

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Gabriel Aparecido Motta

Graziane dos Santos Coursino

**IMPACTO NA PRODUTIVIDADE E REDUÇÃO DE
VARIABILIDADE APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO SEIS
SIGMA NA INDÚSTRIA DE TELEFONES CELULARES**

Taubaté – SP

2017

Gabriel Aparecido Motta

Graziane dos Santos Cursino

**IMPACTO NA PRODUTIVIDADE E REDUÇÃO DE
VARIABILIDADE APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO SEIS
SIGMA NA INDÚSTRIA DE TELEFONES CELULARES**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Paulo Cesar Corrêa Lindgren

Co-orientadora: Profa. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren

Taubaté – SP

2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / Unitau - Biblioteca das Engenharias**

M921i	<p>Motta, Gabriel Aparecido Impacto na produtividade e redução de variabilidade após a implementação do seis sigma na indústria de telefones celulares. / Gabriel Aparecido Motta, Graziane dos Santos Cursino. - 2017.</p> <p>40f. : il; 30 cm.</p> <p>Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2017 Orientador: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren, Coorientador: Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.</p> <p>1. DMAIC. 2. Metodologia seis sigma. 3. Produtividade. 4. Redução de custos. I. Título.</p>
-------	---

**IMPACTO NA PRODUTIVIDADE E REDUÇÃO DE VARIABILIDADE APÓS A
IMPLEMENTAÇÃO DO SEIS SIGMA NA INDÚSTRIA DE TELEFONES
CELULARES**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia de Produção Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____ Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Dedico á Deus, que nos criou e foi criativo nesta tarefa. Seu fôlego de vida em mim me foi sustento e me deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

RESUMO

A evolução do layout das linhas de montagem tem importância fundamental dentro de uma empresa que busca maior competitividade no mercado atuante, visando melhoria contínua em seus produtos, processos e serviços. As áreas de Engenharia juntamente com outros setores da empresa podem buscar soluções inovadoras e flexíveis, atendendo cada vez mais rápido as demandas do mercado. A pesquisa a ser apresentada tem como finalidade examinar como a ferramenta Seis Sigma juntamente com as ferramentas de qualidade, estatísticas e máquinas robóticas promovem uma série de benefícios operacionais e redução de defeitos, resultando em uma produção mais rápida e limpa e de que maneira impactou positivamente o cumprimento de metas e retrabalhos. Com base nestes conceitos aplicados dentro do processo produtivo, foi realizado um estudo de caso por meio de uma empresa do ramo eletrônicos.

Palavras-chave: DMAIC; Metodologia Seis Sigma, Produtividade; Redução de custos.

ABSTRACT

The evolution of the layout of the Assembly lines have fundamental importance within a company that seeks greater competitiveness on the market, aiming at continuous improvement in its products, processes and services. The engineering areas along with other sectors of the company can get innovative solutions and flexible, given faster market demands. The research being presented aims to examine how the Six Sigma tool along with the quality tools, statistics and robotic machines promote a series of operational benefits and reducing defects, resulting in faster production and clean and how positively impacted the fulfillment of goals and rework. Based on these concepts applied in the production process, it was carried out a case study in an electronic industry.

Keywords: Cost reduction; DMAIC; Productivity; Six Sigma methodology.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tabela de níveis de Sigma	17
TABELA 2 - Tradução de nível de qualidade para a linguagem financeira	18

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Produtividade durante o período de coleta de dados (10 dias)	36
GRÁFICO 2 - Produtividade após a implementação da máquina robótica	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Nível Sigma Mundial e suas indicações	17
FIGURA 2 - As contribuições de cada era para o Six Sigma	20
FIGURA 3 - Estrutura hierárquica da equipe Seis Sigma	22
FIGURA 4 - Entendendo o Seis Sigma	24
FIGURA 5 - Etapas realizadas na ferramenta DMAIC	25
FIGURA 6 - Sistema de controle de processos.....	27
FIGURA 7 - Fluxograma de um processo de fabricação de celulares	28
FIGURA 8 - Representação ilustrativa da máquina robótica instalada na linha	31
FIGURA 9 - Fluxograma de processos gerais.....	33
FIGURA 10 - Layout por produto de uma linha convencional	34
FIGURA 11 - Layout por produto da linha com a máquina robótica.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
1.2 Delimitação do estudo	12
1.3 Relevância do estudo	13
1.4 Organização do trabalho	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Seis Sigma	15
2.2 O Histórico do Seis Sigma.....	18
2.3 A Estrutura do Seis Sigma	20
2.4 DMAIC.....	23
2.4.1 Fase Definir (define)	25
2.4.2 Fase Medir (measure)	25
2.4.3 Fase Analisar (analyze).....	26
2.4.4 Fase Melhorar (improve)	26
2.4.5 Fase Controlar (control).....	26
2.5 O processo produtivo de um aparelho celular	27
2.5.1 Variabilidade de processos	30
3 METODOLOGIA	31
4 ESTUDO DE CASO ÚNICO.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

No cenário atual as empresas vêm buscando permanência e adequação às novas demandas do mercado, toda inovação é uma forma de alcançar uma maior padronização nos processos, para que se obtenha um diferencial competitivo. Para que as empresas que atuam no ramo automobilístico ou em outros ramos industriais, que adotam o sistema de linha de produção empurrada se mantenha entre as melhores do mercado, cada uma delas investe alto em tecnologias, processos cada vez mais eficazes, alta qualidade de produto final e redução de desperdício, que por consequência transmitem esses valores para seus respectivos clientes a fim de melhor satisfazer suas expectativas na qualidade do produto, com a finalidade de que permaneçam fiéis à marca.

Entre os setores em grande desenvolvimento tecnológico, o de eletroeletrônicos vem ganhando destaque em um mundo em constante globalização. O complexo eletrônico encontra-se entre os segmentos mais intensamente beneficiados pela recente onda de inovações que alterou os padrões gerenciais, produtivos e concorrenciais em nível mundial. Isto ocorreu por conta da rápida incorporação de insumos e processos com elevado conteúdos tecnológicos, simultaneamente apoiados e direcionados para o processamento, transmissão e recepção de informações digitalizadas, em escala e velocidade crescentes. Em paralelo, o complexo foi favorecido por um movimento de convergência entre seus diferentes segmentos em termos da base tecnológica utilizada (BATISTA, 1993, p.51).

Em um mercado cada vez mais globalizado e exigente, as organizações estão buscando novas estratégias para sustentar o negócio, Qualidade Total, reengenharia de processos, eliminação de fronteiras, alianças estratégicas e planejamento por cenários são alternativas encontradas pela maioria das organizações como forma de reação a estas pressões que são causadas externamente. mas das práticas utilizadas sistematicamente pelas empresas para promover mudanças nas organizações é conhecida como uma estratégia gerencial chamada Seis Sigma ou Six Sigma, com o foco central nos resultados de qualidade e financeiros, gerando valorização ao produto final e superando os indicadores de medição de desempenho realizados na empresa, otimizando e maximizando seus processos de fabricação. Entretanto, apesar de muitas dessas iniciativas terem alcançado efeitos positivo, nenhuma delas apresenta o potencial existente no Seis Sigma. (ROTONDARO, 2002).

De acordo com Rodrigues (2006) considera-se que o Seis Sigma tem como produto principal a criação e/ou modificação de um processo com base na maior rentabilidade do negócio e do atendimento eficaz das necessidades e expectativas do cliente.

As empresas que utilizam a ferramenta Seis Sigma agregam valores a todos os setores da empresa aumentam a sua participação no mercado em que atua, justificando assim as habilidades dos Engenheiros de Produção dentro do ramo industrial, tornando-os como um referencial na tomada de decisão e no desenvolvimento de novos projetos.

A partir dos conhecimentos obtidos pelos profissionais da engenharia, foi possível detectar que determinadas empresas podem sofrer perdas devido á ausência de um gerenciamento de processos. Muitas falhas ocorrem por falta de um arranjo físico que atenda as necessidades dos operadores, que impactam no aumento de retrabalho e perda de material, diminuindo a produtividade.

Para que a situação seja contornada, é necessária a realização de mudanças gerenciais, que devem atingir toda a cultura organizacional da empresa, realizadas e praticadas diariamente por meio de um profissional capacitado e de toda uma equipe, a aplicabilidade da ferramenta Seis Sigma proporciona valores a companhia, encontrando uma forma de controlar os sistemas e os processos permanentemente.

O presente trabalho configura-se em um estudo de caso sobre a metodologia Seis Sigma, onde sua principal ferramenta é o DMAIC que se caracteriza pelos termos em inglês *Define* (definir), *Measure* (medir), *Analyse* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar) o processo produtivo. Este, por sua vez, baseia-se em ferramentas estatísticas que possibilitam encontrar até a raiz do problema, podendo assim resolve-lo. Devido às particularidades do sistema produtivo, a pesquisa apresenta uma redução de variabilidade em uma linha de montagem de celulares e seus ganhos de produtividade após a ferramenta DMAIC, permitindo integrar setores de qualidade, engenharia, operações e projetos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Pretende-se, ao longo deste trabalho, verificar a relação existente entre o aumento de produtividade e a diminuição da variação em uma linha de montagem de celulares, priorizando a diminuição do trabalho manual realizado por operadores, apresentado a aplicabilidade da ferramenta Seis Sigma e seus princípios gerenciais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar se houve uma correlação direta entre os índices de aumento da produtividade e diminuição da variabilidade e a implantação da automação na linha de montagem de aparelhos celulares.

- Exemplificar como foram feitas a seleção e a aplicação de algumas das ferramentas de Seis Sigma para se conseguir a otimização, especificamente, do processo de montagem de aparelhos celulares, na configuração de linha móvel com transferência por esteiras rolantes.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Ao tratar de empresas de fabricação e montagem de telefones celulares, este trabalho contempla somente o estudo da otimização da produtividade, com redução da variabilidade, por meio da análise e incorporação de novos recursos tecnológicos recomendados pelos estudos de Seis Sigma. Dessa forma, ficam excluídas as melhorias que possam ser resultantes de outros esforços, como programas de gestão da qualidade, *Lean Manufacturing*, etc, restringindo-se ao escopo supramencionado.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A importância do estudo é dada pela forma que as empresas estão buscando novas maneiras de reduzir os custos e aperfeiçoar processos através do método Seis Sigma, parte deste propósito é pela sobrevivência no mercado competitivo existente nos dias atuais.

A relação complexa que existe entre as variáveis de um processo são fundamentais para oportunidades de melhorias dentro dos pólos industriais para aumentar a competitividade e para fornecer maiores ganhos de lucratividade que aplicabilidade da ferramenta Seis Sigma acrescenta como resultado. Outro fator relevante é análise do complexo eletroeletrônico que busca atender rapidamente as necessidades de mercado, para fidelizar e atrair novos clientes, seguindo tendências e inovações, sem deixar de priorizar seus objetivos estratégicos.

Com base nessas observações foi possível identificar que a empresa em estudo, busca uma melhoria de processo. Foi constatada a necessidade de se adotar uma metodologia utilizando análises estatísticas em vez de suposições, e esse é um dos princípios do Seis Sigma, para principalmente obter uma redução da variação em um processo, além de atenuar na qualidade final do produto e diminuição de custos diretos da empresa.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Neste trabalho em estudo estão organizados desenvolvimento e métodos conforme apresentado nas seguintes etapas:

- No primeiro capítulo são apresentados a introdução, os objetivos, a delimitação, a relevância e a organização dos conteúdos sobre o qual são abordados o problema e as soluções.
- No segundo capítulo foi desenvolvido uma revisão de literatura sobre a Metodologia Seis Sigma, onde são abordados sua origem e sua estrutura mais relevantes e de grande importância dentro de uma organização. Ainda neste capítulo, é exemplificado de uma forma geral o processo produtivo de um aparelho celular e quais podem ser suas possíveis variâncias.

- No terceiro capítulo se apresenta o método que foi utilizado para desenvolver o estudo do caso, baseada na pesquisa realizada nas referências bibliográficas.
- No quarto e quinto capítulo são apresentados a empresa em estudo, logo após mostrados os resultados e discussões sobre a implementação da máquina robótica e seus ganhos efetivos dentro do processo produtivo.
- No sexto capítulo tem-se a conclusão baseada nos resultados obtidos, juntamente com a metodologia Seis Sigma que forneceu soluções para a situação problema encontrada no processo.
- O trabalho se encerra com as referências bibliográficas que foram utilizadas para o desenvolvimento e elaboração do mesmo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Seis Sigma

O Seis Sigma (*Six Sigma*), pode ser definido como uma metodologia poderosa no gerenciamento de processos para as empresas de diversos segmentos, pois fornece competitividade e sobrevivência de mercado devido a força da globalização que vive em constante crescimento. Entretanto a letra grega sigma que é também um símbolo matemático que representa uma medida de variação, seja em torno de qualquer processo ou procedimento. O principal objetivo é aumentar significativamente a performance e a lucratividade das empresas, por meio de melhoria contínua da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação dos clientes e consumidores, levando em consideração todas as estratégias para um bom desempenho de negócio. (WERKEMA, 2004).

As ferramentas que são utilizadas no programa, embora não sejam novas, mas que agregadas com metodologia Seis Sigma que potencializam o valor a elas, desenvolvendo novas formas métricas e ferramentas a organização. A maneira pela qual são escolhidas e implementadas é que se encontra eficiência do método e a razão fundamental de seu sucesso. Portanto as ferramentas estatísticas formalizam o uso da metodologia Seis Sigma e evita-se emprega-las isolada e individualmente em um caminho desconhecido. Com isso concentra-se em uma forma de intensificar a necessidade de entendimento do processo e na redução de variação, em vez de somente estima-las. (WATSON, 2000).

“Seis Sigma é a inflexível e rigorosa busca da redução da variação em todos os processos críticos para alcançar melhorias contínuas e quânticas que impactam os índices de uma organização e aumentam a satisfação e lealdade dos clientes. É uma iniciativa organizacional projetada para criar processos de manufatura, serviço ou administrativo que gerem no máximo 3,4 defeitos por milhão ou 99,00066% de oportunidade (DPMO). A ferramenta de melhoria empregada na implantação dos projetos Seis Sigma é o DMAIC: acróstico que representa: Definir-Medir-Analisar-Implementar-Controlar” (Rasis, 2002).

O modelo Seis Sigma é um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial. Seis Sigma é singularmente

impulsionado por uma estreita compreensão das necessidades dos clientes, pelo uso disciplinado dos fatos, dados e análise estatística e pela atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos do negócio. (PANDE, NEUMAN e CAVANACH, 2001).

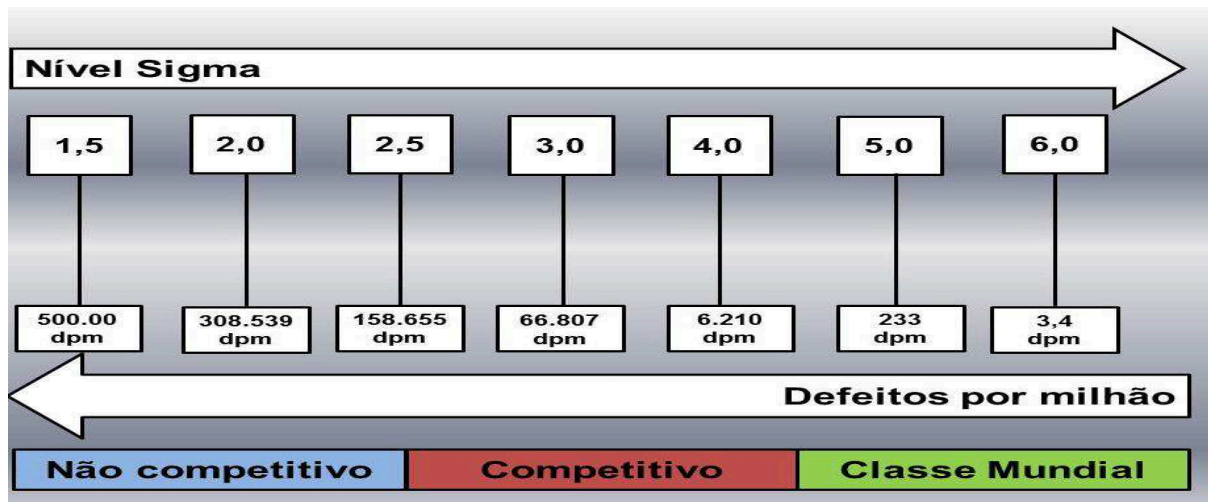
Ainda conforme Pande, Neuman e Cavanagh (2001), existem três estratégias na filosofia Seis Sigma, quais sejam:

- 1ª Estratégia de melhoria do processo – desenvolver soluções com a finalidade de eliminar as causas-raiz dos problemas de desempenho de uma empresa, sem interferir na estrutura básica do processo.
- 2ª Estratégia de projeto / reprojeto – substituir parte ou todo o processo por um novo.
- 3ª Estratégia de gerenciamento do projeto - os processos são documentados e gerenciados com medições em todas as suas etapas.

De uma forma sistemática a consequência dos resultados financeiros obtidos deve-se a otimização dos processos realizados com a implementação da abordagem Seis Sigma. No contexto americano, estima-se que em média as indústrias operem em um nível de qualidade 3 a 4 sigma, e que isso custa em torno de 15% a 30% de seu faturamento em desperdícios com inspeções, testes, retrabalho, sucata, desgaste da imagem e perda de cliente – denominados custos de não-qualidade. Ao trabalhar em Seis Sigma (*Six Sigma*), esses custos são minimizados, uma vez que são consideradas oportunidades de aprimoramento tudo que consuma trabalho, tempo e material. (CAMPOS, 1999).

Tem-se, a seguir, a Figura 1, que visa auxiliar no melhor entendimento da indicação do “número de defeitos por milhão de peças” (dpm), representado na faixa inferior, indicando a correspondência na classificação do Seis Sigma:

Figura 1 – Nível Sigma Mundial e suas indicações



Fonte: Elaborada pelos autores, com base em Manual de Treinamento da empresa ALFA.

O defeito é uma deformidade mensurável dentro de um processo ou um resultado que não é aceito pelo cliente, ou seja, não atendeu as expectativas e/ou necessidades do cliente – não conformidade com as especificações. Um processo classificado como 6 sigma, tem-se 99,9999998% de produtos perfeitos, isto é, dois defeitos por bilhão de unidades produzidas. (CAMPOS, 1999).

A Tabela 1, a seguir, representa a percentagem de rendimento e o número de defeitos de acordo com cada nível da escala Sigma.

Tabela 1 – Tabela de níveis de Sigma

Rendimento (%)	Escala Sigma	Defeitos (PPM)
30,9	1	691.462
69,2	2	308.000
93,3	3	66.800
99,4	4	6210
99,98	5	320
99,9997	6	3,4

Fonte: Rendimento e Defeitos (CAMPOS,1999).

Analisando a Tabela 1, verifica-se que quanto maior o valor da escala do sigma menor a probabilidade de se encontrar um defeito. A escala sigma fornece pontos de redução exponencial de defeitos. Com essa analogia gera-se a diminuição de testes e inspeções, os custos e os tempos de ciclo diminuem, e um significativo aumento da satisfação do cliente. (CAMPOS, 1999)

Werkema (2004) mostra, na Tabela 2, os benefícios resultantes de se alcançar o padrão Seis Sigma, os quais são traduzidos em nível de qualidade para a linguagem financeira:

Tabela 2 – Tradução de nível de qualidade para a linguagem financeira

Nível de qualidade	Defeitos por milhão	Custo da não qualidade (% do faturamento da empresa)
Dois sigma	308.537	Não se aplica
Três sigma	66.807	25 a 40%
Quatro sigma	6.210	15 a 25%
Cinco sigma	233	5 a 15%
Seis sigma	3	< 1%

Fonte: Adaptado de Werkema (2004).

2.2 O Histórico do Seis Sigma

A abordagem Seis Sigma originou-se na empresa Motorola dos EUA, no ano de 1987, os responsáveis foram Mikel Harry e, logo após, Bob Galvin – presidente da Motorola dos Estados Unidos na época e que teve por objetivo aumentar a competitividade da empresa no mercado externo. Seguindo nesta essência é que o Seis Sigma vem tornando-se popular nas empresas de todo o mundo (Figura 2) e alavancando os índices de desempenho das indústrias que apostam na sua excelência. O resultado com a implementação do Seis Sigma foi um significativo

aumento nos níveis de qualidade dos diversos produtos da Motorola, e todas as empresas queriam saber qual era o segredo da organização. (WERKEMA, 2004).

A Motorola priorizou a importância da qualidade através da abordagem Seis Sigma, que gerou ganhos em outros setores da empresa, como a sua participação no mercado, eliminando custos elevados a produção, além de um maior nível de satisfação de clientes.

No final de 1994, o então presidente da GE (*General Electric*), Jack Welch, adotou a metodologia desenvolvida pelo então engenheiro da Motorola, Bill Smith. Diante do fato, a primeira conclusão que se teve a respeito do Seis Sigma, foi que ela fornece o caminho para melhoria contínua na produção e gestão de projetos. Desde a aplicação na Motorola, a metodologia obteve diversas outras definições ligadas aos setores de operações, melhoria do processo de negócios, excelência do processo, diretamente ligados aos processos de produtos em massa. (RODRIGUES, 2006).

No Brasil, o Seis Sigma passou a ser disseminado a partir do ano de 1997, a primeira empresa a utilizar o Seis Sigma no Brasil foi o Grupo Brasmotor, que após realizar a medição dos resultados em 1999 observou que obteve ganhos de cerca de R\$ 20 milhões, logo em seguida várias outras empresas como AmBev, Belgo Mineira, Votorantim, Alcan e Johnson & Johnson implantaram o Seis Sigma em suas organizações para obter o sucesso empresarial. (WERKEMA, 2004)

O sucesso empresarial que o método Seis Sigma fornece para as empresas é de alto nível comparado a outras metodologias, como: redução de custos, melhoria de produtividade, crescimento da fatia de mercado, retenção de clientes, redução de defeitos, mudança cultural, desenvolvimento de novos produtos e serviços que podem ser analisados por índices de desempenho. (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001).

Figura 2 - As contribuições de cada era para o *Six Sigma*

1798: Eli Whitney:	<ul style="list-style-type: none"> a) necessidade de consistência; b) identificação de defeitos.
1924: Walter Shewhart:	<ul style="list-style-type: none"> a) pensamento orientado para processo; b) gráficos de controle (causas comuns e especiais).
1945: Início do Movimento para a Qualidade no Japão:	<ul style="list-style-type: none"> a) métodos estatísticos e uso de profissionais estatísticos; b) metodologia de melhoria contínua (PDCA); c) engajamento ativo das lideranças e envolvimento de todos; d) diagnóstico e jornadas reparadoras.
1973: Movimento Japonês:	<ul style="list-style-type: none"> a) resposta rápida às mudanças nas necessidades dos clientes; b) melhoria de produtos, processos e serviços. Busca da perfeição.
1987: ISO - <i>International Organization for Standardization</i> :	<ul style="list-style-type: none"> a) compartilhamento generalizado de elementos básicos de qualidade; b) reunião organizacional clama por melhorias.
1987: Prêmio Nacional da Qualidade <i>Malcom Baldrige</i> :	<ul style="list-style-type: none"> a) compartilhar melhores práticas; b) forte foco em clientes e resultados.
1987: Motorola e Seis Sigma:	<ul style="list-style-type: none"> a) foco nas necessidades dos clientes e comparação de <i>performance</i> dos processos com estas necessidades; b) metodologia estruturada com disciplina e resultados comprovados.
1960-1995: outras iniciativas:	ferramentas são usadas por todos na organização.

Fonte: Folaron (2003).

2.3 A Estrutura do Seis Sigma

Na abordagem do Seis Sigma os projetos estratégicos necessitam obter metas e prazos bem definidos, que são conduzidos por equipes formadas por especialistas na metodologia, chamados de *Green Belts*, *Black Belts*, e *Master Black Belts*, e por líderes, ou *Champions*, que são os responsáveis por remover as barreiras que surgirem para o desenvolvimento destes projetos (RODRIGUES, 2006).

A empresa trata de selecionar os profissionais de hierarquia mais alta para a escolha de um responsável pelo programa em tempo integral, conduzir, incentivar e supervisionar as iniciativas Seis Sigma em toda a organização. De acordo com Rotondaro (2002), eles são como os “Jogadores do Seis Sigma”, os responsáveis por disseminar a metodologia por toda a empresa. Os especialistas são definidos conforme sua capacitação de forma que se realize a classificação, segundo o

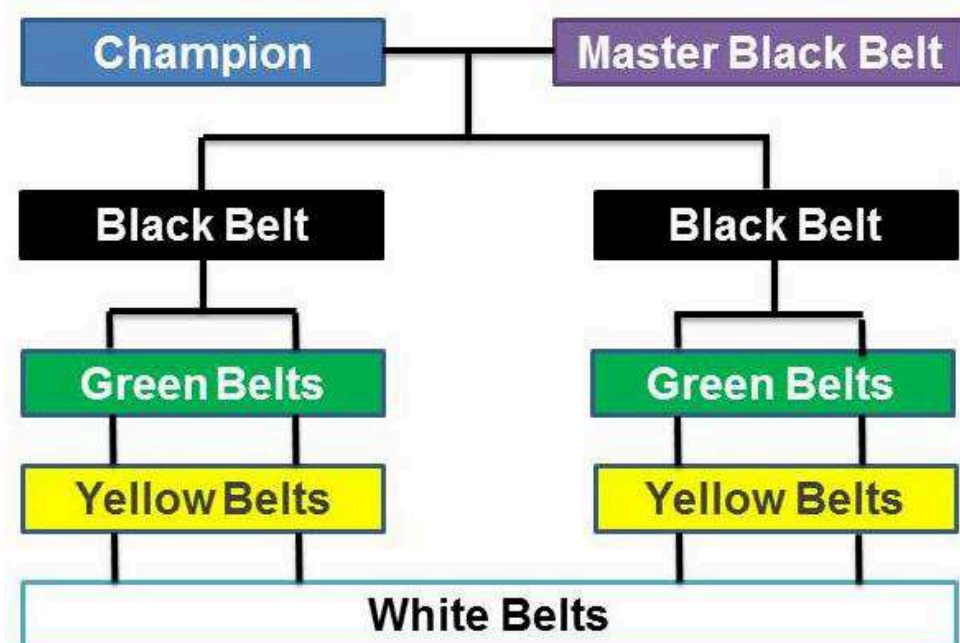
manual de Treinamento da empresa ALFA (2012), as funções hierárquicas são definidas a seguir (sendo também ilustradas na Figura 3):

- ✓ **Champions** – Consiste no grupo de gerentes para implementações que definem a direção que o Seis Sigma irá tomar e que têm a responsabilidade de apoiar os projetos e remover possíveis barreiras para o seu desenvolvimento. Os *Champions* devem ser capazes de pavimentar o caminho para as mudanças necessárias e para a integração de resultados. São eles que definem as pessoas (ou a pessoa, dependendo do porte da organização) que irão disseminar os conhecimentos sobre o Seis Sigma por toda a empresa, e irão coordenar uma determinada quantidade de projetos. Essas pessoas podem ser os *Master Black Belts* ou os *Black Belts*.
- ✓ **Master Black Belts** – São os profissionais que atuam como consultores em gerenciamento de mudanças para o conselho dos *Black Belts*, coordenam e exercem todos os trabalhos dos *Black Belts* e assessoram os *Champions* na identificação de projetos de melhoria.
- ✓ **Black Belts** – São usualmente colaboradores que lideram equipes na condução dos projetos Seis Sigma e que alcançam maior visibilidade na estrutura do programa, se espera que orientem vários times de melhoria de uma só vez. Os *Black Belts* devem possuir o seguinte perfil: iniciativa, entusiasmo, habilidades de relacionamento interpessoal e comunicação, motivação para alcançar resultados e efetuar mudanças, influência no setor onde atua, habilidade para trabalhar em equipe e excelentes conhecimentos técnicos de sua área de trabalho. Normalmente, os *Black Belts* têm treinamento que incluem uma sólida dose de ferramentas estatísticas como amostragem, análise multivariada e planejamento de experimentos, priorizando o mapeamento de processos.
- ✓ **Green Belts** – São profissionais multifuncionais e liderados pelos *Black Belts*, com capacidade de trabalhar em projetos Seis Sigma. Os *Green Belts* ("Faixas Verdes") são funcionários capazes de liderar projetos de melhoria e, por isso, tem sido tão requisitado no mercado de trabalho, a maior parte do tempo se dedicam aos projetos do Seis Sigma. Com menos

responsabilidades dentro do programa, eles geralmente se envolvem em projetos referentes às suas atividades do dia-a-dia. O treinamento de um Green Belt tem o método mais simplificado se comparado com os que são submetidos aos profissionais *Black Belt*. As tarefas se concentram em duas maneiras: realizar o auxílio necessário ao *Black Belt* em coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos, liderar e planejar os projetos de melhoria em suas respectivas áreas de atuação.

- ✓ **Yellow Belts** - Diversas empresas utilizam o *Yellow Belt* como um curso ministrado aos principais executivos da empresa, que não vão se envolver diretamente nos processos, mas precisam de um conhecimento básico sobre o Seis Sigma. Não desenvolvem projetos práticos.
- ✓ **White Belt** - Os profissionais *White Belts* são treinados nos fundamentos do Seis Sigma por meio de cursos de curta duração. Os treinamentos abordam a utilização das ferramentas básicas que se aplicam às várias fases da estratégia, permitindo que eles tenham uma compreensão mais forte de todo o processo e a necessária preparação para que auxiliem os *Green Belts* e os *Black Belts* na implementação de seus projetos

Figura 3 – Estrutura hierárquica da equipe Seis Sigma



Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Manual de Treinamento da empresa ALFA.

2.4 DMAIC

Campos (1999), cita que para a implantação do Seis Sigma seja potencializada é necessário o uso de um método denominado *DMAIC*, que prevê uma sequência lógica de cinco etapas ou fases definidas como: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Aprimorar (*Improve*) e Controlar (*Control*).

O *DMAIC* (ilustrado à Figura 4) é considerado uma metodologia científica formulado por fases para implementação de melhoria de processo ou projeto, tem eficácia significativa em aumento de produtividade, redução de custo, redução de defeitos, entre outros. (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001).

O formato *Six Sigma* está diretamente conectado a um ciclo de melhoria de cinco fases bem estruturadas. É um método referenciado por vários autores, utilizado para o desenvolvimento de projetos em equipes que visam o alcance das metas estratégicas da empresa, constituído por cinco etapas:

- ✓ **Define** (definir) – define com excelente precisão o escopo do projeto;
- ✓ **Measure** (medir) – determina de forma direta a localização ou foco do problema;
- ✓ **Analyze** (analisar) – determina a causa raiz de cada um dos problemas prioritários;
- ✓ **Improve** (melhorar) – propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário;
- ✓ **Control** (controlar) – garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo

Figura 4 – Entendendo o Seis Sigma

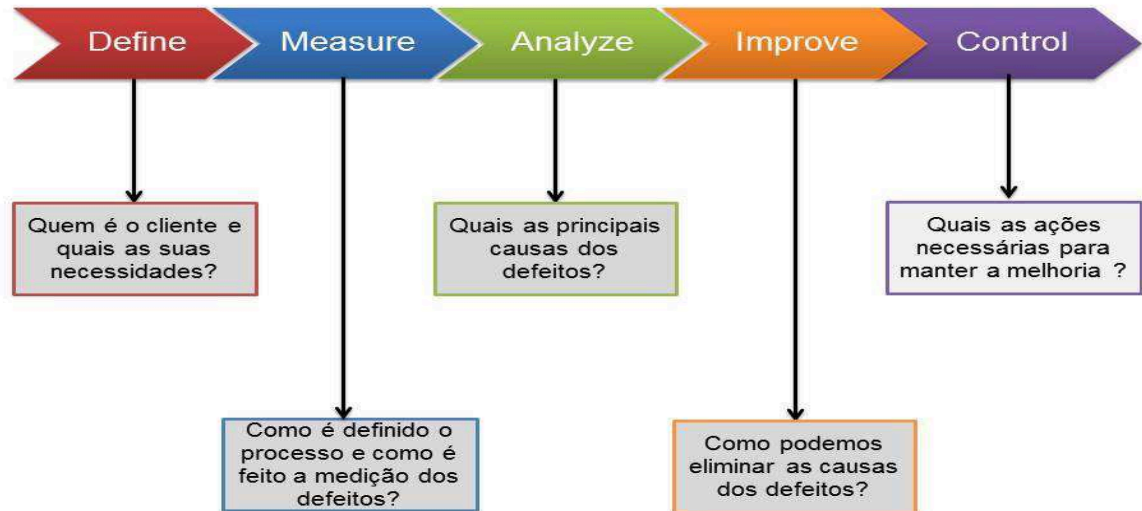


Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Manual de Treinamento da empresa ALFA.

Existem diversas ferramentas disponíveis para integrar cada uma das fases do DMAIC, que se intensifica como um modelo sistemático, com base em dados e na utilização de ferramentas estatísticas da engenharia de processos, de forma que a empresa consiga atingir seus resultados com índices satisfatórios de desempenho. (WERKEMA, 2004)

A razão para se seguir esta metodologia rigorosamente é garantir que as desafiantes metas Seis Sigma sejam atingidas, reforçando-se o entendimento da metodologia, conforme se mostra à Figura 5:

Figura 5 – Etapas realizadas na ferramenta DMAIC



Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Manual de Treinamento da empresa ALFA.

:

2.4.1 Fase Definir (*define*)

A fase inicial desta ferramenta de resolução de problema é denominada Definir e devem se identificar os pontos críticos responsáveis por resultados negativos, tais como: altos custos de mão-de-obra, baixa qualidade de suprimentos, variações no processo, reclamações de clientes, erros de forma.

Carvalho (2005) referencia-se à esta etapa como a forma em que se propõe os objetivos de melhorias detalhadamente, a partir de uma equipe eficaz, definindo as estratégias de planejamento e soluções sugeridas para que a equipe estabeleça limites e recursos, comunicando metas e planos, identificando cada cliente e suas respectivas necessidades.

2.4.2 Fase Medir (*measure*)

Trata-se da fase que determina formas de intervenção para que se atinja um nível reduzido de variações ou defeitos no processo. São identificados os

indicadores de entradas, processos e saídas para desenvolver uma metodologia para a coleta dos dados eficazmente.

Segundo Santos (2006), a garantia de melhoria do processo está associada a uma solução que seja capaz de eliminar e prevenir a ocorrência de problemas. Também é realizada a geração de ideias potenciais para a eliminação das causas fundamentais dos problemas, priorizados na etapa anterior.

2.4.3 Fase Analisar (*analyze*)

De acordo com Santos (2006), na etapa de análise deve-se identificar as causas raízes dos problemas que afetam o processo de forma significativa e geram variabilidade no resultado final de controle estatístico, aprofundando nas soluções propostas de cada uma das variações. Além da análise dos dados coletados e da determinação das causas raízes de defeitos, também é possível identificar as diferenças entre o desempenho real e o planejado.

2.4.4 Fase Melhorar (*improve*)

Nesta fase, determina-se a forma de intervenção para a redução do nível de defeitos dos processos. Segundo Santos (2006), a garantia de melhoria do processo está associada a uma solução que seja capaz de eliminar e prevenir a ocorrência de problemas.

Conforme Werkema (2004), esta é uma etapa crítica, pois também é realizada a geração de ideias potenciais para a eliminação das causas fundamentais dos problemas, priorizados na etapa anterior. Necessita-se da utilização de algumas ferramentas da qualidade e a interação da equipe responsável pelo projeto para que as tomadas de decisões sejam mais assertivas e focadas nas resoluções dos problemas em questão.

2.4.5 Fase Controlar (*control*)

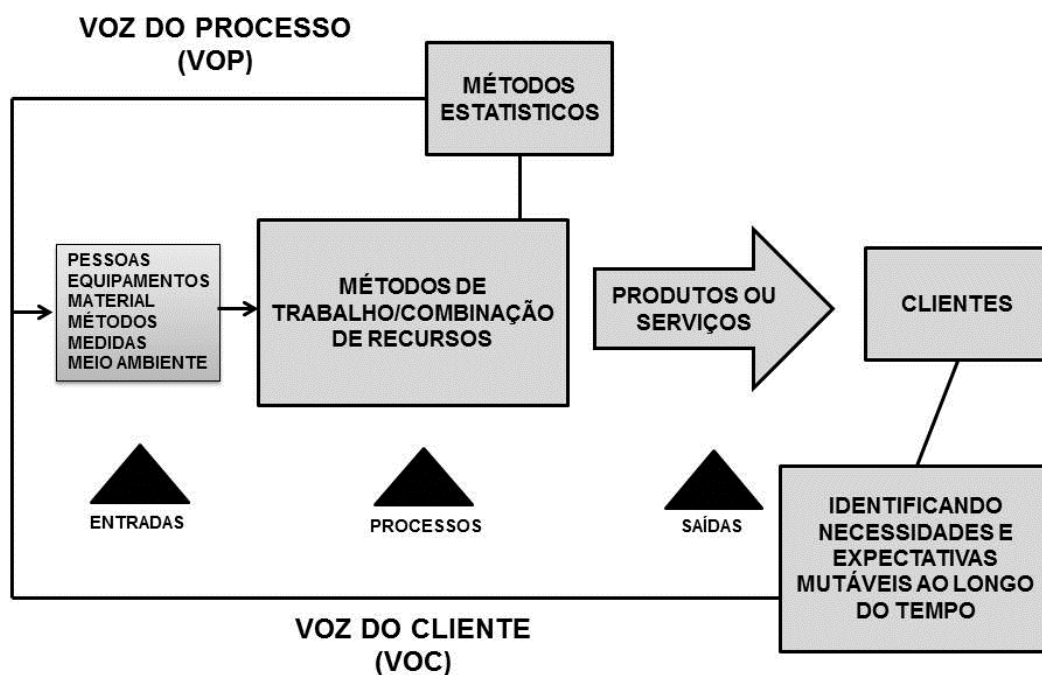
A última fase da metodologia é o que irá reforçar a sustentação da melhoria contínua, e necessita de um sistema eficaz de controle para manter o processo dentro das tolerâncias especificadas.

De acordo com Matos (2003), nesta etapa, é comprovada a veracidade da melhoria implementada, a solução do problema, a confirmação da validação dos benefícios atingidos, as mudanças necessárias aos procedimentos e instruções de trabalho, a utilização de ferramentas de controle e, por fim, a auditoria do processo e o monitoramento do desempenho.

2.5 O processo produtivo de um aparelho celular

Oliveira (2007) cita que um processo produtivo é a combinação de fatores como fornecedores, produtores, pessoas, equipamentos, materiais de entrada, métodos e meio ambiente que trabalham juntos para produzir o resultado de um determinado produto. Existem distinções variadas entre as várias operações que são desempenhadas por uma empresa, fazendo com que elas busquem a melhor decisão para programar sua estratégia de produção, para que isso ocorra, geralmente buscam ouvir a voz do cliente que utilizam dos seus produtos ou serviços como um dos critérios de avaliação e futuras melhorias (Figura 6).

Figura 6 – Sistema de controle de processos

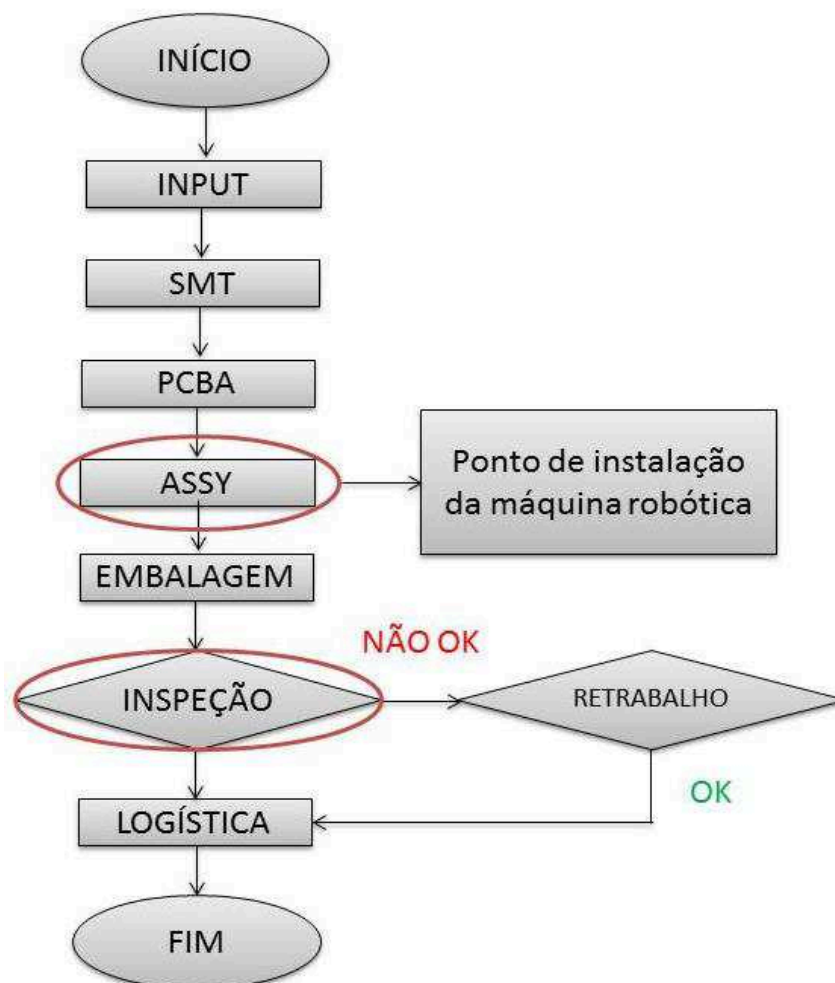


Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a fabricação de celulares que se apresenta nesta pesquisa é usado um processo de produção em massa, o qual é caracterizado por produção com um alto volume de produtos, porém, com pouca variedade. “Esses processos tendem a ser altamente automatizados e a produzir produtos com elevado grau de padronização, sendo qualquer diferenciação pouca, ou nada permitida” (MOREIRA, 2000)

O fluxograma apresentado na Figura 7, mostra como é realizado o processo de produção completo desde a inserção de componentes eletrônicos SMD (*surface mount device*) e o ponto de instalação da máquina robótica até o setor de embalagem onde é realizada a inspeção final e possíveis detecções de retrabalhos.

Figura 7 – Fluxograma de um processo de fabricação de celulares



Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Manual de Treinamento da empresa ALFA.

A Figura 7, representada pelo fluxograma de processo de aparelhos celulares, é traduzida em:

- ✓ INPUT: O primeiro processo para a fabricação de um aparelho celular tem origem em um setor denominado SMT, onde são inseridos todos os componentes em placas lisas, feitas por máquinas devidamente próprias para a formação da placa eletrônica;
- ✓ PCBA: Nesta etapa realiza-se processos posteriores ao setor do SMT, onde são feitos procedimentos secundários na placa eletrônica, como a inspeção dos componentes que foram inseridos anteriormente, o corte da placa na dimensão especificada para a montagem final, inserção de cola para a fixação de alguns componentes que são considerados mais importantes e que necessita-se de mais cuidado na movimentação, é feita a realização de determinados testes para garantir a funcionalidade de alguns componentes e por fim registrar sistemicamente cada placa para garantir o rastreamento de cada aparelho nas próximas etapas até a inspeção final;
- ✓ ASSY: Esta é a etapa mais importante de todo o processo, pois é onde todos os componentes finais são agrupados para a formação do telefone celular e também onde se realiza testes para se certificar a funcionalidade de todas as funções do telefone celular;
- ✓ Embalagem: A etapa de acondicionamento do celular, uma das etapas finais do processo, onde são inseridos acessórios que são parcialmente definidos de acordo com cada aparelho celular, porém de uma forma universal, pode-se inserir o carregador e outros dispositivos agregados, e gerando a sua identificação comercial;
- ✓ Inspeção: Após a embalagem são realizados testes de inspeção funcional e visual com a finalidade de garantir que todos os procedimentos foram cumpridos de acordo com as especificações exigidas por cada aparelho, garantindo a qualidade final. Caso a inspeção e verificação do aparelho apresentem os requisitos da qualidade, é liberado para a próxima etapa, ou se encontrada alguma não conformidade, irá diretamente ao processo de retrabalho;
- ✓ Logística: Conforme a liberação da etapa anterior, os aparelhos celulares que foram agrupados em lotes, onde são armazenados no estoque da empresa, e, por fim, disponíveis para a distribuição de seus pontos de venda.

2.5.1 Variabilidade de processos

O desempenho do processo depende de informações reais a partir dos dados coletados, que podem ser aprendidas sobre a análise do resultado final. O fator importante para esse caminho vem da compreensão do processo em si e de sua variabilidade interna. Casos mais comuns sobre essas variâncias são características como temperaturas, tempos de ciclos, taxas de alimentação, taxas de absenteísmo, rotatividade de pessoas, atrasos, ou números de interrupções, os quais devem ser o alvo central dos esforços da empresa, sendo, em sua maioria, relativos à variabilidade introduzida por atividades dos operadores de mão-de-obra direta.

3 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida neste estudo de caso único foi desenvolvida na empresa fabricante de eletroeletrônicos, aqui denominada de Alfa, mais especificamente na linha de montagem de aparelhos celulares, onde foi aplicado um método com base na metodologia Seis Sigma. Como se trata de uma empresa inserida em um mercado altamente competitivo, tanto em termos de produtos quanto em termos de processos produtivos, são exibidas neste trabalho somente as informações estritamente consideradas como “não-sensíveis”, estando todo o relativo detalhamento, técnico e financeiro, coberto por cláusulas de confidencialidade.

Conforme Yin (2001) o estudo apresenta-se como sendo de caráter quantitativo, pois busca colher dados numéricos e quantificáveis a respeito de melhorias de produtividade e qualidade, ao elencar os aperfeiçoamentos feitos com base em princípios originados no Seis Sigma. Tratando-se também de pesquisa exploratória, para embasar as avaliações das características de layout e de trabalho desenvolvido na linha estudada. Para alcançar o resultado esperado foi necessário realizar um mapeamento minucioso do processo e do fluxo produtivo e as respectivas medições de tempo (cronoanálise).

A metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) foi fundamental para evidenciar as atividades que agregam valor ao processo por meio da elaboração de um fluxograma, a fim de se definir quais os pontos críticos da produção de celulares. Após a visualização e entendimento do funcionamento do processo, se iniciou a etapa de medição do problema e seu impacto nos índices de desempenho da empresa. Outra abordagem realizada no estudo foi determinar as causas que impediam que a linha trabalhasse com menor variabilidade, seja de forma manual ou automatizada, e quais os recursos necessários para que isso se tornasse viável. Na fase de implementação, já com os dados obtidos por meio do processo de avaliação, o objetivo foi aplicar as possíveis estratégias de melhorias, analisando-se a causa-raiz atualmente encontrada no processo. De forma sistemática, foi elaborado um plano de ação que propiciou a diminuição ou a eliminação do impacto da variabilidade na produção, tendo como meta a melhoria contínua.

A parte do processo que antes era realizada por operadores na linha, foi substituída por uma máquina robótica, representada ilustrativamente à Figura 8, que realiza essa atividade de forma programada, definida e projetada com base em medições de tempo para suportar a meta de trabalho proposta. Após a instalação da máquina robótica, foram realizados procedimentos diários de controle para monitorar o processo de forma padronizada, podendo avaliar os resultados de ganhos posteriores, com a intenção da manutenção, por meio de uma mudança organizada no *layout*, diminuindo-se a quantidade de operadores na linha, o tempo ocioso, os retrabalhos e os futuros desperdícios de matéria-prima, o que, a longo prazo, tem por objetivo alcançar as metas propostas.

Figura 8 – Representação ilustrativa da máquina robótica instalada na linha.



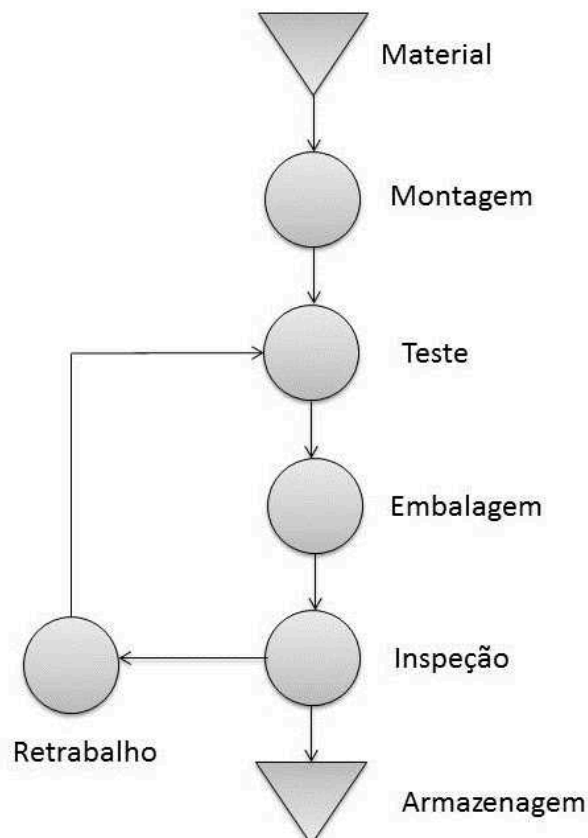
Fonte: Samsung

4 ESTUDO DE CASO ÚNICO

A empresa fabricante de produtos de telecomunicação avaliada no estudo de caso, denominada por ALFA, está localizada no Vale do Paraíba há mais de duas décadas, sendo responsável pela fabricação e distribuição de diversos produtos eletroeletrônicos.

Os produtos fornecidos pela empresa ALFA têm por objetivo “Enriquecer vidas por meio da inovação”. Para que isso ocorra é preciso que a mesma se torne uma empregadora multinacional de primeira classe. Com isso é necessário que se desenvolvam profissionais talentosos que sejam capazes de aprimorar seus conhecimentos e colocar em prática seus propósitos e estratégias, rumo à excelência. A empresa adota, de forma geral, uma sequência de operações em que a maioria dos produtos são fabricados seguindo-se as etapas ilustradas à Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma de processos gerais



Fonte: Elaborada pelos autores, baseados na estrutura organizacional da empresa ALFA.

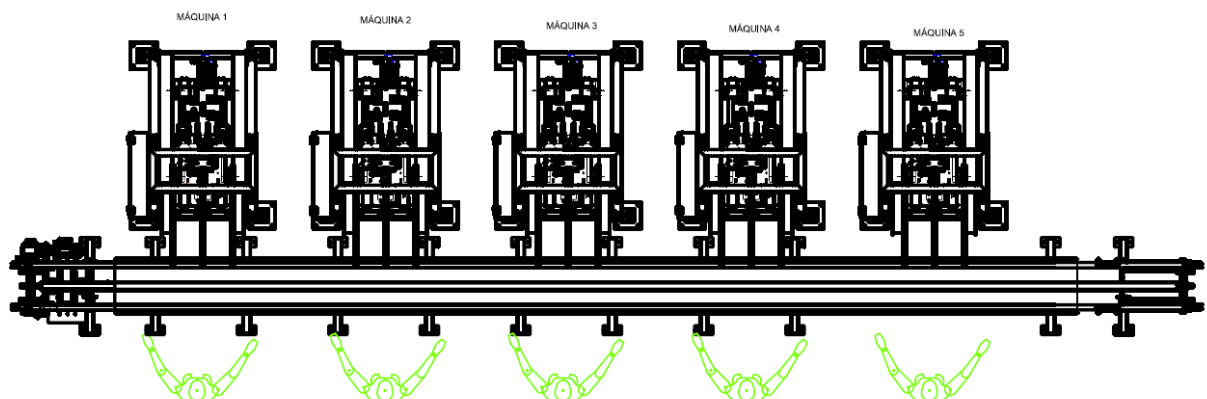
4.1 Área de Estudo

O trabalho em estudo foi realizado em uma das linhas de montagem final dos aparelhos de telefone celular que a empresa possui em sua planta, onde foi encontrado um alto índice de variabilidade no processo, resultando em uma quantidade inaceitável de defeitos e retrabalhos.

Os aparelhos de telefones celulares são os produtos que mais necessitam de testes em relação a outros produtos do ramo eletroeletrônico, pois sempre necessitam de inovação para atender as expectativas cada vez mais exigentes no mercado consumidor. Aqui faz-se necessário comentar que a empresa ALFA tem uma grande diversidade de *setup* por modelos de aparelhos, os quais podem variar de tamanho, sistema operacional, *hardware*, processadores, memória, aplicativos e outros.

A linha padrão, cuja sequência de trabalho segue o ilustrado à Figura 9, anteriormente citada, tem seu arranjo físico esquemático refletindo a sua composição por uma equipe de cinco operadores, os quais realizam suas atividades em cada posto de trabalho, controlando os respectivos comandos das máquinas que são responsáveis pelos testes finais dos aparelhos celulares. A Figura 10 ilustra, esquematicamente, o processo produtivo de uma linha de montagem padrão da empresa ALFA, em estudo.

Figura 10 – *Layout* por produto de uma linha convencional.

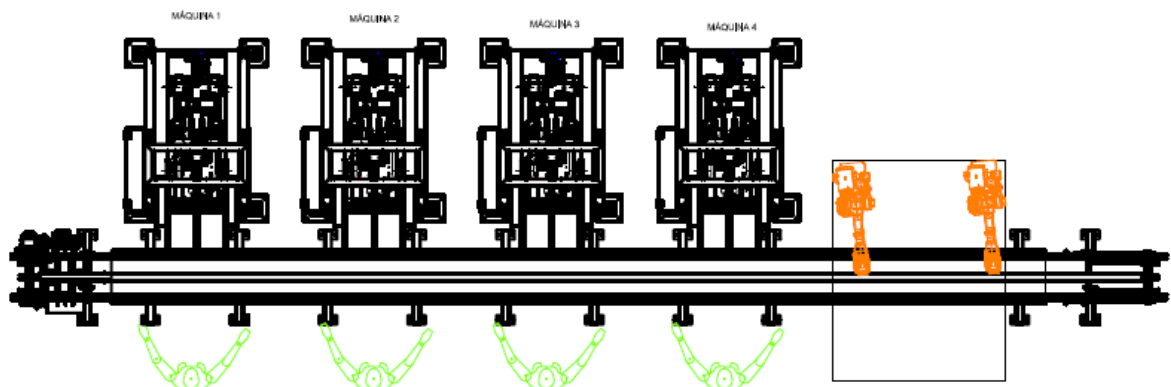


Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a instalação da máquina robótica e as correspondentes modificações realizadas na linha, foi possível obter uma redução na mão-de-obra direta, realocando-se o operador para outra atividade. O trabalho realizado pelo operador no posto foi substituído pela automação do processo, praticamente “zerando” as oportunidades de geração de defeitos causados por variabilidade daquela mão-de-obra e agregando-se, além da maior produtividade, mais qualidade ao produto final.

Com a automatização a partir da máquina robótica, o *layout* da linha foi modificado conforme se mostra à Figura 11.

Figura 11 – *Layout* por produto da linha com a máquina robótica.



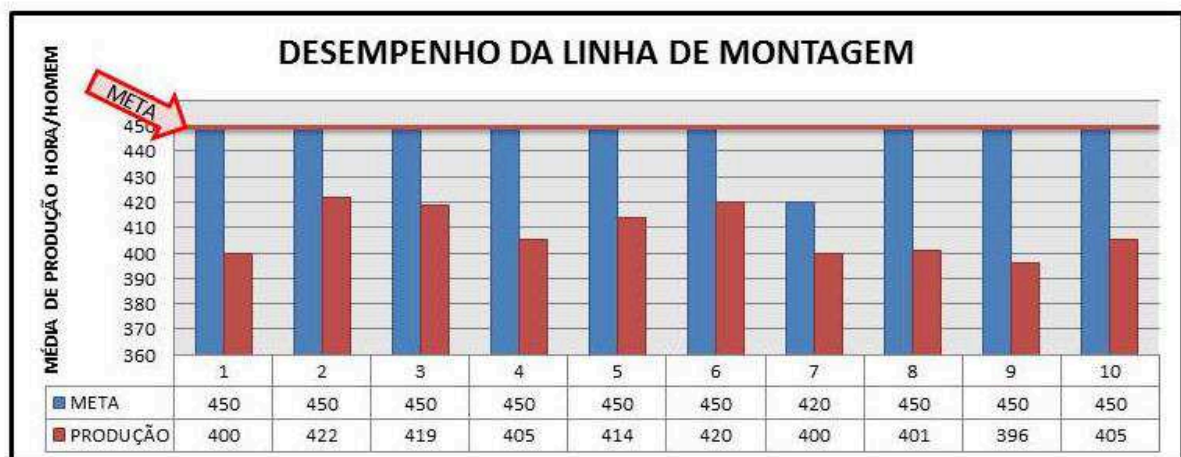
Fonte: Elaborado pelos autores.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em decorrência das análises efetuadas no estudo de caso e das melhorias implementadas, conseguiu-se reduzir a incidência de não-conformidades que ocasionavam retrabalhos e provocavam o aumento do *lead time* da produção.

Foi elaborado o Gráfico 1 para mostrar o desempenho frente às metas e seus respectivos valores por produção em hora-homem, coletados diariamente, em um ciclo de dez dias consecutivos, antes da implantação da máquina robótica como resultado do projeto Seis Sigma de redução e retrabalhos e aumento de produtividade.

Gráfico 1 – Produtividade durante o período de coleta de dados (10 dias).



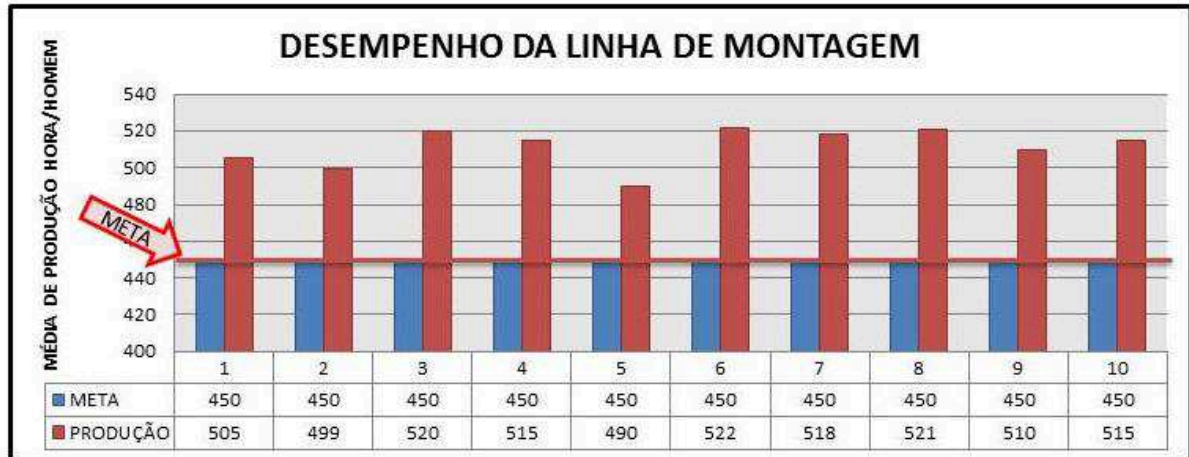
Fonte: Elaborado pelos autores.

Desta forma, a redução de *lead time* proporcionou um aumento significativo de cadência de produção, passando-se de 450 aparelhos por hora para cerca de 520 aparelhos por hora, representando um aumento de produtividade de aproximadamente 15,6%, conforme ilustrado no Gráfico 2, a seguir.

Em termos de custos alocados por operação ou por atividades (ABC – *Activity Based Costs*) também houve o ganho da redução dos custos de efetivo direto (mão de obra), tendo sido remanejado um operador para outras atividades, o que praticamente compensou o acréscimo de custo correspondente à manutenção da máquina robótica, cujo encargo foi assumido pela “contabilidade” da área, que teve a

máquina incorporada ao quadro de bens e ativos sob a sua supervisão e responsabilidade direta.

Gráfico 2 – Produtividade após a implementação da máquina robótica.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Também houve o ganho da redução dos custos de efetivo direto (mão de obra), tendo sido remanejado um operador para outras atividades, o que praticamente compensou o acréscimo de custo correspondente à manutenção da máquina robótica instalada na linha de montagem.

6 CONCLUSÃO

Com o presente trabalho, pode-se concluir que a metodologia Seis Sigma aplicada nesta linha de produção de celulares obteve significativa otimização dos recursos, com a implantação de uma máquina robótica, aumentando a produtividade ao mesmo tempo em que impactou positivamente o índice de redução de falhas, se comparado ao processo padrão anteriormente desempenhado por operadores. Desta forma, foi constatado que, após o estudo da metodologia DMAIC e a automação racional do processo a empresa obteve ganhos efetivos de aumento de produtividade e redução de custos operacionais em relação a mão de obra humana nesta linha, pois o operador foi remanejado a outro setor de operação. Os ganhos impactaram positivamente nos índices de desempenho da empresa, que futuramente essa automação de processo poderá ser replicada em todas as demais linhas de produção da empresa ALFA.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, M.A.C. Competitividade da indústria de bens eletrônicos de consumo. Nota Técnica Setorial. **Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira**. Campinas: Unicamp, 1993.
- CAMPOS, M. S. Em busca do padrão Seis Sigma. **Revista exame**, São Paulo, n. 689, jun. 1999.
- CARVALHO, M.M.; PALADINI, E.P. **Gestão da Qualidade**: teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- FOLARON, J. The Evolution of Six Sigma. **Six Sigma forum magazine**, ASQ, p. 38-44, aug. 2003.
- OLIVEIRA, D. P. R. de. **Sistemas, organizações e métodos**: uma abordagem gerencial. 17. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R.R. **Estratégia Seis Sigma**: Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- RASIS, D., GITLOW, H.S., POPOVICH, E. **Paper Organizers International: A Fictitious Six Sigma Green Belt Case Study I**. Quality Engineering, v.15, n1, pp.127-145, 2002.
- RODRIGUES, M. V. C. **Entendo, aprendendo, desenvolvendo qualidade padrão seis sigma**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2006.
- ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma**: estratégia gerencial para melhoria dos processos, produtos e serviços. São Paulo; Atlas, 2002.
- SANTOS, A. B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma**: proposta e avaliação. Tese (Doutorado). UFSCAR, 2006.
- WATSON, G. H. **Seis sigma na gestão dos negócios**. Banas Qualidade, São Paulo, n.99, p.82, ago. 2000.
- WERKEMA, M. C. C. **Série Seis Sigma – Criando a Cultura Seis Sigma**. Nova Lima/MG: Werkema Editora, 2004.
- YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.