de controle anexo 6, os planos de controles criados para que as pessoas envolvidas e responsáveis pela produção possam conhecer as diferentes entradas e saídas no processo, bem como as especificações diretas por cada ação e saibam como agir em caso de situação fora da normalidade.

Assim como o plano de controle, desenvolvemos em conjunto com a produção o procedimento operacional padrão que são as instruções de como os operadores devem agir na execução de algumas atividades, ou seja, um documento gerado pela área de Engenharia de processo e validado pelos responsáveis do processo para que seja utilizado como referência na execução de atividades que foram mapeadas e desenvolvidas nas melhorias de produtividade e redução de desperdícios na operação. Podemos verificar no procedimento padrão anexo 5 um exemplo de documentação padrão para o preparo inicial da linha de pintura.

Com relação a redução dos índices de qualidade que atingimos, foi desenvolvido um plano de captação de informação para que seja utilizado como uma fonte constante e dinâmica de informações que abastecem as discussões diárias das equipes operacionais e que geram com grande riqueza de detalhe o mapeamento das principais ocorrências no processo. Este plano é muito útil na tomada de decisão da equipe no que tange a melhora da estratégia de produção, como podemos verificar a tabela de captação de dados anexo 2 que é uma planilha de captação de informação sobre as ocorrências no dia a dia.

### **3.8 Fatores da OEE**

Com a definição do escopo do projeto no início do desenvolvimento e as análises e avaliações das oportunidades de melhorias sendo efetuadas e implantadas de acordo com os planos de ação elaborados, obtivemos uma melhora nos índices de disponibilidade, índice de eficiência produtiva e índice de qualidade.

O índice de disponibilidade que inicialmente foi baseado sobre um montante de horas planejadas para atender a produção de 14.660 horas em uma eficiência produtiva de 80% era de 91%, ou seja, um ID de 0,91. Com as melhorias identificadas durante o projeto e as análises efetuadas, discutidas e implantadas, atingimos um montante de horas de indisponibilidade de 464,0 horas o que significa que com um mesmo período de horas planejadas de 14.660 horas a uma eficiência de 80%, atingimos uma redução de 62,3% de máquinas paradas e um índice de disponibilidade de 96,83% - 0,97.

$$ID = 0,97$$

O índice de eficiência produtiva que através da captação das informações no período inicial nos indicou um baseline na ordem de 54,31%, sofreu uma melhora significativa com a sequência de implantações dos itens identificados, discutidos e incluídos no plano de ação. As eficiências foram aumentando gradativamente na mesma intensidade que as melhorias foram se consolidando até atingirmos o patamar de 69,30%, que estão de acordo com as premissas iniciais na definição do escopo do projeto.

$$IP = 0,693$$

O índice de qualidade que possuía um baseline de 6,8% de refugo através da captação de informações dentro de um período avaliado, sofreu uma melhora significativa com as ações implantadas. As ações realizadas dispuseram uma melhor avaliação das ocorrências e com essa facilidade, como consequência foi a melhora do índice medido durante o período consecutivamente avaliado, ou seja, saímos de 6,8% para 2,2% de refugo no processo.

$$IQ = 0,972$$

### 3.8.1 OEE

Com a medição dos fatores após a fase de análise e considerando o período avaliado com a introdução das ações que foram discutidas e implementadas de acordo com o plano de ação, nota-se que os índices sofreram consideráveis modificações e com isso o processo ao todo foi melhorado.

No início das análises, onde após a fase de definição dos escopos de cada atuação e com as medições que durante um período estipulado geraram os índices dos baseline de cada fator, verificamos que partindo de uma OEE de 0,45, houve uma melhora significativa nos fatores, ou seja, aumentamos a eficiência geral da célula de pintura e aplicação de antiaderentes.

$$IP = ID \times IP \times IQ$$

$$IP = 0,97 \times 0,693 \times 0,972$$

$$IP = 0,65$$

### **3.8.2 Retorno financeiro**

Cada fator que compõem o índice OEE, contribui também com o retorno financeiro adquirido com os ganhos originados com a melhora da eficiência medida em cada índice.

O índice de disponibilidade, que relaciona as horas paradas dos equipamentos em processo, com relação a redução das horas indisponíveis nos maquinários, gerou um ganho financeiro na ordem de R\$40K.

O índice de produtividade, que relaciona a eficiência produtiva do processo, conquistou um ganho na ordem de R\$92K com a implantação das ações de melhora da eficiência no período avaliado.

O índice de qualidade, que relaciona o nível de refugo e retrabalho gerado no processo, conquistou um ganho na ordem de R\$225K, com a redução dos refugos gerados no processo de pintura dos discos.

Com esses ganhos efetuados e concretizados, podemos afirmar que a melhora da eficiência global do processo, a OEE, ao atingir o índice de 0,65, gerou um ganho financeiro de R\$357K por ano, após a implantação do projeto.

#### 4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a proposta de utilização de um roteiro de análise baseado na metodologia Seis Sigma para a resolução de problemas e identificação de oportunidades de melhorias no processo.

No decorrer do desenvolvimento, foi evidenciado de forma implícita e explícita a necessidade de:

- ✓ Analisar os diversos aspectos internos e externos relacionados a organização e ao processo de produção de pintura estudado, pois é de suma importância a sua compreensão para a correta estruturação da metodologia Seis Sigma;
- ✓ Identificar a correta causa das falhas existentes no processo;
- ✓ Elaborar mecanismos de manutenção do conhecimento adequado de forma que garanta o nível de informação e de disseminação da informação as pessoas;
- ✓ Evidenciar procedimentos adequados e necessários ao trabalho para sua implantação e viabilidade no uso cotidiano;
- ✓ Gerenciar a implantação e gerar um mecanismo de manutenção da sistemática aplicada;

O objetivo geral, que foi o alvo principal desta composição, era a compreensão da utilização da metodologia Seis Sigma e sua aplicabilidade em um processo produtivo e foi efetuado com êxito podendo ser verificado com os resultados atingidos e declarados no estudo de caso apresentado.

Os objetivos secundários relativos ao trabalho foram atingidos, pois conforme demonstrado no estudo efetuado:

É viável a utilização do método DMAIC na busca da melhora da produtividade no setor produtivo, pois como podemos observar no estudo efetuado, há uma sequência lógica para a análise e efetiva implantação das melhorias identificadas e isso facilita o comportamento do desenvolvimento dos projetos aplicáveis em qualquer setor de atuação.

O mapeamento do setor produtivo em estudo foi efetuado com êxito, pois além de demonstrar com detalhes cada etapa do processo produtivo, facilitou a observação e identificação dos pontos chaves onde as falhas podem ocorrer e reduziu a área de atuação na busca das melhorias potenciais.

Com os resultados obtidos com este estudo, a comparação das eficiências antes e depois da utilização da metodologia apresentou uma melhora consistente e bastante abrangente, pois norteou o quanto o processo está melhorado e estabilizado.

Com a conclusão deste projeto, espera-se que a pesquisa efetuada possa ter cumprido seu papel acadêmico e auxiliado no crescimento da massa crítica relacionada a utilização da metodologia Seis Sigma para o desenvolvimento dos setores produtivos.

Algumas limitações ao desenvolvimento deste projeto se deram inicialmente pelo decréscimo da participação de algumas pessoas participantes do grupo de desenvolvimento inicialmente montado. O fato certamente se deve pela falta de informação e/ou aceitação as mudanças propostas com a introdução desta metodologia e a maneira atual de realizarem as análises das cotidianas situações. Mas com o apoio da direção e a criação de uma massa com o preparo técnico para difundir este conceito e metodologia, o panorama para estudos futuros será mais otimista.

O trabalho aqui apresentado é um projeto simples, do ponto de vista da capacidade de gerenciamento de um piloto de projeto Green Belt, mas como a metodologia é bem focada e direcionada, se faz necessário o preparo de um contingente maior de pilotos de projeto para que possa atingir uma gama de áreas mais abrangente e os resultados surjam com maior rapidez, pois comprovadamente, este método de aplicação garante retorno à empresa e as pessoas envolvidas.

Como piloto de projeto com certificação Green Belt, obtive a oportunidade de visitar a matriz do Grupo SEB em Ecully na França e evidenciar a importância que a companhia deposita no desenvolvimento das pessoas e na confiança que estas ações, promovam um melhor comprometimento e como consequência melhorem o nível de excelência operacional almejado pela direção do grupo. Pude também evidenciar o quanto o grupo investe na promoção desta captação de conhecimento e disseminação da informação para que todas as plantas produtivas tenham um mesmo padrão de aplicação da metodologia.

## 5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CAMPOS, M.S. **Seis Sigma - Presente e Futuro**, 2003. Disponível em <[http://www.siqueiracampos.com/art\\_jan\\_03.htm](http://www.siqueiracampos.com/art_jan_03.htm)>. Acesso em: 14 de outubro e 2016.

CHASE, R.B.; JACOBS, F.R.; AQUILANO, N.J. **Operations Management for Competitive Advantage**. Irwin, McGraw-Hill, 2006.

CHIARADIA, A.J.P. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: um estudo de caso na indústria automobilística**. Porto Alegre, UFRGS, Engenharia de produção, 2004.

CORREA, H.L, CORREA, C.A. **Administração de produção e operações**. 2ªed. São Paulo, Atlas, 2013.

ECKES, George. **A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro**. Trad. Reynaldo Cavalheiro Marcondes. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

FARAGO, Randall. **Proposta de melhoria para o processo DMAIC com integração do AHP: Uma aplicação na operação de distribuição física de bebidas**. 2015. Tese (Doutorado em ciências). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

GIL, A.C. **Estudo de caso**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da produção**. 2ªed. São Paulo, Saraiva, 2005.

MAXIMIANO, A.C.A. **Introdução à administração**. 7ªed. São Paulo: Atlas, 2010.

MINTZBERG, H.; QUINN, J. **O processo da estratégia**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MONTENEGRO, I. **Excelência operacional: O desafio da melhoria contínua**, São Paulo: Sobratema, 2007.

MOREIRA, D. A. **Dimensões do desempenho em manufatura e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1996.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM**, Productivity Press. Cambridge, MA, 1993.

OLIVEIRA, D.P.R. **Planejamento estratégico: conceitos metodologias e práticas**. 19ed. São Paulo: Atlas, 2003.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção** – Além da produção em larga escala. Bookman, Porto Alegre, R.S. 1997.

PACHECO, D.A.J. **Teoria das restrições, *Lean manufacturing* e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração**. v.24, n4, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org> > Acesso em: 15 de outubro de 2016.

PANDE, P.S. NEUMAN, R.P. CAVANAGH, R.R. **Estratégia Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualimark, 2002.

PAULA, G. M., **Importação Metalúrgica da China Causa Impacto nos Empregos**. Revista EXAME. 2012. Disponível em: < <http://www.exame.abril.com.br/economia/importação> > acesso em: 01 de setembro 2016.

PORTER, M.E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústria e da concorrência**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PORTER, M.E. **A estratégia competitiva e o modelo das cinco forças**. Rio de Janeiro: Makron Books, 1993.

PYZDEK, T. **The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green belt, Black belt and Managers at all levels**. New York, McGraw-Hill, 2003.

ROTONDARO, R.G. **SEIS SIGMA: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SALOMON, D. V. **Como fazer uma monografia: elementos de metodologia do trabalho científico**. Belo Horizonte: Interlivros, 1997.

SLACK, N. **Vantagem Competitiva em Manufatura: atingindo competitividade nas operações de indústrias**. São Paulo: Atlas, 1993.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

UNIDADE DE GESTÃO ESTRATÉGICA UGE. **Participação das Micros e Pequenas Empresas na Economia Brasileira**, 2014. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>> acesso em: 30 de agosto 2016.

VALENTINI, A.M.R. **Método de estudo de caso ou método de caso: uma análise dos dois métodos**. 2005. Disponível em: <<http://www.mackenzie.com.br>> acesso em 29 de setembro de 2016.

WERKEMA, C. **Criando a cultura Seis Sigmas**, v.1 Nova Lima: Werkema ed., 2004.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

## 6 ANEXOS

Marcação das paradas de produção RC2				Data:	
05:45		08:45		11:45	
05:50		08:50		11:50	
05:55		08:55		11:55	
06:00		09:00		12:00	
06:05		09:05		12:05	
06:10		09:10		12:10	
06:15		09:15		12:15	
06:20		09:20		12:20	
06:25		09:25		12:25	
06:30		09:30		12:30	
06:35		09:35		12:35	
06:40		09:40		12:40	
06:45		09:45		12:45	
06:50		09:50		12:50	
06:55		09:55		12:55	
07:00		10:00		13:00	
07:05		10:05		13:05	
07:10		10:10		13:10	
07:15		10:15		13:15	
07:20		10:20		13:20	
07:25		10:25		13:25	
07:30		10:30		13:30	
07:35		10:35		13:35	
07:40		10:40		13:40	
07:45		10:45		13:45	
07:50		10:50		13:50	
07:55		10:55		13:55	
08:00		11:00		14:00	
08:05		11:05		14:05	
08:10		11:10		14:10	
08:15		11:15		14:15	
08:20		11:20		14:20	
08:25		11:25		14:25	
08:30		11:30		14:30	
08:35		11:35		14:35	
08:40		11:40		14:40	

Anexo 1: Tabela de acompanhamento das paradas na produção  
 Fonte: Elaborado pelo autor



PLANO DE AÇÃO INTEGRADO RC2 - ROLLER							
	AÇÃO						
	I	T	C	PRIOR.	RESP	PRAZO	STATUS
1	4	4	5	67	Manutenção	jul/16	100%
2	3	5	4	62	Manutenção	abr/16	100%
3	5	5	3	61	Manutenção / Processo	set/16	100%
4	4	4	4	60	Engenharia	jul/16	100%
5	3	3	5	59	Processo	dez/16	100%
6	3	4	4	57	Processo / Produção	dez/16	100%
7	3	4	4	57	Produção	mai/16	100%
8	5	4	3	56	Manutenção	mai/16	100%
9	4	3	4	55	Manutenção	out/16	100%
10	1	3	5	53	Processo	dez/16	100%
11	4	4	3	53	Produção / Manutenção	set/16	100%
12	3	4	3	50	Manutenção	dez/16	100%
13	3	4	3	50	Manutenção	ago/16	100%
14	3	4	3	50	Manutenção	jun/16	100%
15	4	2	4	50	Manutenção	set/16	100%
16	5	4	2	49	Manutenção	jul/16	100%
17	5	4	2	49	Manutenção	jul/16	100%
18	4	3	3	48	Produção / Manutenção	out/16	100%
19	4	3	3	48	Manutenção	mai/16	100%
20	4	3	3	48	Manutenção	mai/16	100%
21	4	3	3	48	Manutenção	ago/16	100%
22	4	3	3	48	Manutenção	ago/16	100%
23	4	4	2	46	Produção	out/16	100%
24	3	3	3	45	Processo / Manutenção	jul/16	100%
25	5	3	2	44	Produção	ago/16	100%
26	5	3	2	44	Manutenção	jun/16	100%
27	4	5	1	44	Processo	ago/16	100%
28	5	3	2	44	Manutenção / Processo	ago/16	100%
29	4	2	3	43	Produção	mai/16	100%
30	5	4	1	42	Processo	jun/16	100%
31	4	3	2	41	Produção	jul/16	100%
32	4	3	2	41	Produção	ago/16	100%
33	4	3	2	41	Manutenção / Processo	out/16	100%
34	4	3	2	41	Produção	ago/16	100%
35	1	3	3	39	Manutenção	dez/16	100%
36	3	3	2	38	Produção	ago/16	100%
37	3	3	2	38	Manutenção	mai/16	100%
38	3	3	2	38	Manutenção	abr/16	100%
39	3	3	2	38	Produção	jul/16	100%
40	2	2	3	37	Processo / Produção	ago/16	100%
41	4	2	2	36	Produção	abr/16	100%
42	4	2	2	36	Manutenção	abr/16	100%
43	4	2	2	36	Manutenção	jul/16	100%
44	3	2	2	33	Produção	abr/16	100%
45	3	2	2	33	Produção	jul/16	100%
46	3	3	1	31	Produção	mai/16	100%
47	3	3	1	31	Produção	jul/16	100%
48	3	3	1	31	Produção	abr/16	100%
49	2	2	2	30	Produção	abr/16	100%
50	2	2	2	30	Produção	mai/16	100%
51	3	2	1	26	Produção / Processo	abr/16	100%
52	3	2	1	26	Produção	abr/16	100%
53	3	1	1	21	Produção	abr/16	100%
54	3	1	1	21	Produção	abr/16	100%

Anexo 3: Tabela com plano de ação integrado

Fonte: Elaborado pelo autor

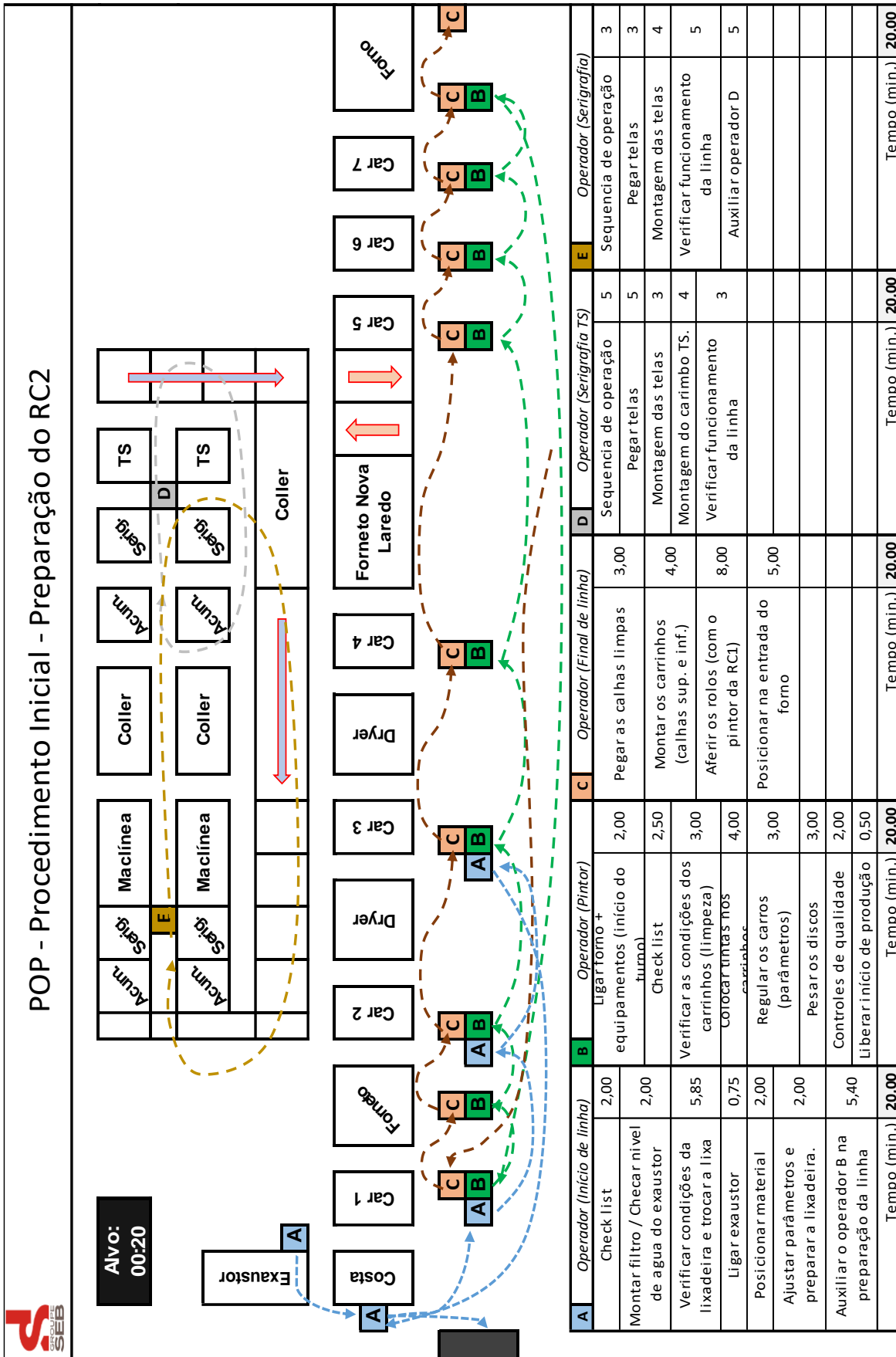
Atividade		Procedimento Operacional Padrão			Rev.	
Novos equipamentos		Aplicação		Operação		01 / 01
		Célula		POP 01		
		Todas				
Etapa		Pontos-chave				
Descrição das Etapas		Geral				
<b>Seq.</b>	<b>Quem?</b>	<b>O que?</b>	<b>Como?</b>	<b>Quando?</b>		
1	Engenharia Industrial + Manutenção + Manufatura	Determinação dos novos projetos	Análise de processos / máquinas	Budget		
2	Engenharia Industrial + Manutenção	Escopagem projetos	Análise de processos / máquinas	Jan / Fev		
3	Engenharia Industrial + Manutenção	Levantamento de lições aprendidas	Análise de dados projetos anteriores	Jan / Fev		
4	Engenharia Industrial + Manutenção + Manufatura	Alinhamento sobre escopo de projetos	Reunião informativa	Fev / Mar		
5	Engenharia Industrial	Envio de primeira proposta para fornecedores (cotação)	E-mail	Mar / Abr		
6	Compras	BID	Negociação com possíveis fornecedores	Abr / Mai		
7	Fornecedor	Apresentação de pré-projeto	Reunião	Mai		
8	Engenharia Industrial + Manutenção + Manufatura	Aprovação do projeto	Análise de proposta	Mai / Jun		

Responsáveis			
Elaboração	Fábio	Revisão	Responsáveis
Velardo	Martins	Approvação:	
		F.	Data
			01/06/2016

Anexo 4: Planilha com procedimento operacional padrão

Fonte: Elaborado pelo autor



Anexo 5: Planilha com Procedimento Inicial – preparação de linha

Fonte: Elaborado pelo autor

Entrada (X) ou Saída (Y)	Especificação	Plano de Reação	Técnica de Medição, Amostragem e Frequência	Método de Controle	PO ou Resp.
Manutenção Autônoma	100% realizada	Informar ao supervisor as ações e correções necessárias	Conforme Rota de Manutenção Autônoma	Tabulação planejado x realizado	Ronaldo Teodoro Nelson
Manutenção Preventiva	100% realizada	Reunir com gestores de produção e manutenção e definir ações para assegurar realização.	SAP Conforme frequência definida	Tabulação planejado x realizado	Jefferson
Novos Equipamentos	Conforme fluxograma	Conversar com equipe e definir ações de correção.	Avaliar 100% todos os projetos	Tabulação planejado x realizado	Vellardo
Treinamento dos Operadores	100% treinados	Identificar causas de falhas e definir ações corretivas. Treinar operadores.	Registro de treinamento 100% dos operadores semestral	Comparar registro de treinamento com lista de operadores	Ronaldo Teodoro Nelson
Peças produzidas	E.H.	Operador deve parar a máquina e acionar a supervisão.	GV 100% inspeção	SAP	Teodoro / Nelson
Programação de produção	SAP	Reavaliar o plano conforme capacidade.	PAPI	SAP – Planejado x Realizado	Robério F.
Tempo de atividade (set up / preparo)	POP - Padrão	Revisar os valores e fazer nova cronograma das operações	Filmagem da atividade	G.V.	Fabio V.

Anexo 6: Tabela com plano de controle  
Fonte: Elaborado pelo autor