

MATHEUS ARAUJO VENEZIANI PASIN

**MELHORIA DE EFICIÊNCIA DE MÁQUINAS PELA METODOLOGIA DMAIC EM
EVENTOS KAIZEN**

Guaratinguetá

2015

MATHEUS ARAUJO VENEZIANI PASIN

MELHORIA DE EFICIÊNCIA DE MÁQUINAS PELA METODOLOGIA DMAIC EM
EVENTOS KAIZEN

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Otávio José Oliveira

Guaratinguetá

2015

P282m	Pasin, Matheus Araújo Veneziani Melhoria de eficiência de máquinas pela metodologia DMAIC em Eventos Kaizen / Matheus Araújo Veneziani Pasin – Guaratinguetá, 2014. 49 f : il. Bibliografia: f. 43-48 Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014. Orientador: Prof. Dr. Otávio José Oliveira Coorientador: Prof. Dr. Aneirson Francisco da Silva 1. Controle de processo 2. Controle de qualidade 3. Gestão da qualidade total I. Título CDU 658.56
-------	--

Matheus Araujo Veneziani Pasin

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA"

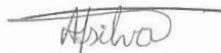
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dra. Arminda Eugenia Marques Campos
Coordenadora

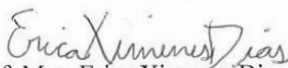
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. OTÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA
Orientador/UNESP-FEG



Prof. Dr. ANEIRSON FRANCISCO DA SILVA
UNESP-FEG



Prof. Msc. Erica Ximenes Dias
UNESP-FEG

Dezembro de 2014

DADOS CURRICULARES

MATHEUS ARAUJO VENEZIANI PASIN

NASCIMENTO	29/10/1991 – São José dos Campos/SP
FILIAÇÃO	Tania Mara Araujo Pasin Silvio Luiz Veneziani Pasin
2010/2014	Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

Dedico este trabalho aos meus pais que tanto investiram em meu desenvolvimento acadêmico, profissional e pessoal. Também dedico aos professores que fizeram parte dessa caminhada e são parte disso.

PASIN, M. A. V. **Melhoria de eficiência de máquinas pela metodologia DMAIC em Eventos Kaizen**. 2014. 49f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

RESUMO

Em um mercado altamente competitivo e mundialmente integrado, a excelência nos processos produtivos deixa de ser apenas um diferencial para se tornar um fator de sobrevivência. Nesse contexto, as empresas de diversos setores têm recorrido a filosofias e técnicas já consagradas na literatura para a melhoria da eficiência em seus processos produtivos.

Esse trabalho pretende analisar aspectos e técnicas utilizados para a melhoria da eficiência produtiva de uma empresa multinacional que fabrica utensílios cirúrgicos para mercado a nível global. Por meio da metodologia DMAIC, foram levantadas oportunidades de melhoria da eficiência de máquinas medidas pelo OEE, indicador de eficiência produtiva, em Eventos Kaizen. Foi realizado um estudo de caso para analisar-se a metodologia utilizada identificando boas práticas e dificuldades encontradas.

PALAVRAS-CHAVE: DMAIC, *Kaizen*, Evento *Kaizen*, Eficiência, OEE

PASIN, M. A. V. **Melhoria de eficiência de máquinas pela metodologia DMAIC em Eventos Kaizen**. 2014. 49f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

ABSTRACT

In a highly competitive and globally integrated market, excellence in production processes has become a survival factor, instead of just a differential point. In this context, companies from various sectors have resorted to philosophies and techniques already established in the literature to improve the efficiency of their production processes.

This paper discusses aspects and techniques used to improve the production efficiency of a multinational company that manufactures surgical devices to a global market. Through DMAIC methodology, there were found opportunities to improve machines' efficiency by OEE, an efficiency indicator, in Kaizen Events. A case study was conducted to analyze the methodology and to identify good practices and difficulties along the way.

PALAVRAS-CHAVE: DMAIC, *Kaizen*, *Kaizen Event*, Efficiency, OEE

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Custo Unitário de Trabalho na Indústria de Transformação.....	13
Figura 2 - Níveis de kaizen.....	16
Figura 3 - Resumo da metodologia DMAIC utilizada no EK.....	25
Figura 4 - Valor dos pilares de OEE.....	29
Figura 5 - Diagrama de Pareto de grupos de paradas.....	30
Figura 6 - Diagrama de Pareto das paradas não programadas.....	31
Figura 7 - Diagrama de causa e efeito.....	33
Figura 8 - Análise dos cinco porquês para quatro causas selecionadas.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Máquinas e valores de metas	26
Tabela 2 - Tabela RACI.....	27
Tabela 3- Matriz de priorização das soluções	35
Tabela 4 - Matriz de priorização das soluções	35
Tabela 5 - Plano de ação final da M13	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo das dificuldades	38
Quadro 2 - Resumo das boas práticas.....	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO	12
1.2	DELIMITAÇÃO.....	12
1.3	JUSTIFICATIVA	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	KAIZEN	15
2.2	DMAIC	17
2.3	EFETIVIDADE GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE)	19
3	MÉTODO DE PESQUISA	22
4	ESTUDO DE CASO	24
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	24
4.2	DEFINIR	25
4.3	MEDIR	28
4.4	ANALISAR	31
4.4.1	Problema.....	32
4.4.2	Diagrama de causa efeito	32
4.4.3	Análise dos 5 Porquês	33
4.5	MELHORAR	34
4.5.1	Brainstorm de Solução	34
4.6	CONTROLAR	36
4.6	DIFICULDADES	36
4.7	BOAS PRÁTICAS	38
5	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICE A - Roteiro de questionário	49

1 INTRODUÇÃO

No nível altamente competitivo do mercado atual, empresas que não investem em melhoria contínua estão fadadas ao fracasso (GIBBONS; BURGESS, 2010). As empresas que não tem eficiência em seus processos produtivos, raramente conseguem manter-se estáveis no mercado (MACEDO, 2012). Neste contexto, o objetivo geral das empresas tem sido o de gerar margem de lucro significativa para o negócio se manter competitivo de maneira autossustentável (PRASHAR, 2014).

Diversas organizações têm adotado diferentes maneiras de se medir a eficiência produtiva, sendo que muitas delas têm se mostrado obsoletas e inconsistentes (BAMBER et al., 2003). O indicador que será utilizado para análise de eficiência das máquinas será o OEE, *Overall Equipment Effectiveness* que traduzido para português significa Efetividade Global do Equipamento. Sua utilização tem sido cada vez mais frequente nas empresas nos últimos anos (ANVARI; EDWARDS; STARR, 2010). Dal, Tugwell e Greatbanks (2000) sugerem que o OEE pode ser utilizado como um indicador nas atividades de melhoria no processo de manufatura e será utilizado com essa finalidade neste trabalho.

A manufatura enxuta é uma das possíveis abordagens para a melhoria de eficiência de processos produtivos. Essa abordagem também tem sido fortemente utilizada nas indústrias e tem ganhado a atenção da comunidade científica também (FURLAN; DAL PONT; VINELLI, 2011). Womack et al. (1990) descrevem a manufatura enxuta como uma filosofia voltada para eliminação de desperdícios. A literatura tem mostrado fortes indícios de melhoria dos indicadores produtivos com a implementação da manufatura enxuta (DOOLEN et al., 2008).

Um dos conceitos advindos da manufatura enxuta é o de melhoria contínua, ou como conhecido pelo sistema de Produção Toyota, *Kaizen*. O conceito de Kaizen pode ser definido basicamente como a melhoria contínua de processos ou fluxos, com o objetivo de agregar-se mais valor com menos recursos (ARAÚJO, 2006).

O conceito de Kaizen leva em conta também a questão de alguns aspectos de recursos humanos como a utilização de times *cross-functional* (multifuncional), seleção e treinamento de funcionários, participação dos funcionários na geração de ideias, entre outros (WATANABE, 2011). Esses fatores são essenciais para que toda fábrica venha a assimilar os valores da manufatura enxuta.

Uma das metodologias de projeto mais bem conhecida para redução de custos da má qualidade em produtos ou processos é o DMAIC (KUMAR; SONOSKI, 2009). A metodologia DMAIC é utilizada para melhorar processos existentes e tem provado sua eficácia na redução

de custos, tempo de ciclo, e aumentando a satisfação do cliente, além de aumentar a lucratividade em muitas indústrias e organizações em todo o mundo (PRASHAR, 2014). A metodologia Seis Sigma DMAIC irá direcionar cada passo do projeto de aumento do OEE.

A utilização dos conceitos das metodologias Kaizen e DMAIC podem auxiliar e direcionar um projeto de melhoria contínua? Além disso, de que maneira pode ser conduzido um projeto que busca as causas raízes dos problemas que afetam o OEE de um grupo de máquinas?

1.1 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é analisar a metodologia utilizada por uma empresa multinacional situada no Brasil para encontrar oportunidades de melhoria de eficiência produtiva em seus processos, de formar a identificar boas práticas e dificuldades.

E como objetivos específicos têm-se:

- Identificar como foi feita a busca de causas raízes de problemas que afetam o OEE de um grupo de máquinas selecionados e a priorização das soluções para a resolução do problema.
- Analisar a metodologia DMAIC utilizada na condução do projeto de melhoria contínua, bem como a difusão dos conceitos de Kaizen nos diferentes níveis da fábrica.
- Comparar as ações realizadas na prática em uma fábrica com o que é sugerido na literatura.

1.2 DELIMITAÇÃO

Será analisada a preparação e execução de Eventos Kaizen por meio da metodologia DMAIC em cinco máquinas de estampagem de uma empresa multinacional do ramo de produtos médico-cirúrgicos localizada no Vale do Paraíba.

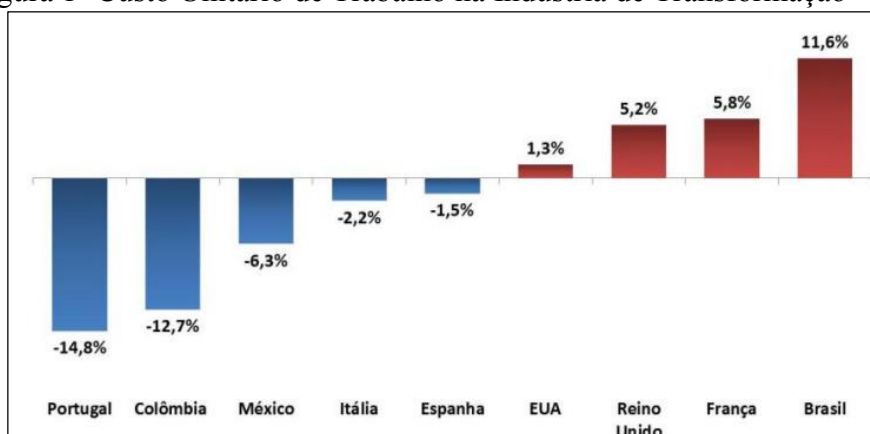
1.3 JUSTIFICATIVA

Uma das grandes barreiras econômicas para as empresas brasileiras está associada ao alto custo de se produzir no Brasil, o chamado Custo Brasil, caracterizado pelas carências de infraestrutura, pela elevada carga tributária, pela escassez de fontes de investimentos de longo prazo, pelo alto custo da logística e da energia (SOUZA, 2012).

Muitas empresas multinacionais possuem, além da concorrência direta, concorrência com as unidades próprias localizadas em sites de outros países. Um dos maiores concorrentes de empresas multinacionais que estão no Brasil é a própria China a qual vem apresentando protagonismo na economia mundial, visto que vem mantendo taxas de crescimento econômico em seu Produto Interno Bruto (PIB) acima de 10% ao ano (VIEIRA, et al., 2013). Muito devido ao seu altíssimo número de habitantes aliado a outros fatores econômicos, a China ainda apresenta um dos custos de mão de obra mais barato do mundo (NONNENBERG, 2010).

O Brasil, por sua vez, apresenta um dos custos de trabalho mais altos do mundo e nos últimos anos tem aumentado ainda mais esse valor, enquanto a maior parte dos outros países tem observado esse número diminuir (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, 2014, p. 3). Como indicado na Figura 1, o Brasil apresentou um crescimento de 11,6% no custo unitário do trabalho entre janeiro de 2010 e junho de 2014.

Figura 1- Custo Unitário de Trabalho na Indústria de Transformação



Fonte: (FIRJAN, 2014)

A geração de refugos e retrabalhos tem sido desprezados por muitas empresas na análise da capacidade de muitas empresas, mesmo consumindo tantos recursos no processo produtivo (STAUDT; COELHO; GONÇALVES, 2011). Tanto os conceitos da Manufatura enxuta, como os de Seis Sigma aumentam a competitividade das empresas, podendo levar a uma melhor colocação das indústrias no mercado (ANTONY, 2011).

Esse trabalho pretende gerar uma simples contribuição a comunidade ao identificar valores e filosofias utilizados no chão de fábrica que podem melhorar o desempenho de processos produtivos, aumentando sua competitividade a nível global.

Empresas multinacionais localizadas no Brasil que apresentam alta competitividade entre as próprias unidades da mesma companhia em diferentes países precisam ter alta eficiência em seus processos a fim de receber os maiores volumes produtivos para sua unidade. É nesse sentido que é tão importante estudar estratégias e conceitos que venham proporcionar grande impacto sobre indicadores produtivos, como o próprio OEE.

Outra questão importante de ser mencionada é o setor da empresa em questão. O setor de produção de dispositivos médicos e cirúrgicos não permite que ocorram muitos problemas de qualidade e não conformidades. Por se tratar de produtos que tem impacto direto na saúde do consumidor, qualquer defeito ou não conformidade pode trazer graves problemas ao cliente e assim consequências catastróficas para a empresa.

Dessa maneira, é imprescindível que qualquer melhoria de processo produtivo não venha a culminar em nenhum efeito negativo sobre os quesitos de qualidade dos produtos. É analisado cautelosamente e de maneira contínua também, os possíveis efeitos que modificações na produção e nos processos possam causar na qualidade do produto que chega ao cliente final.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 KAIZEN

A palavra Kaizen é proveniente do idioma japonês e é formado por “*kai*” que significa mudança e “*zen*” que significa bom (iSixSigma LLC, 2004). O termo Kaizen, ou melhoria contínua, como ficou conhecido, tem sido muito discutido nos últimos anos por muitos acadêmicos seja por meio de desenvolvimento teórico, estudos empíricos, Eventos Kaizen e pela sua associação com pensamento *Lean* e Seis Sigma (MIGUEL-DÁVILA, 2014).

A maior parte do que se diz hoje sobre melhoria contínua é proveniente da interpretação da prática japonesa chamada de *Kaizen* (PHENG, G., 2013). A utilização do conceito Kaizen se tornou tão comum que a palavra dificilmente é vista como uma palavra estrangeira, muito menos exige uma definição própria (LIKER; CONVIS, 2011). Kaizen está inteiramente associado ao sistema de produção enxuta, uma vez que busca pela busca da melhoria contínua por meio da remoção de desperdícios dos processos (ARYA; JAIN, 2014)

IMAI (1986) descreve que, por meio da filosofia Kaizen, nossa maneira de viver merece ser constantemente melhorada. Para tanto, é fundamental que haja uma clara documentação e uma análise sistemática das maneiras em que o trabalho é desenvolvido. Antes de qualquer coisa, é necessário que cada trabalhador saiba qual é seu escopo de atuação e qual o procedimento e maneira com que ele venha a desenvolver suas atividades. Segundo Suárez-Barraza, Ramis-Pujol e Dahlgaard-Park (2013), a filosofia Kaizen pode ser até orientada para a melhoria da qualidade de vida de indivíduos, embora não seja o foco central deste trabalho.

A filosofia Kaizen incentiva a procura e a identificação de oportunidades de melhoria numa base diária. Essa busca deve vir tanto nos níveis mais altos hierárquicos, referentes a fluxos de trabalho e projetos, como ao nível operacional que é mais ligado aos procedimentos operacionais do dia a dia. A balança entre melhorias contínuas rotineiras e sugestões para melhorias futuras numa base diária está no coração da abordagem Kaizen (WATANABE, 2011). Yokozawa e Steenhuis (2012) advertem que existe uma diferença entre implementação e mudança de nível de Kaizen. O foco desse trabalho será na segunda opção, já que a empresa em questão já possui o conceito de Kaizen implementado na fábrica.

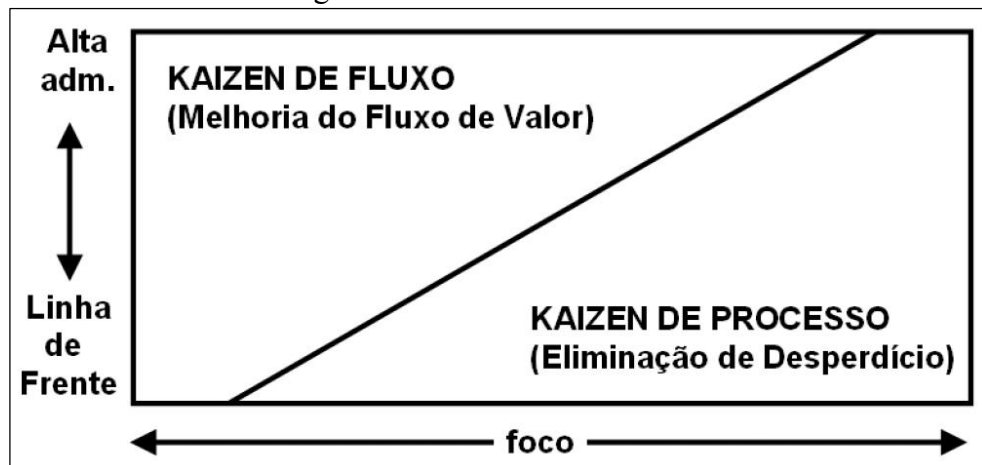
Kaizen é basicamente um conjunto de melhorias contínuas envolvendo todos, incluindo tanto a administração como os trabalhadores de chão de fábrica (WATANABE, 2011). Para que isso seja atingido, é de extrema importância que haja uma comunicação clara e um bom relacionamento entre ambas as partes.

A grande dificuldade nesse ponto é que tradicionalmente se observa nas indústrias de manufatura certo distanciamento entre o chão de fábrica e a administração. Para que a filosofia Kaizen consiga ser estabelecida esses paradigmas históricos precisam ser levados em conta.

Rother e Shook (1999) categorizam a metodologia Kaizen em dois níveis:

- Kaizen de fluxo: ou de fluxo, foco no fluxo de valor, direcionado à gerência;
- Kaizen de processo: foco em processos individuais, direcionado a times de trabalho e líderes de equipe.

Figura 2 - Níveis de kaizen



Fonte: (ROTHER; SHOOK, 1999)

Será utilizado o enfoque de processo nesse trabalho, devido à análise das máquinas isoladamente, ao invés da análise do fluxo de valor no chão de fábrica.

Assim como o Kaizen, o evento Kaizen enfatiza mudança incremental, solução de baixo custo, autonomia aos funcionários e o desenvolvimento de uma cultura de melhoria contínua (MELNYK, 1998). O Evento Kaizen contempla os mesmos valores da metodologia Kaizen, porém é de uma aplicação direta e objetiva, quando se deseja estudar um assunto pertinente ou resolver um problema de relevada importância. FARRIS et al. (2008) definem o Evento Kaizen como um projeto de melhoria focado e estruturado que lança mão de um time *cross-functional* dedicado a melhorar uma área selecionada com objetivos específicos num curto prazo. Embora a filosofia Kaizen seja a base do pensamento *Lean*, poucos estudos têm sido realizados sobre Eventos Kaizen (PRASHAR, 2014).

Os Eventos Kaizen têm historicamente obtido bons resultados no aumento de produtividade e qualidade em manufaturas de empresas, além de contribuir para o aumento do nível de motivação e engajamento dos trabalhadores (JIN; DOOLEN, 2014). Além do objetivo da resolução em si do problema, os Evento Kaizen podem ser úteis na reestruturação de novas maneiras de se realizar as atividades ou na divisão de tarefas que suporte as mudanças iniciadas. Análises de Evento Kaizen realizados sugerem que atividades realizadas podem produzir resultados tanto técnicos como de grandeza social (GLOVER, 2012).

2.2 DMAIC

O DMAIC é uma metodologia com abordagem de projetos baseados no Seis Sigma que busca melhorar processos já existentes (PRASHAR, 2014). A letra sigma (σ) é originária do alfabeto grego e em termos de controle de qualidade, tem sido tradicionalmente utilizada para medir a variabilidade de processos (OMACHONU, ROSS, 2004). O desempenho da companhia pode ser medida pelo chamado nível sigma (PYZDEK, KELLER, 2010). Atingir o nível Seis Sigma significa que seu processo produz apenas 3,4 defeitos a cada milhão de produtos (STAMATIS, 2004). Sua utilização tem ocasionado melhoria de desempenho e redução de custos de diversos setores da indústria (KAUSHIK, et al., 2012)

O Seis Sigma é um sistema de gerenciamento da qualidade que se desenvolveu nas áreas de manufatura da Motorola na década de 80 (KREHBIEL; MAHAR; EMERSON, 2012). Ele também pode ser descrito como um programa focado em processos com objetivo de melhorá-los por meio de metodologia sistemática e de passo a passo (CHENG; KUAN, 2012; MISHRA; SHARMA, 2014). A implementação do Seis Sigma no Brasil se deu de maneira mais intensa a partir do ano de 2000, devido à abertura ao mercado estrangeiro na década de 90, que exigiu maior competitividade industrial das empresas situadas no Brasil (JESUS; ANTONY; LEPIKSON; CAVALCANTE, 2015).

A aplicação do Seis Sigma é a mais indicada entre as metodologias de melhoria de processo em ambientes de acirrada competitividade e escassos recursos (MONTGOMERY et al., 2012). Antony (2006) considera o Seis Sigma como uma estratégia de negócio mandatória para todas empresas que almejam a excelência em seus processos. Segundo Brue e Howes (2006), o Seis Sigma vai além de apenas uma medida de desempenho de processos. Para eles o Seis Sigma é tanto uma filosofia de gestão e estratégia que permite que organizações encontrem

custos mais baixos, como uma metodologia de resolução de problemas com foco em melhorias por meio da eliminação das causas raízes de problemas.

A utilização das ferramentas Seis Sigma não apenas acarreta ganhos financeiros pela redução de custos e melhoria de processos, mas também pelo envolvimento dos indivíduos da empresa na utilização de ferramentas estatísticas e de resolução de problemas (JIRASUKPRASERT et al., 2014).

O DMAIC, como parte integral do Seis Sigma, é um modelo que se refere a cinco fases interconectadas que sistematicamente ajudam organizações a resolver problemas e melhorar seus processos (JIRASUKPRASERT et al., 2014). Ele pode ser definido como uma metodologia de resolução de problemas do Seis Sigma composta pelas cinco etapas a seguir: (KUMAR, 2012)

- *Define* (Definir). Fase em que é realizada a definição do escopo do projeto; papéis de cada integrante do time e objetivos do projeto (GIJO; SCARIA; ANTONY, 2011).
- *Measure* (Medir). Etapa que inclui medições do estado atual dos problemas e que servirão de base para comparar melhorias futuras.
- *Analyse* (Analisar). Estágio centrado na determinação das causas raízes dos problemas (Omachonu; Ross, 2004).
- *Improve* (Melhorar). Etapa de implementação do plano de ações para se melhorar-se o processo ao nível de execução pré-determinado (MOSCHIDIS, 2013).
- *Control* (Controlar). Fase final de padronização das atividades para mantimento futuro das melhorias e para monitoração contínua dos processos (OMACHONU; ROSS, 2004).

DMAIC se assemelha com o modelo PDCA de melhoria contínua de Deming (1993) em que as letras se referem a *plan, do, check, act* (planejar, fazer, checar, agir) (JIRASUKPRASERT et al., 2014). Segundo Southard, Chandra e Kumar (2012) o modelo DMAIC é uma evolução do ciclo PDCA. A principal diferença entre eles é que o modelo DMAIC possui mais passos entre o planejamento e a execução e prioriza um modelo mais estruturado e disciplinado entre cada etapa do projeto, além de grande uso de ferramentas estatísticas e não estatísticas (GIJO, et al., 2011).

Dentro da abordagem Seis Sigma, o modelo DMAIC indica, passo a passo, como problemas devem ser direcionados, ao agrupar ferramentas de qualidade em meio a práticas de trabalho

padronizado (BEZERRA et al., 2010). O modelo DMAIC deve ser utilizado para melhorar processos ou produtos, enquanto o DMADV, *define-measure-analyze-design-verify*, (definir-medir-analisar-criar-verificar) é o modelo mais utilizado para a criação de um novo processo ou produto (MANDAL, 2012)

Em suma, as ferramentas básicas de estatística utilizadas nas cinco fases da metodologia DMAIC ajudam a identificar, quantificar e eliminar as causas raízes dos problemas, além de manter as melhoras de desempenho da produção para o futuro (DESAI; SHIRIVASTAVA, 2008).

2.3 EFETIVIDADE GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE)

A definição do indicador OEE se deu em 1988 por Nakajima, como parte da filosofia de manutenção produtiva total (TPM) (Nakajima, 1988). Dentro do contexto do TPM, como foi concebida, esperava-se que cada peça atingisse seu potencial total e mantivesse aquele patamar (CHAND; SHIRVANI, 2000). Isso só seria possível, se as peças das máquinas analisadas estivessem com um plano de manutenção preventiva bem definido e atualizado. É interessante notar-se que desde a concepção inicial do OEE, já se observa uma clara dependência conceitual deste com a manutenção preventiva. A concepção da filosofia do TPM trouxe a noção da necessidade de se obter uma visão mais holística da manufatura e para essa função foi criado o indicador OEE (BUSSO; MIYAKE, 2013).

Existem variações tanto da categorização dos grupos de perdas como do cálculo. É mostrado a seguir, alguns tipos de divisões e cálculos encontrados na literatura.

Robinson e Ginder (1995) dividiram as perdas de eficiência em sete grupos:

- 1) Tempo de inatividade devido à avaria da máquina;
- 2) Tempo necessário para *setup* e ajustes;
- 3) Tempo perdido devido a começo ineficiente;
- 4) Tempo perdido para ferramentaria;
- 5) Tempo perdido para pequenas paradas;
- 6) Velocidade real abaixo da velocidade ideal;
- 7) Produção com defeito ou fora de especificação

Sekine e Arai (1998) categorizaram esses sete grupos em três menores:

- 1) Disponibilidade: avaria da máquina; *setups* e ajustes; começo ineficiente; tempo perdido para ferramentaria (1-4).
- 2) Desempenho: pequenas paradas; velocidade real abaixo da velocidade padronizada (5-6).
- 3) Qualidade: Defeitos e retrabalhos (7).

Para efeitos de cálculo iremos utilizar um exemplo prático:

- A produção em uma fábrica é feita em dois turnos de 8 horas. É planejado 1 hora nesse dia para uma manutenção preventiva. Nesse dia houve um total de 1 hora e meia de *setups* (troca de ferramental entre produtos) e ajustes.

Tanto para disponibilidade, como desempenho é feito a proporção entre o tempo real sobre o tempo teórico de operação, como pode ser visto nas equações (1) e (2). Ressalta-se que paradas preventivas não entram no escopo desse modelo.

$$\bullet \text{ Disponibilidade (Dd)} = \frac{\text{tempo total} - \text{paradas Dd.}}{\text{tempo total}} = \frac{14,5h}{16h} = 0,906 \quad (1)$$

Nesse dia, devido à pequenas paradas e pequena diminuição de velocidade por peças gastas, perdeu-se 1 hora.

$$\bullet \text{ Desempenho (Dp)} = \frac{\text{tempo total} - \text{paradas Dp.}}{\text{tempo total}} = \frac{15h}{16h} = 0,938 \quad (2)$$

Nesse dia foram produzidas 16 mil unidades, mas perdeu-se 830 unidades.

$$\bullet \text{ Qualidade (Qd)} = \frac{\text{Produtos bons}}{\text{Total}} = \frac{15170}{16000} = 0,948 \quad (3)$$

$$\text{OEE} = \text{Dd} \times \text{Dp} \times \text{Qd} = 0,806 = 80,6\% \quad (4)$$

É importante ressaltar-se que esse modelo de cálculo não leva em conta todas atividades em que a máquina não roda devido a eventos já planejados anteriormente. O conceito é o de avaliar o rendimento da máquina apenas enquanto ela está rodando. Isso é muito bom quanto ao aspecto de análise do desempenho da máquina em si, uma vez que elimina fatores externos e reduz seu escopo de variações para apenas enquanto a máquina está dentro do seu funcionamento normal.

Por outro lado, a retirada do cálculo das intervenções planejadas acarreta alguns problemas quando se analisa o negócio de uma maneira mais ampla.

Jeong e Phillips (2001) debatem que modelo de Nakajima (1988) não é relevante para empresas que possuem a utilização de ativos baseado em todo o calendário e não apenas nos momentos em que a máquina está disponível. Para o cálculo de capacidade produtiva da fábrica também não é interessante tirar do escopo do cálculo as paradas programadas, como manutenções preventivas e testes de novos produtos, pois essas variáveis são muito relevantes para o negócio. Eles então propuseram um novo modelo de cálculo que passou a integrar paradas programadas como manutenção preventiva e testes pelo departamento de P&D.

Muchiri e Pintelon (2008) contestaram a efetividade do indicador, por apresentar um valor de eficiência muito distante da eficiência geral do fluxo dos processos produtivos. Sendo que o valor que realmente impacta a fábrica seria o que leva em conta uma visão holística dos processos.

Kwon e Lee (2004) propuseram um modelo alternativo para o cálculo do OEE. O resultado final é o mesmo, porém a equação final pode ser obtida de uma maneira mais simplificada:

$$\frac{\text{Produtos bons}}{\text{Tempo de carregamento X Velocidade padrão}} \quad (5)$$

É imprescindível reconhecer-se que o principal objetivo do OEE não é o de apresentar um valor ideal, mas de ser um indicador que mostra aonde dispensar maiores esforços e recursos (SHARMA et al., 2011).

O modelo que será utilizado pela empresa em questão será o de Jeong e de Philips (2001), pois os tempos de paradas planejadas são muito relevantes para o negócio e devem ser considerados no cálculo do OEE. A forma de se calcular o OEE será baseada na expressão final (5) proposta por Kwon e Lee (2004), porque é mais simples e direta, porém dando os mesmos resultados.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa pode ser classificada como aplicada quanto à natureza, pois tem como objetivo a geração de conhecimento para aplicação prática direcionada à solução de problemas específicos. Quanto aos objetivos é exploratória, uma vez que visa tornar o problema mais explícito por meio de levantamento bibliográfico, entrevistas e documentos (MIGUEL, 2012). Por meio deste trabalho procura-se compreender melhor os processos produtivos da empresa, além do processo de geração de dados para, por fim, como melhorar o indicador OEE de um grupo de máquinas.

A abordagem do problema é qualitativa. A abordagem qualitativa não se dá pela ausência de quantificação, mas na ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado e o contexto em que ele se insere (BRYMAN, 1989). Serão realizadas análises numéricas, principalmente em relação ao indicador OEE, porém o enfoque será o contexto de trabalho dos operadores de máquinas, da engenharia e da gerência da fábrica.

O método escolhido para este trabalho foi o estudo de caso com apenas um objeto de estudo. O estudo de caso apresenta um caráter empírico e investigativo de um fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio de uma análise profunda de um ou mais objetos (MIGUEL, 2012). É interessante ressaltar também que muitos conceitos contemporâneos na engenharia de produção e na gestão de operações foram formados após um estudo de caso (SOUSA, 2005). O estudo de caso é do tipo longitudinal, uma vez que analisa relações causais atuais e seu objeto de estudo está no presente e não num passado distante, como no retrospectivo (MIGUEL, 2012).

A coleta de dados foi feita por meio de três diferentes formas: entrevistas não estruturadas, análise documental e observações *in loco*. As entrevistas não estruturadas foram realizadas com pessoas de diferentes áreas para identificar-se qual o entendimento e opinião dessas pessoas sobre o assunto estudado. O roteiro da entrevista se encontra no APÊNDICE A.

A análise documental foi realizada com base nos relatórios gerados pelo Sistema Gerencial de Manufatura (SGM). Também foram utilizados registros dos Eventos Kaizen, como fotografia dos quadros preenchidos na reunião e relatórios.

Por fim, foram realizadas visitas *in loco* e *in modus operandis* para observação direta do fenômeno estudado. Esse instrumento de coleta de dados é importante para se ver os problemas de maneira direta, porém é necessário que essa observação seja feita de maneira analítica e imparcial pelo observador.

A importância de diferentes instrumentos de coletas de dados se dá pela oportunidade de triangulação das informações e validação por diferentes canais do que está sendo dito ou analisado. A validade construtiva se dá pela extensão de observação do conceito que se deseja medir (CROOM, 2005).

A empresa em questão foi selecionada por ser uma multinacional de referência internacional e *benchmark* de manufatura enxuta dentre as fábricas da companhia no mundo. Existe uma área da empresa voltada apenas para treinamentos e certificações de diferentes níveis em Manufatura Enxuta e Seis Sigma (*yellow belt*, *green belt*, *black belt*). Nessas certificações já é utilizado a metodologia DMAIC para o gerenciamento dos projetos. Esses treinamentos são realizados tanto para operadores de máquinas, como para engenheiros ou gestores. Além desses treinamentos, são regularmente realizadas atividades sobre conceitos da manufatura enxuta, como o da fábrica de macarrão, entre outros.

Além disso, os funcionários da empresa já estão habituados à realização de Eventos Kaizen (EK). Grande parte dos operadores de máquina e gestores já participaram de um EK. Esse fator é muito importante, já que a proposta deste trabalho não seria o de implementar Eventos Kaizen, mas o de analisar a metodologia DMAIC utilizada nos EK à luz da literatura referente ao assunto.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em que será realizado o estudo é a maior e mais abrangente empresa mundial de produtos para a saúde. Sua estrutura mundial possui 116 mil funcionários em mais de 230 sedes em 57 países. A comercialização de seus produtos alcança 180 países atingindo um faturamento total de 50 bilhões de dólares por ano. Em um dos seus principais produtos, que inclusive possui uma grande parcela de produção feita no Brasil, consegue atender 70% do mercado mundial.

A empresa está no Brasil desde 1933. Inicialmente se localizava em São Paulo e veio para o Vale de Paraíba em meados de 50, devido ao grande crescimento produtivo do negócio e potencial de expansão da fábrica encontrada nessa nova localidade. A empresa possui três fábricas, sendo duas responsáveis pelo produto semiacabado e outra compõe o produto final utilizando os produtos semiacabados produzidos nas duas outras fábricas.

A fábrica em que será realizado o estudo é uma das duas que produz o produto semiacabado. Ela conta com aproximadamente 1100 funcionários. Sua produção diária é da ordem de 1 milhão de produtos semiacabados por dia, sendo que 75% de sua produção é para o mercado exterior e o restante vai para a terceira fábrica do site e posteriormente para o mercado da América Latina.

O processo produtivo dessa fábrica é semiautomático. As máquinas que serão objeto do estudo são antigas e altamente dependentes da qualificação e experiência da mão-de-obra. O processo chega a apresentar um caráter artesanal em algumas partes, devido ao grande número de ajustes na máquina que somente operadores muito experientes conseguem realizar com sucesso.

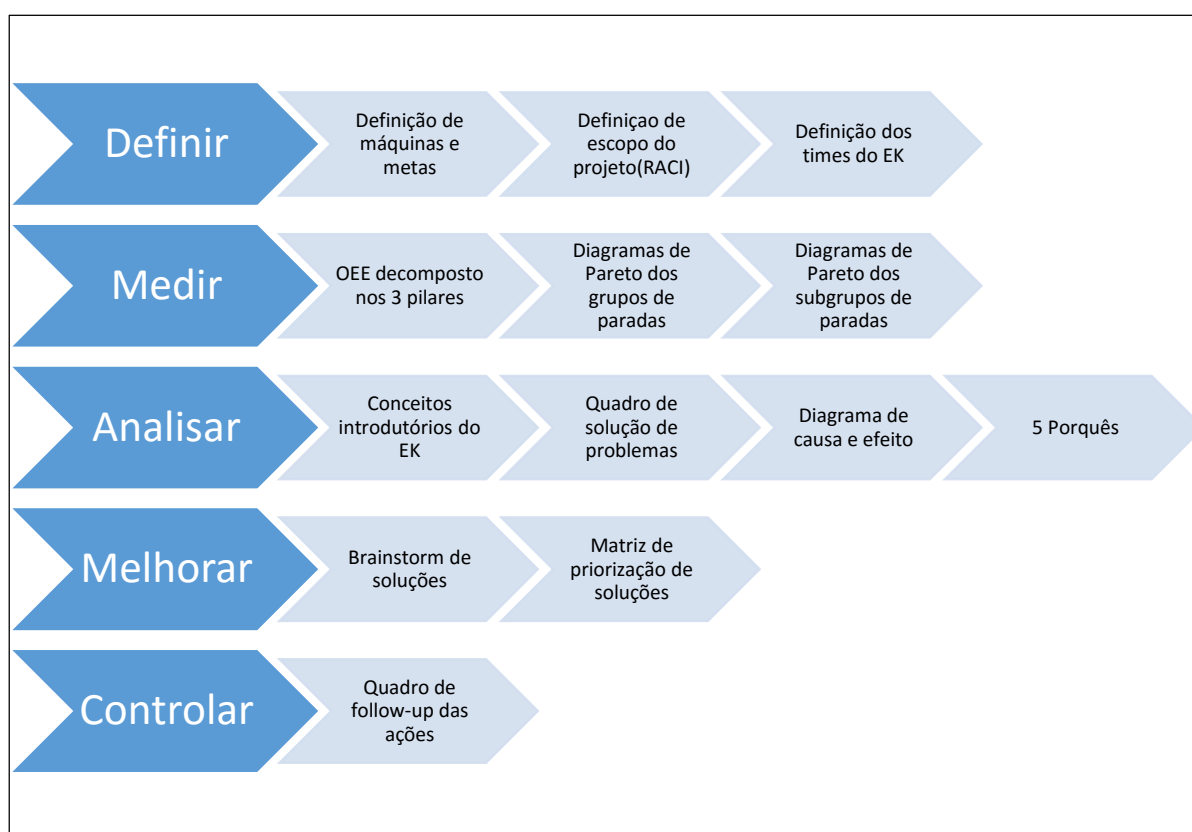
Devido a essas peculiaridades da manufatura, a empresa apresenta grande preocupação no mantimento dos operadores por bastante tempo no processo produtivo. É observado que a empresa tem obtido sucesso em manter seus funcionários por bastante tempo em contato com o processo de manufatura, chegando até três décadas em alguns casos. Operadores de máquinas novos, por outro lado levam bastante tempo até se tornarem aptos para rodarem as máquinas sem auxílio de operadores mais experientes.

A fábrica possui o conceito do TAG que significa Time Auto Gerenciável. Nesse conceito os operadores possuem maior autonomia e liberdade para tomarem decisões no nível operacional. São cinco TAGs na fábrica, totalizando 60 máquinas de estampagem. Além das

maquinas de estampagem, ainda existem outros processos como o de lavagem, processos térmicos e polimento. Será realizado o estudo num grupo de cinco máquinas que fazem parte de em TAG que consta com 22 máquinas de estampagem.

É apresentado na Figura 3 um resumo da metodologia DMAIC utilizada no EK que será pormenorizada na próxima seção.

Figura 3 - Resumo da metodologia DMAIC utilizada no EK



Fonte: do próprio autor

4.2 DEFINIR

Anualmente a empresa seleciona um grupo de máquinas para acompanhamento do OEE. É calculada uma meta de melhora de 5% em relação à média que cada máquina alcançou no último ano.

O comitê responsável pelo projeto foi incumbido de selecionar o grupo de máquinas mais estratégico para empresa. O número de máquinas a ser selecionado era livre. O comitê discutiu as possibilidades e estratégias, porém a decisão final foi tomada pelo gerente da fábrica. Foi

selecionado o grupo inteiro de máquinas do TAG PIDM. A escolha se deu pela linha de produtos desse TAG que passou a demandar cada vez mais volumes para o mercado, enquanto seus valores de OEE ainda estavam abaixo de 70%. Outros TAGs também foram analisados, porém não apresentavam tanta demanda e/ou possuíam OEE com níveis satisfatórios, acima de 70%. Os nomes das máquinas e seus respectivos valores de metas para 2014 estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Máquinas e valores de metas

Máquina		Metas		
OEE	Média 2013	vermelho	amarelo	verde
GERAL	66	< 66	66 ~ 69	> 69
M 10	74	< 74	74 ~ 78	> 78
M 11	63	< 63	63 ~ 66	> 66
M 12	69	< 69	69 ~ 72	> 72
M 13	63	< 63	63 ~ 66	> 66
M 14	71	< 71	71 ~ 75	> 75
M 15	64	< 64	64 ~ 67	> 67
M 16	58	< 58	58 ~ 61	> 61
M 17	74	< 74	74 ~ 78	> 78
M 18	71	< 71	71 ~ 75	> 75
M 1	70	< 70	70 ~ 74	> 74
M 2	69	< 69	69 ~ 72	> 72
M 3	63	< 63	63 ~ 66	> 66
M 4	58	< 58	58 ~ 61	> 61
M 5	60	< 60	60 ~ 63	> 63
M 6	62	< 62	62 ~ 65	> 65
M 7	73	< 73	73 ~ 77	> 77
M 8	77	< 77	77 ~ 81	> 81
M 9	60	< 60	60 ~ 63	> 63

Fonte: do próprio autor

Foi criada uma equipe que seria responsável pelo projeto de melhoria de OEE. A equipe era composta por um engenheiro supervisor, um engenheiro de processo, um estagiário de engenharia e o gerente da fábrica. A tabela RACI utilizada para a gestão do projeto é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Tabela RACI

Atividade	Gerente da fábrica	Engenheiro supervisor	Engenheiro de processo	Estagiário
Administrar projeto, metas e datas	C	A	R	I
Escolha das máquinas	A	R	C	I
Criar times dos Eventos Kaizen	I	A	C	R
Execução dos eventos Kaizen	I	A	C	R
Execução do plano de ação	C	A	R	I

Fonte: do próprio autor

A tabela RACI é utilizada para direcionamento do escopo do projeto e de alocação de recurso pessoal. As funções seguem essa definição:

- *R – Responsible* (Responsável) - Responsável pela execução da atividade
- *A – Accountable* (Encarregado) – Encarregado pela tomada de decisão ou aprovação da atividade
- *Consulted* (Consultado) – Consultado sobre a atividade
- *Informed* (Informado) – Informado sobre a atividade

Havia um engenheiro supervisor que era o responsável pelo projeto de melhoria do OEE das máquinas. Entretanto, para qualquer atividade que fosse afetar a parada de máquinas, custos, recursos humanos, ou outras questões referentes à fábrica, o gerente da fábrica tinha que ser consultado. O engenheiro de processo e o estagiário da área revezavam com a responsabilidade de execuções das atividades, conforme mostra a tabela 2.

A definição do time dos EK (Eventos Kaizen) ocorreu conforme atestado pela literatura. O time era *cross-functional*, composto por diversos níveis operacionais e diferentes departamentos. Foram selecionados os membros de cada uma das funções abaixo:

- 2 operadores da máquina analisada
- 1 operador de *Setup* de máquinas
- Supervisor da manutenção
- Engenheiro de processos
- Engenheiro supervisor
- Estagiário como Facilitador do Evento
- Funcionário da Ferramentaria

4.3 MEDIR

Antes de cada Evento Kaizen foram levantados relatórios concernentes aos principais problemas de cada máquina que afetariam o indicador OEE das máquinas. Os relatórios com informações de cada máquina são gerados pelo sistema interno, chamado SGM (Sistema Gerencial de Manufatura).

Não existe um sistema para o apontamento dos dados da produção. Os operadores de máquinas preenchem fichas de produção com as paradas da máquina, horários, unidades produzidas, unidades descartadas, especificações de qualidade entre outros. Após isso as digitadoras da fábrica passam todas essas informações para uma base de dados. Dessa maneira os dados ficam disponíveis para qualquer consulta de relatórios que possa ser feita pelo SGM.

Existe uma lista de 449 códigos de paradas que os operadores apontam na ficha de produção. Cada código é referente a um tipo de atividade realizada que resultou numa parada da máquina. As paradas no sistema são divididas posteriormente em dois níveis:

1. Grupos de paradas

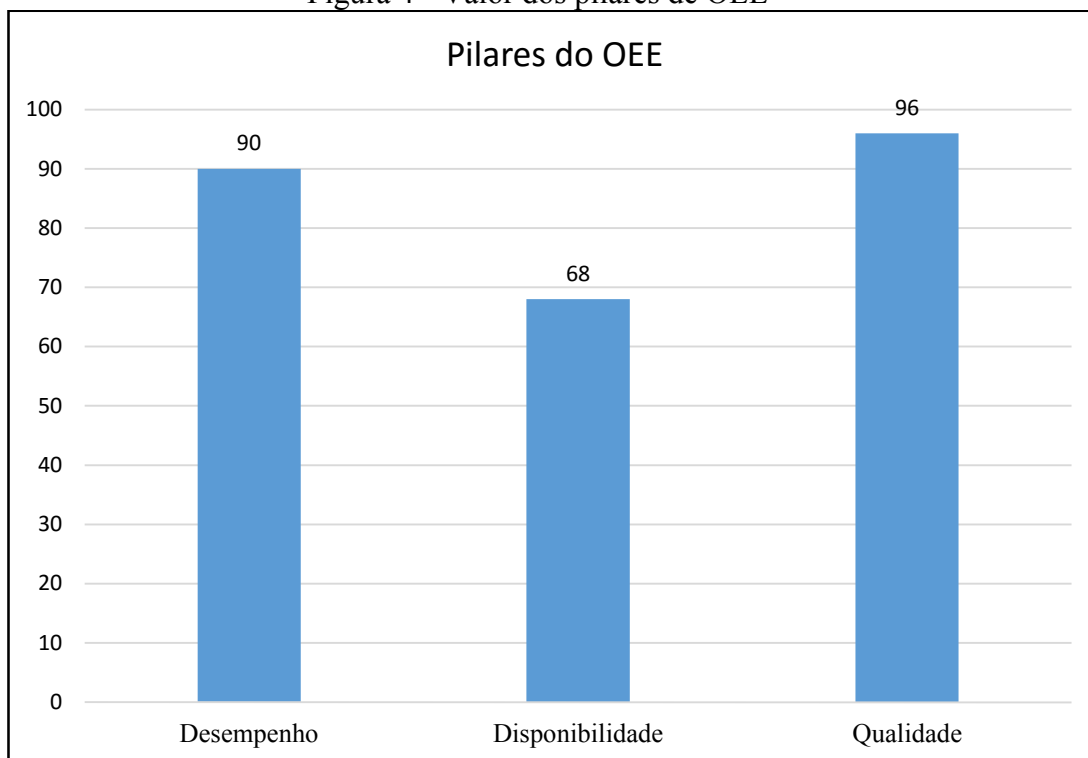
Ex: Parada programada; Parada não programa; *Change over* (ações relacionados a troca na máquina)

2. Subgrupos de paradas

Ex: Ajuste; Falta de insumo; Falta de insumo; Espera.

A partir dessas informações são gerados os relatórios abaixo. O período analisado nos relatórios que geraram os gráficos da Figura 4, Figura 5 e Figura 6 foi do 19/12/2013 a 08/04/2014. Será mostrado como foi realizado o estudo para uma das máquinas, a M13. O mesmo procedimento de análise foi realizado para as outras quatro máquinas. Os resultados foram muito semelhantes em todas as máquinas. A principal diferença se deu na última etapa que será melhor descrito na Figura 6.

Figura 4 - Valor dos pilares de OEE

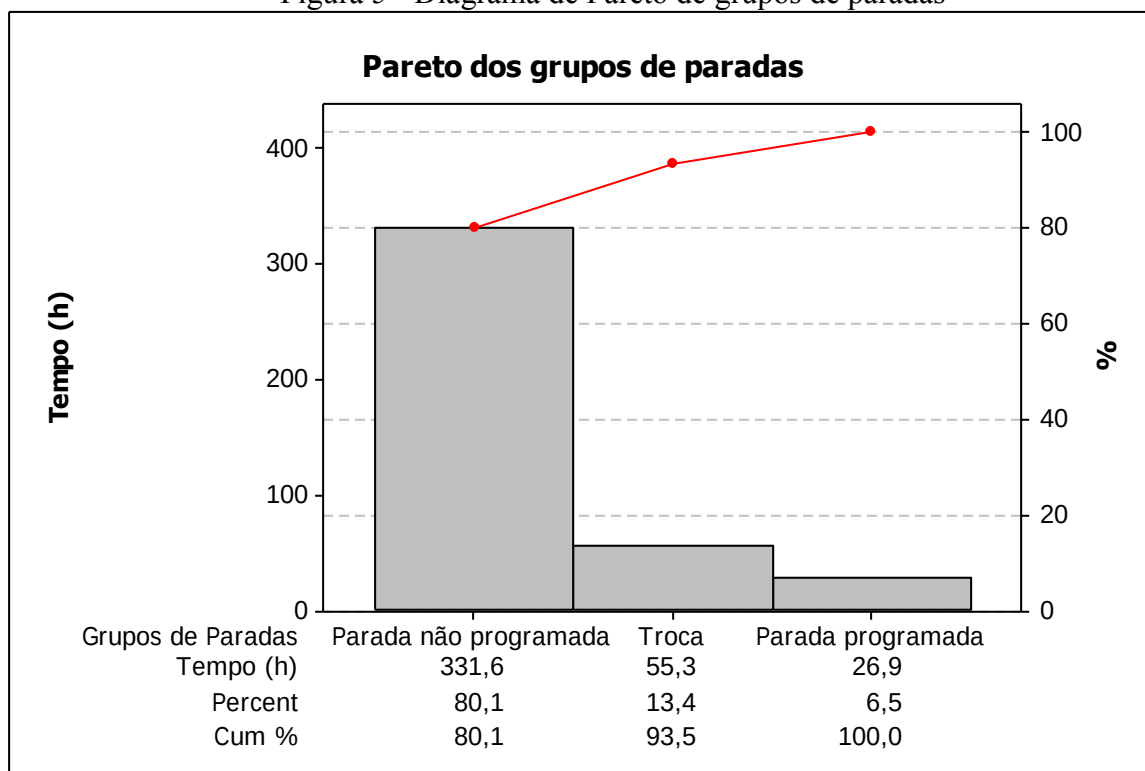


Fonte: do próprio autor

Primeiramente foi analisado o valor do OEE e de cada pilar que o compõem, bem como o valor de sua meta. Pela análise da Figura 4, foi possível concluir-se que o pilar que mais afeta negativamente o valor final de OEE é o de Disponibilidade. Esse pilar indica basicamente quanto tempo a máquina roda dentro do tempo disponível estimado para ela estar rodando (com exceção apenas de quando a máquina estiver sem demanda).

Como os outros pilares estão com valores relativamente altos, o foco de atuação foi o pilar Disponibilidade. A máquina pode ter ficado parada por diversos motivos. Para entender mais profundamente quais são os tipos de paradas que podem ter causado esse baixo valor de Disponibilidade, foram estudados os grupos e subgrupos de paradas que afetam esse pilar.

Figura 5 - Diagrama de Pareto de grupos de paradas



Fonte: do próprio autor

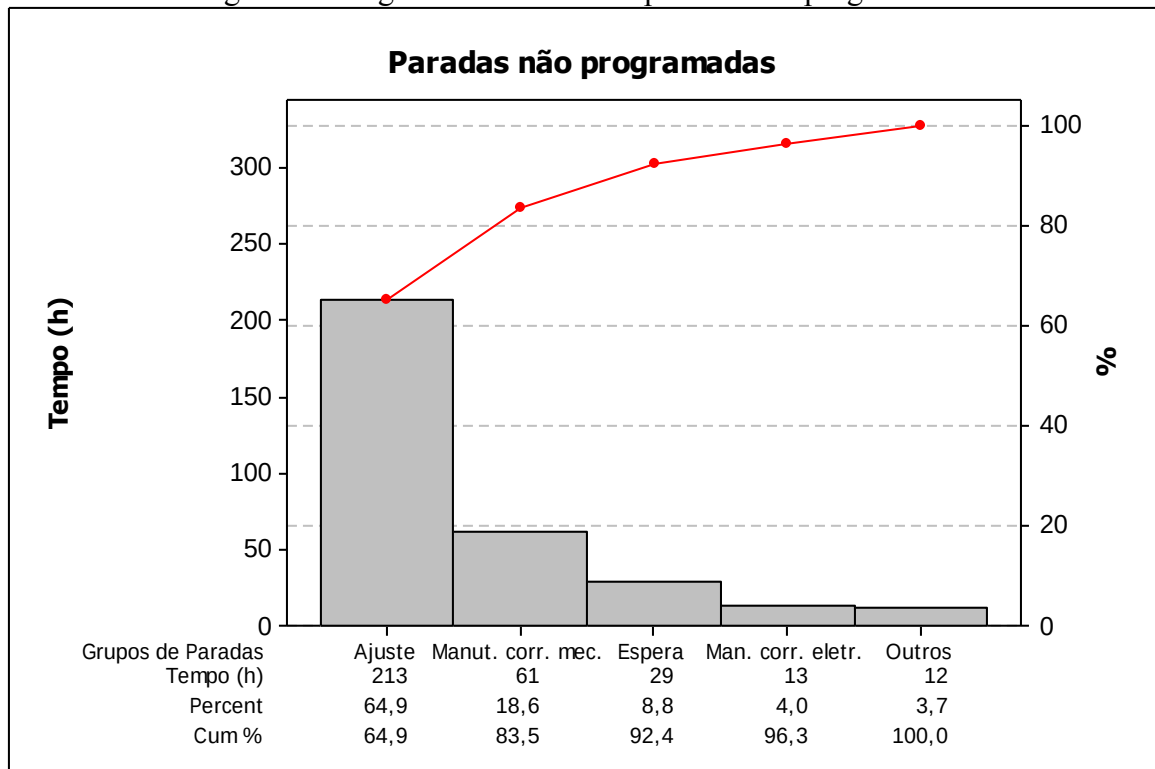
Por meio do Diagrama de Pareto da Figura 5 foi facilmente observado que somente as paradas não programadas ocupam 80,1% do tempo total das paradas que afetam o pilar Disponibilidade do OEE.

A Figura 6 é um Diagrama de Pareto dos tipos de paradas não programadas. O tipo de parada que isoladamente consome mais tempo são as paradas de ajuste. Somente esse tipo de parada ocupa 64,9 % do grupo de paradas não programadas que, como demonstrada na Figura 5, é o grupo de parada que mais afeta a Disponibilidade da máquina.

Por fim foi analisado quais tipos de ajustes eram os que mais consumiam tempo de parada da máquina. Até esse passo todas as máquinas obtiveram resultados semelhantes. Para a M13, as paradas mais representativas foram os ajustes de queda do produto e ajuste de furação.

As duas paradas sozinhas representaram 30% do tempo total de ajustes. O restante ficou dividido entre muitos ajustes com pequenos tempos de parada. Por esse motivo esses 2 tipos de ajustes foram definidos como os problemas a serem atacados no EK.

Figura 6 - Diagrama de Pareto das paradas não programadas



Fonte: do próprio autor

4.4 ANALISAR

No começo da reunião foi realizada uma apresentação com a explicação do que era o Evento Kaizen e qual os objetivos esperados para a reunião:

- Atividade planejada para se alcançar um objetivo pré-estabelecido num curto período de tempo.
- Equipes de departamentos diferentes (*cross-functional*).
- Sair com poucas soluções, mas de grande impacto
- Participação de todos. Todas as ideias e opiniões são válidas.
- Melhoria contínua - *Follow up* (Seguimento posterior)

Foi mostrado o quadro geral anual do OEE das máquinas estudadas e uma explicação breve dos pilares do OEE e seu cálculo. Como apresentado anteriormente, o objetivo das soluções para os Eventos Kaizen era o de soluções simples que não exigissem muitos recursos,

tanto financeiro, como pessoal. Por isso, as soluções mais procuradas para os eventos Kaizen foram as de baixo esforço, ou seja, Jóias e Frutas mais baixas.

Por último foram apresentados os gráficos e dados levantados na etapa de Medição. O evento Kaizen ocorreu numa sala de reunião com a utilização projetor de mídia para a apresentação inicial e um quadro de análise com as etapas a serem seguidas no evento Kaizen. O preenchimento do quadro de análise era feito pelo facilitador do Evento Kaizen, porém com a participação de todo time durante todo o Evento.

4.4.1 Problema

Nesse campo foram colocados os problemas a serem atacados, conforme definido na fase de Medição por meio das análises de gráficos e dados. No caso da máquina exemplificada foram:

- Ajuste do carregador
- Ajuste de furação

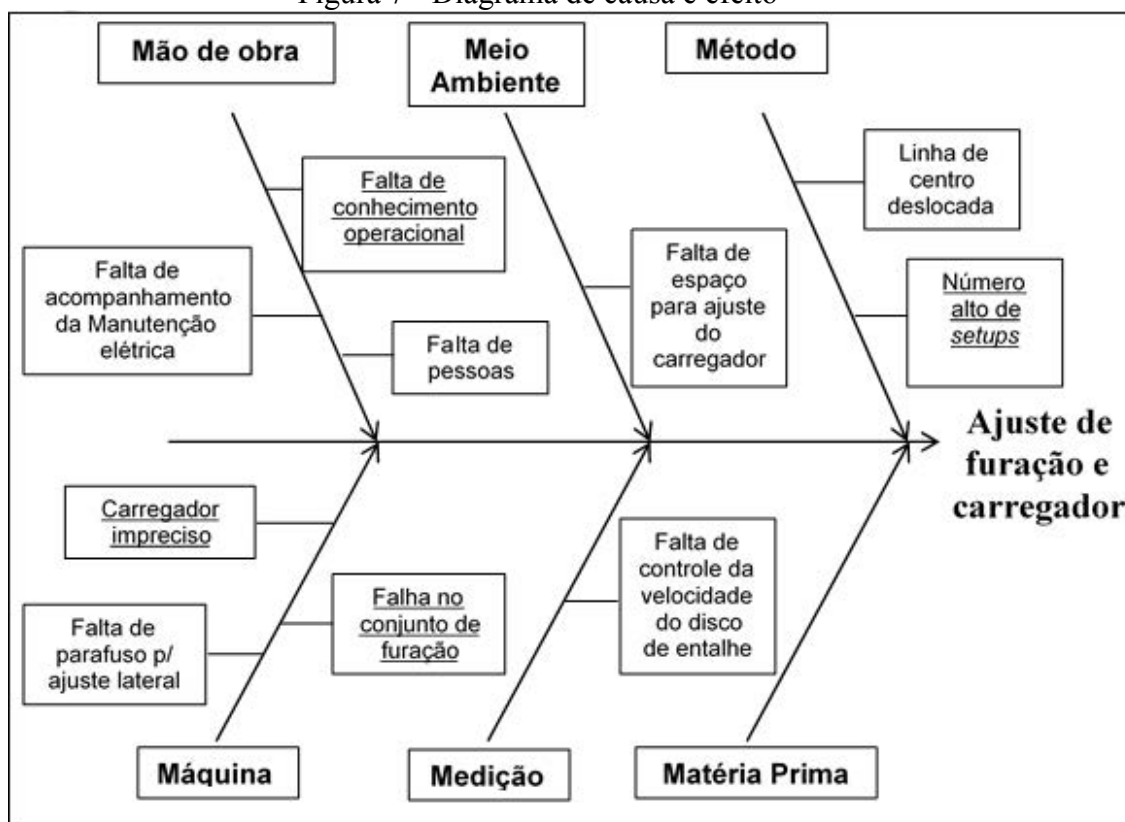
4.4.2 Diagrama de causa efeito

Também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Espinha-de-peixe, esse diagrama é utilizado para uma análise mais profunda das causas raízes dos problemas analisados. As causas raízes são classificadas em 6 diferentes grupos:

- Mão de obra
- Meio-ambiente
- Método
- Máquina
- Medição
- Matéria

Para a máquina M13, os resultados foram os demonstrados na Figura 7.

Figura 7 - Diagrama de causa e efeito



Fonte: do próprio autor

Após o levantamento dos problemas do Diagrama de causa e efeito, foi feita uma votação para eleição das causas que cada pessoa acreditava que eram mais relevantes para o problema analisado. Os problemas que obtiveram mais votos foram os que estão sublinhados na Figura 7.

4.4.3 Análise dos 5 Porquês

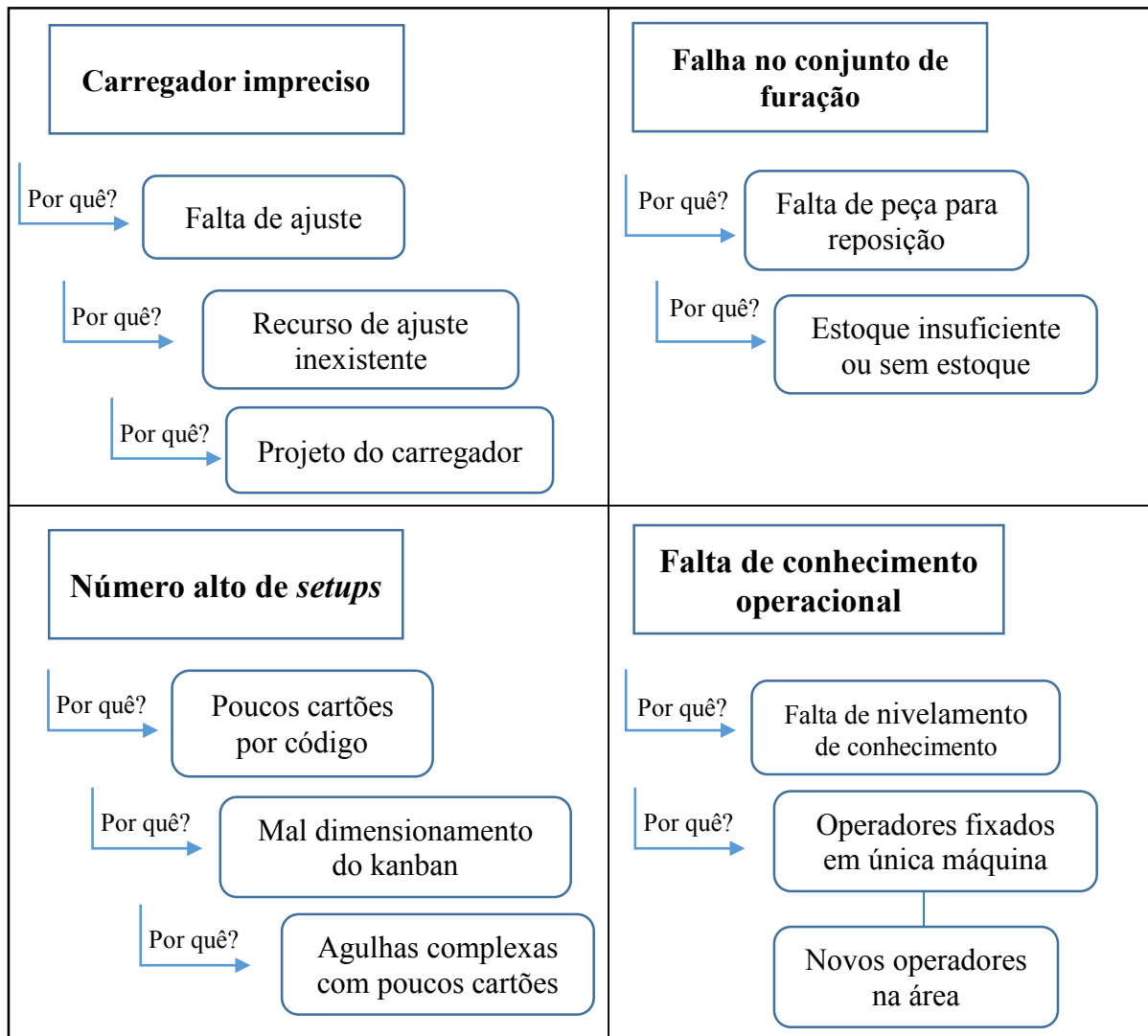
A técnica dos cinco porquês é creditada a Sakichi Toyoda e incluído a Taichi Ohno à coleção de padrões do Sistema Toyota de Produção (SAKICHI TOYODA, 2012). O método consiste em basicamente se fazer interrogações consecutivas para se encontrar-se a causa raiz do problema. As interrogações geralmente são em cima da última resposta, mas não necessariamente precisa ocorrer desta maneira.

O conceito geral por trás desta técnica é o de envolver a mentalidade humana no processo de procura de alguma ideia por meio da formulação de uma série de perguntas, estimulando-se um pensamento orientado a resultados (MYSZEWSKI, 2013).

Nem sempre a análise exige cinco níveis. Em muitos casos, atinge-se um nível fundamental em que não faz sentido a continuidade de perguntas adicionais.

A análise dos 5 Porquês foi realizada para as quatro principais causas, apontados na etapa anterior. A análise é identificada na Figura 8.

Figura 8 - Análise dos cinco porquês para quatro causas selecionadas



Fonte: do próprio autor

4.5 MELHORAR

4.5.1 *Brainstorm* de Solução

A etapa de chuva de ideias de solução é a etapa em que o espaço é aberto para que os membros do time venham a sugerir medidas de solução para os problemas causas raízes levantados no Diagrama de causa e efeito e aprofundados na análise dos 5 Porquês.

Após o levantamento das ideias, as propostas de solução foram analisadas em cinco aspectos (Tempo, Custo, Tecnologia, Pessoas). Cada aspecto das propostas de solução foi avaliado com base em três valores (1,3 e 9), segundo os critérios descritos na Tabela 3.

Tabela 3- Matriz de priorização das soluções

Matriz de priorização das soluções			
		Peso	
Aspecto	1	3	9
Tempo	1 Semana	2 Semanas	1 Mês
Custo	Sem custo	Até R\$500	Mais de R\$500
Tecnologia	Não é novidade na fábrica	Não é novidade no site	Novidade
Pessoas	Tenho recursos	Preciso de Engenharia da área	Preciso de recurso externo

Fonte: do próprio autor

A nota de cada solução se deu pelo produto de cada aspecto respectivo. O valor final de cada solução representa o quanto é fácil ou difícil a realização da ação, como se pode observar na Tabela 4.

Tabela 4 - Matriz de priorização das soluções

Soluções	Tempo	Custo	Tecnol.	Pessoas	Total
Melhorar acesso ao carregador	1	1	1	1	1
Inserir pinça de avanço	9	3	3	3	243
Inserir ajuste no carregador	9	3	3	3	243
Revisar o estoque de peças do fuso de furação	9	1	1	1	9
Revisar Kanban (códigos críticos)	1	1	1	1	1
Treinar Operadores	9	9	1	1	81

Fonte: do próprio autor

Os principais problemas de todas as máquinas que foram levantados estavam relacionados à manutenção e à programação da produção. A manutenção ficou responsável pela maior parte das ações. Em geral, as ações estavam relacionadas ao mau funcionamento de conjuntos da máquina, melhora ao acesso da máquina ou à troca de peças que estavam danificados ou com mau funcionamento. Isso se deu principalmente pelas máquinas serem antigas e com muitos componentes mecânicos interconectados.

A programação de produção foi muito citada nas reuniões do Evento Kaizen também. A grande reclamação foi a de que a programação de produção não seguia o *Kanban* dos produtos ao inserir com muita frequência cartões de produção especiais, destinados ao atendimento de pedidos específicos. Além disso, houve grande questionamento do dimensionamento do *Kanban* que poderia estar ocasionando um número exagerado de *setups*, por apresentar lotes muito pequenos.

4.6 CONTROLAR

As soluções que apresentaram menor valor após o cálculo anterior entraram no plano de ação final. Cada ação saiu com um responsável pela sua execução e um prazo de entrega. Os prazos de entrega variaram de 2 a 8 semanas, conforme disponibilidade da pessoa responsável pela execução. O resultado é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Plano de ação final da M13

Plano de ação		
O quê	Quem	Quando
Melhorar acesso ao carregador	A	dd/mm
Revisar o estoque de peças do fuso de furação	B	dd/mm
Revisar Kanban (códigos críticos)	C	dd/mm
Treinar Operadores	D	dd/mm

Fonte: do próprio autor

4.6 DIFICULDADES

A maior dificuldade do projeto se deu pela falta de alinhamento entre o engenheiro supervisor e o gerente da fábrica. De acordo com a tabela RACI estabelecida no início do projeto o engenheiro supervisor (*Accountable*) era responsável pela tomada de decisão em

relação ao projeto e o gerente (*Consulted*) era consultado sobre as ações referentes à fábrica e o direcionamento do projeto como um todo. No entanto, não ocorreu um alinhamento perfeito entre as partes. Para muitas soluções levantadas faltou recurso financeiro para a implementação. De maneira geral não houve um recurso específico direcionado para as ações levantadas nos Eventos Kaizen. Dessa maneira, apenas soluções de custo muito baixo, ou sem custo nenhum puderam ser implementadas.

A própria definição do escopo do projeto ocorreu um pouco atrasada no cronograma. A definição de qual grupo de máquinas seria escolhido e qual o valor de metas foram ocorrer apenas em março. Dado que a meta era anual e assim composta pela parcela de cada mês, o projeto já se iniciou com certo atraso.

Outra inconsistência se deu na escolha das máquinas. O processo de escolha não foi embasado em justificativas ou métodos matemáticos consistentes. Foram analisados os grupos de máquinas e selecionou-se o grupo que, em geral, era o que apresentava maior demanda de melhoria. No entanto, poderia ter-se selecionado máquinas específicas dentro desse grupo, pois com o número de pessoas e recursos destinados ao processo seria inviável estudar-se e propor soluções eficazes para as dezoito máquinas do grupo.

Na etapa de Medir (*Measure*) houve certa preocupação quanto a credibilidade das anotações dos tipos de paradas de máquina, uma vez que elas eram realizadas pelos próprios operadores de máquinas. Não existia uma verificação direta das anotações por parte dos coordenadores de processo e em muitos casos pode-se observar certo grau de confusão por parte dos operadores de máquinas quanto à anotação de cada tipo de parada.

Posteriormente na etapa de Melhorar (*Improve*), os participantes encontraram um pouco de dificuldade no momento de ponderar o custo das soluções do Evento Kaizen. O valor intermediário (Peso 3) era relativamente baixo, uma vez que quase todas as soluções acabavam sendo acima desse valor. Por esse motivo, houve muitos custos com ponderação máxima. Um valor mais razoável, pelo menos para as questões analisadas nesse contexto analisado, seria o de mil reais para o valor intermediário de custo.

Na etapa final, uma importante parte da etapa do Controlar (*Control*) não seguida. A padronização e a medição contínua, conforme atestado na literatura deste trabalho, são fundamentos tanto para o pensamento Enxuto, como para a metodologia DMAIC. No entanto, as melhorias implementadas não foram formalmente registradas, nem ocorreram medições contínuas após o período de implementação das soluções. Com isso existe grande risco das soluções implementadas serem perdidas com o passar do tempo ou com a troca das pessoas responsáveis pela máquina ou área respectiva das melhorias.

Quadro 1 – Resumo das dificuldades

Etapa	Dificuldade
Definir	1. Falta de alinhamento entre o engenheiro supervisor e o gerente da fábrica
Definir	2. Atraso na definição do escopo do projeto
Definir	3. Escolha das máquinas para projeto
Medir	4. Credibilidade das anotações da produção
Melhorar	5. Ponderação do custo das soluções
Controlar	6. Falta de padronização

Fonte: do próprio autor

4.7 BOAS PRÁTICAS

A metodologia DMAIC foi definida na literatura desse trabalho com uma filosofia de gestão e estratégia que busca a resolução de problemas com foco em melhorias por meio da eliminação das causas raízes. Como demonstrado no desenvolvimento do estudo de caso, pode-se identificar claramente cada uma das fases da metodologia DMAIC se desenrolando conforme esperado.

Os Eventos Kaizen identificaram muitas oportunidades de melhoria da eficiência de máquinas pela busca incansável de causas raízes dos problemas e a proposição final de um plano de ação com responsáveis e datas de entrega. Além desse viés, os Eventos Kaizen foram importantes para quebrar um pouco o distanciamento dos trabalhadores do chão de fábrica da engenharia e administração da fábrica, como é proposto na literatura.

No desenrolar das atividades realizadas por times *cross-functional* (times de áreas funcionais diferentes) os operadores tiveram grande participação ao contribuir com o time ao trazer aspectos que somente eles vivenciam diariamente. De certo modo, os Eventos Kaizen foram um espaço que os operadores de máquinas normalmente não possuíam para expor de maneira direta suas dificuldades encontradas nas operações diárias e também ao propor novas ideias de soluções que venham a melhorar o rendimento de seu próprio trabalho e eficiência das máquinas. Essa participação dos operadores de máquinas contribuiu muito para o envolvimento

deles com o departamento de engenharia e administração, o que naturalmente culminou em um maior sentimento de pertencimento à fábrica.

Também foi identificado um maior envolvimento das áreas administrativas e de suporte à produção nos problemas identificados pelos operadores nas reuniões do EK. Ao se juntar pessoas de diferentes áreas, uma grande contribuição é a de que mais pessoas ficam com um olhar mais aguçado em relação aos principais problemas da área. Áreas de suporte à produção como manutenção e ferramentaria, além de contribuir com o conhecimento tácito que possuem em suas funções, passam a enxergar os problemas e dificuldades dos operadores de máquinas, segundo à perspectiva de quem opera a máquina. Em outras palavras, o maior envolvimento das diferentes áreas no estudo dos problemas e na proposição de soluções para trazer melhoria contínua contribuem muito para o aumento da sinergia da fábrica.

A análise dos pilares que mais afetaram o OEE e, posteriormente as principais paradas de máquina por meio de gráficos e diagramas de Pareto foi muito importante para o direcionamento de esforços para as questões que mais afetavam o rendimento da máquina. Esse estudo também evidenciou de maneira mais clara, como os diferentes tipos de paradas da máquina afetavam no valor final do indicador OEE.

Na etapa *Analyse* (Analisar) a utilização de um quadro grande que já possuíam as ferramentas a ser utilizadas, como o diagrama de Ishikawa, análise dos cinco porquês e *brainstorm* (chuva de ideias) facilitou muito a participação e interação de todos os participantes dos EK. Todos podiam participar e ao mesmo tempo visualizar o andamento da reunião de maneira bem intuitiva pelo quadro. Além disso, conforme mencionado por JIRASUKPRASERT et al. (2014), outro ganho na utilização das ferramentas Seis Sigma se deu pelo envolvimento dos membros do EK na utilização de ferramentas estatísticas e de resolução de problemas de maneira coletiva.

A utilização das ferramentas Seis Sigma não apenas acarreta ganhos financeiros pela redução de custos e melhoria de processos, mas também pelo envolvimento dos indivíduos da empresa na utilização de ferramentas estatísticas e de resolução de problemas (JIRASUKPRASERT et al., 2014).

Quadro 2 - Resumo das boas práticas

Ações
1. Identificação da metodologia DMAIC passo a passo.
2. Identificação de oportunidades de melhoria
3. Diminuição da distância entre administração e chão de fábrica
4. Grande participação e contribuição dos operadores com opiniões e ideias nos EK.
5. Aumento de sinergia da fábrica, gerado pelo grande envolvimento de diferentes áreas na busca de causas raízes dos problemas e suas respectivas soluções
6. Análise por meio de gráficos e diagramas de Pareto para identificação dos principais problemas para melhor direcionamento de esforços.
7. O quadro utilizado já possuía as ferramentas de análise identificadas, o que facilitou seu preenchimento e a participação de todos.

Fonte: do próprio autor

5 CONCLUSÃO

Por meio deste trabalho foi possível estudar a metodologia utilizada por uma fábrica para encontrar oportunidades de melhoria contínua de eficiência de máquinas, identificando boas práticas e dificuldades encontradas no projeto.

Foram analisadas todas as etapas do projeto pela metodologia DMAIC, comparando o que a empresa fez com o que é sugerido pela literatura. Dentro das etapas, pode-se compreender como a metodologia DMAIC se aplica a Eventos Kaizen no contexto de melhoria contínua.

Na maior parte das vezes as ações encontradas estavam de acordo com o que a literatura sugeria ou definia. No entanto, em algumas situações foram encontrados valores destoantes do que é sugerido pela literatura, mas esses casos vieram a apenas corroborar com o que a literatura define sobre os valores da metodologia DMAIC e Kaizen.

A utilização da metodologia DMAIC aplicada em Eventos Kaizen foi de grande importância para o projeto analisado, pois foi uma ferramenta essencial para que cada etapa do projeto fosse muito bem delineada e planejada, desde o momento de definições até a etapa final de controle final.

Por meio deste estudo de caso também pode-se compreender como pode ser levantado um plano de poucas ações que tenham maior impacto no problema analisado, desde levantamento de causas raízes por meio de *brainstorm* (chuva de ideias) até a matriz de priorização de ações.

Por último, foi possível analisar o impacto dos Eventos Kaizen nos aspectos humanos dos participantes do projeto. Além da própria contribuição à melhoria da eficiência das máquinas gerada pelo plano de ações final, foi possível identificar a difusão de valores da filosofia Kaizen, sobretudo nos operadores de máquinas. O formato utilizado nos EK proporcionou que todos os participantes pudessem contribuir com novas ideias, críticas ou sugestões, o que vai de encontro com o que foi definido no referencial teórico sobre a filosofia Kaizen.

É importante ressaltar que os resultados encontrados não podem ser generalizados para qualquer empresa. A empresa em questão é uma multinacional localizada no Vale do Paraíba que já possui há muitos anos a prática da realização de Eventos Kaizen, além de valores já bem difundidos de Manufatura Enxuta e Seis Sigma, contando até com operadores de máquinas *yellow belt* (faixa amarela) certificados. Além disso, ela está inserida no setor de equipamentos médico-cirúrgicos que exigem alto nível de qualidade de seus produtos, pois podem comprometer diretamente a saúde de seus clientes. No entanto, as análises geradas neste

trabalho têm muito a contribuir e direcionar futuros estudos e trabalhos de empresas dos mais diversos setores, guardadas as devidas proporções de resultados esperados.

Como sugestão para futuros estudos, poderia ser estudado como melhor selecionar um grupo de máquinas para projetos de melhoria contínua. Essa análise é importante, pois muitas empresas não possuem métodos adequados para a seleção de máquinas. Pode ser feito uma análise baseada em simulação de Monte Carlo.

REFERÊNCIAS

ANTONY, Jiju. **Six Sigma vs Lean**. International Journal of Productivity and Performance Management, 2011. v. 60, n. 2, p. 185 – 190, 2011.

ARAÚJO, C. A.C; RENTES, A. F. **A metodologia kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta**. Revista Gestão Industrial, 2006, v. 02, n. 02: p. 126-135.

ARYA, Amit Kumar; JAIN, Sanjiv Kumar. **Impacts of Kaizen in a small-scale industry of India: a case study**. International Journal of Lean Six Sigma, 2014. v. 5, n. 1, p. 22-44.

ANTONY, J. **Six sigma for service processes**. Business Process Management Journal, 2006, n. 2, v. 12, p. 234-248.

ANVARI, F; EDWARDS, R; STARR, A. **Evaluation of overall equipment effectiveness based on market**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2010. v. 16 Issue: 3, p. 256 – 270.

BAMBER, C. et al. **Cross functional team working for overall equipment effectiveness (OEE)**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2003. Vol. 9, Iss 3 p. 223 – 238

BEZERRA, C; ADRIANO, A; PLACIDO, L; GONCALVES, M. **MiniDMAIC: an approach to causal analysis and resolution in software development projects**. Quality Management and Six Sigma, 2010, Abdurrahman Coskun (Ed.), ISBN: 978-953-307-130-5

BRUE, G; HOWES, R. **Six Sigma: The McGraw-Hill 36 Hours Course**. New York: McGraw-Hill, 2006.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. Londres: Unwin Hyman, 1989.

BUSSO, C; MIYAKE, D. **Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica**. Revista Produção, 2013, v. 23, n. 2, p. 205-225.

CHAND, G; SHIRVANI, B. **Implementation of TPM in cellular manufacture**. Journal of Materials Processing Technology, 2000. v. 103, p. 144-54.

CROOM, S. R; ROMANO, P; GIANNAKIS, M. **Supply chain management: a literature review and taxonomy.** European Journal of Purchasing and Supply Management, 2000, v. 6, n. 1, p. 67-83.

DAL, B; TUGWELL, P; GREATBANKS, R. **Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis.** International Journal of Operations and Production Management, 2000. v. 20, n 12, p. 1488-1502.

DEMING, W. E. **The New Economics For Industry, Government & Education.** Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineering Study, 1993.

DESAI, T.N; SHRIVASTAVA, R.L. **Six sigma – a new direction to quality and productivity management.** World Congress on Engineering and Computer Science WCECS, San Francisco, 2008.

DOOLEN, T, L, et. al. **Kaizen events and organizational performance: a field study.** International Journal of Productivity and Performance Management, 2008. v. 57, n. 08, p. 637-658.

FARRIS et al. **Learning from less successful Kaizen events: A case study** Engineering Management Journal, 2008, v. 20, n. 3, p. 10–20

FEG-UNESP. **Diretrizes para apresentação de dissertação, tese, monografia e trabalho conclusão de curso.** Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. STBD, Guaratinguetá, 2009. 89 p.

FURLAN, A; DAL PONT, G; VINELLI, A. **On the complementarity between internal and external just-in-time bundles to build and sustain high performance manufacturing.** International Journal of Production Economics, 2011, v. 133, n. 2, p. 489-495.

GIJO, V; SCARIA, J. **Application of Taguchi method to optimise the characteristics of green sand in a foundry.** International Journal of Business Excellence, 2011. v. 4, n. 2, p. 191-201.

GIJO, V; SCARIA, J; ANTONY, J. **Application of Six Sigma Methodology to Reduce Defects of a Grinding Process.** Journal Quality and Reliability Engineering International, 2011, v. 27, n. 8, p 1221–1234.

GLOVER, W et al. **Characteristics of established kaizen event programs: an empirical study.** International Journal of Operations & Production Management, 2013, v. 33, n. 9, p. 1166-1201.

IMAI, M. **Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success.** New York: McGraw-Hill, 1986

ISIXSIGMA, **Six Sigma quality resources for achieving Six Sigma results dictionary.** Apresenta definições de termos relacionados à Manufatura e Seis Sigma. Disponível em: <<http://www.isixsigma.com/dictionary/kaizen>>. Acessado em: 22 nov. 2014.

JEONG, K.Y; PHILLIPS, D.T. **Operational efficiency and effectiveness measurement.** International Journal of Operations & Production Management, 2001, v. 21, n. 11, pp. 1404-16.

JIRASUKPRASERT, Ploytip. **A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process.** International Journal of Lean Six Sigma, 2014, v. 5, n. 1, p. 2 – 21

KAUSHIK, P. et al. **A case study: application of Six Sigma methodology in a small and medium-sized manufacturing enterprise.** The TQM Journal, 2012. v. 24, n. 1, p. 4-16.

KUMAR, S. **Planning for avian flu disruptions on global operations: a DMAIC case study.** International Journal of Health Care Quality Assurance, 2012. v. 25, n. 3, p. 197-215.

KUMAR, S; SOSNOSKI, M. **Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shop floor production quality and costs.** International Journal of Productivity and Performance Management, 2009, v. 58, n. 3, p. 254 – 273.

KWON, O.; LEE, H. **Calculation methodology for contributive managerial effect by OEE as a result of TPM activities.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2004, v. 10, n. 4, p. 263-272.

JESUS, Abel Ribeiro de; ANTONY, Jiju; LEPIKSON, Herman Augusto; CAVALCANTE, Carlos. **Key observations from a survey about six sigma implementation in Brazil.** International Journal of Productivity and Performance Management, 2015. v. 64, n. 1.

JIN, Hyun Woong; DOOLEN, Toni L. **A comparison of Korean and US continuous improvement projects.** International Journal of Productivity and Performance Management, 2014. v. 63, n. 4, p. 384-405.

LIKER, J.K; CONVIS, G.L. **The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence Through Leadership Development**. New York: McGraw-Hill, 2011, 272p.

MACEDO, M. M. **Gestão da produtividade nas empresas**. Revista Organização Sistêmica, 2012. v. 01, n, 01, p. 01

MANDAL, Pathik. **Improving process improvement: executing the analyze and improve phases of DMAIC better**. International Journal of Lean Six Sigma, 2012. v. 3, n. 3, p. 231-250.

MISHRA, Pratima; SHARMA, Rajiv Kumar. **A hybrid framework based on SIPOC and Six Sigma DMAIC for improving process dimensions in supply chain network**. International Journal of Quality & Reliability Management, 2014. v. 31, n. 5, p. 522-546.

MYSZEWSKI, J. **On improvement story by 5 whys**. The TQM Journal, 2013, v. 25, n. 4, p. 371 – 383

MELNYK, et al. **Short-term action in pursuit of long-term improvements: Introducing Kaizen events**. Production and Inventory Management Journal, 1998, v. 39, n. 4, p. 69–76

MOSCHIDIS, Vasileios. **Six Sigma's critical success factors and toolbox**. International Journal of Lean Six Sigma, 2013, v. 4, n. 2, p. 108 – 117.

MIGUEL, Paulo. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, ABEPRO, 2012.

MIGUEL-DÁVILA, Manuel. **Assessing the design, management and improvement of Kaizen projects in local governments**. Business Process Management Journal, 2014. v. 20, n 3, p. 392 - 411

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. **Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion**. International Journal of Production Research, 2008, v. 46, n. 13, p. 3517-3535.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. Productivity Press, Cambridge, MA, 1988.

NONNENBERG, Marcelo. **China: estabilidade e crescimento econômico**. Revista de Economia Política, São Paulo , v. 30, n. 2, June 2010.

OMACHONU, V. K. AND ROSS, J. E. **Principles of total quality**. 3. ed. Florida: CRC Press LLC, 2004. 512p.

PHENG, Low; SHANG, Gao. **Understanding the application of Kaizen methods in construction firms in China**. Journal of Technology Management in China, 2013. v. 8, n. 1, p. 18 – 33.

PRASHAR, Anupama. **Adoption of Six Sigma DMAIC to reduce cost of poor quality**. International Journal of Productivity and Performance Management, 2014, v. 63, n. 1, p. 103 – 126.

PRASHAR, Anupama. **Redesigning an assembly line through Lean-Kaizen: an Indian case**. The TQM Journal, 2014. v. 26, n. 5, p. 475 - 498

PYZDEK, Thomas; KELLER, Paul. **The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels**. New York. McGraw-Hill, 2010.

ROBINSON, Charles; GINDER, Andrew. **Implementing TPM: The North American Experience**. New York: Productivity Press, 1995, 197p.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SALZARULO, Peter A.; KREHBIEL, Timothy C.; MAHAR, Stephen; EMERSON, Lance S.. **Six Sigma sales and marketing: application to NCAA basketball**. American Journal of Business, 2012. v. 27, n. 2, p. 113-132

SEKINE, K; ARAI, K. **TPM for the Lean Factory**. Productivity, Portland, OR, 1998.

SISTEMA FIRJAN. **Nota técnica**. Diretoria de Desenvolvimento econômico, 2014. n. 04, p. 4.

SHARMA, et al. **Performance measurement in automated manufacturing**. Measuring Business Excellence, 2011, v. 15, n. 1 p. 77 – 91.

SOUSA, R. **Case research in operations management**. EDEN Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management, 2005. Bruxelas.

SOUTHARD, Peter B; CHANDRA, Charu; KUMAR, Sameer. **RFID in healthcare: a Six Sigma DMAIC and simulation case study**. International Journal of Health Care Quality Assurance, 2012. v. 25, n. 4, p. 291-321.

SOUZA, Rogério. **A indústria brasileira e o contexto adverso à competitividade**. Conjuntura da Construção, 2012. v. 10, n. 1

STAMATIS, H. **Six Sigma Fundamentals: A complete guide to the system, methods and tools**. New York: Productivity Press, 2004

STAUDT, F. H.; COELHO, A. S.; GONÇALVES, M. B. **Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Markov**. Revista Produção, 2011, v. 21, n. 4, p. 634-644, 2011.

VIEIRA et al. **Análise da competitividade das exportações agrícolas brasileiras para a china: uma análise do complexo Soja e fumo**. Revista UNIABEU Belford Roxo, 2013. v. 6, n. 13.

WATANABE, R. M. **Getting ready for kaizen:organizational and knowledge management enablers**. VINE: The journal of information and knowledge management systems, 2011. v. 41, n. 04, p. 428-448.

WOMACK, J. P; Jones, D.T; Ross, D. **The Machine that Changed the World**. New York: Rawson Associates, 1990, 323p.

YOKOZAWA, Kodo; STEENHUIS, Harm-Jan. **The influence of national level factors on international kaizen transfer**. Journal of Manufacturing Technology Management, 2012. v. 24, n. 7, p. 1051-1075

APÊNDICE A - Roteiro de questionário

Roteiro de questionário da entrevista não estruturada
1. Como foi feito a divulgação e convocação dos membros para o EK?
2. Você acredita que conseguiu expor com clareza suas opiniões?
3. Qual sua opinião sobre a distribuição de tempo do EK?
4. Qual sua opinião sobre a utilização das ferramentas estatísticas e de solução de problemas?
5. Você acredita que o EK é útil para o levantamento de idéias novas?
6. Você acredita que o EK é útil para atingir os objetivos pré-estabelecidos?
7. Qual sua opinião pessoal sobre os EK?

Fonte: do próprio autor