



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

FACULDADE DE CIÊNCIAS E LETRAS DE ARARAQUARA

ANDRÉ PISCHE PINTO

**A APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS NO SETOR
AGRÍCOLA**

Araraquara

2011

ANDRÉ PISCHE PINTO

**A APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS NO SETOR
AGRÍCOLA**

Monografia apresentada à Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho - Campus de Araraquara como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Azevedo Fonseca

Araraquara

2011

**A APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS NO
SETOR AGRÍCOLA**

ANDRÉ PISCHE PINTO

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio Azevedo Fonseca (orientador)
Departamento de Administração Pública UNESP – Araraquara

Prof. Dr. Enéas Gonçalves de Carvalho
Departamento de Economia UNESP – Araraquara

CONCEITO FINAL: _____

Agradeço primeiramente a Deus por me possibilitar o grande aprendizado e conhecimento adquiridos em minha vida.

Agradeço também à minha família por sua dedicação e apoio de que sempre necessitei, fornecendo orientações sempre válidas.

Sou grato também a todos os meus amigos por me proporcionarem os momentos mais realizadores e felizes durante todos esses anos.

Lembro também de todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para que essa monografia fosse concretizada, auxiliando com sugestões, fornecendo referências bibliográficas e suporte técnico.

RESUMO

Esta monografia tem como objetivo analisar a aplicabilidade do método *Lean Seis Sigma* e a metodologia DMAIC para a melhoria de processos focados na área agrícola. Abordam-se as origens de cada sistema em separado, o *Lean Manufacturing*, nas plantas da Toyota no Japão, e o Seis Sigma, pela Motorola nos Estados Unidos, e em seguida é apresentada a fusão das duas, podendo conhecer suas complementaridades e a sinergia existente entre seus ferramentais. Ao final, foi descrito um estudo de caso focado na área de colheita, aplicável a todos os modelos de colheitas manuais, abrangendo a produção de frutas, legumes, verduras e hortaliças. Esse estudo mostra a capacidade de redução de custos, aumento de produtividade e eliminação de defeitos que a metodologia desenvolvida com a fusão do sistema *Lean Manufacturing* com o Seis Sigma permite.

Palavras chaves: Lean Seis Sigma, DMAIC, Produtividade, Colheita.

ABSTRACT

This thesis aims to analyze the applicability of Lean Six Sigma and DMAIC to improve processes focused on agriculture. We discuss the origins of each system separately, Lean Manufacturing, the Toyota plants in Japan, and Six Sigma, by Motorola in the U.S., and then appears to merge them and can meet their complementarities and synergy between their tools. Finally, we describe a case study focused on the harvesting department, applicable to all types of manual crops, covering the production of fruits, vegetables and greens. This study shows the ability to reduce costs, increase productivity and elimination of defects that the methodology developed with the fusion of Lean Manufacturing with Six Sigma allows.

Key words: Lean Six Sigma, DMAIC, Productivity, Harvesting.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1. LEAN THINKING/MANUFACTURING.....	14
1.1. A EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO ARTESANAL À PRODUÇÃO EM MASSA.....	14
1.2. ORIGEM DO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	18
1.3. SEPARAÇÃO DO TRABALHADOR DE MÁQUINA.....	20
1.4. UM NOVO CONCEITO DE VALOR.....	20
1.5. NOVO MODELO CONTÁBIL.....	21
1.6. O CONCEITO DOS 8 DESPERDÍCIOS.....	22
1.7. O CONCEITO DA CASA LEAN.....	25
1.8. ESTABILIZAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	26
1.8.1. <i>O sistema 5S</i>	27
1.8.2. <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	28
1.9. PADRONIZAÇÃO.....	29
1.9.1. <i>Kaizen</i>	30
1.10. JUST-IN-TIME.....	31
1.10.1. <i>Kanban</i>	32
1.10.2. <i>Setups eficientes</i>	33
1.10.3. <i>Caixa de Heijunka</i>	34
1.11. VALUE STREAM MAPPING.....	34
1.12. JIDOKA.....	36
1.12.1. <i>Poka Yoke</i>	37
1.13. ENVOLVIMENTO DOS MEMBROS DA EQUIPE.....	37
2. SEIS SIGMA.....	39
2.1. O SIGNIFICADO DE SEIS SIGMA.....	39
2.2. O SURGIMENTO DA METODOLOGIA.....	41
2.2.1. <i>O Seis Sigma no Brasil</i>	42
2.3. AS BASES DO SISTEMA.....	43
2.4. A EQUIPE SEIS SIGMA.....	45
2.5. A METODOLOGIA DMAIC.....	46
2.5.1. <i>Definir</i>	48
2.5.2. <i>Medir</i>	49
2.5.3. <i>Analisar</i>	50
2.5.4. <i>Melhorar</i>	52
2.5.5. <i>Controlar</i>	53
2.6. A METODOLOGIA DMADV.....	53
2.6.1. <i>Definir</i>	54
2.6.2. <i>Medir</i>	54
2.6.3. <i>Analisar</i>	55
2.6.4. <i>Desenvolver</i>	55
2.6.5. <i>Verificar</i>	56
3. INTEGRAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING COM O SEIS SIGMA.....	57
3.1. COMPARANDO AS METODOLOGIAS.....	57
3.2. LEAN SEIS SIGMA.....	59
3.3. INTEGRAÇÃO DAS FERRAMENTAS LEAN MANUFACTURING E SEIS SIGMA.....	60
4. ESTUDO DE CASO.....	62

4.1. DESCRIÇÃO DA ORGANIZAÇÃO EM ESTUDO	62
4.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO E DEFINIÇÃO PRELIMINAR DO PROBLEMA	62
4.3. DEFININDO O PROBLEMA (DEFINE).....	62
4.4. MEDINDO O PROBLEMA (MEDIR).....	64
4.4.1. Mensuração 1 (<i>Desempenho dos colhedores</i>).....	67
4.4.2. <i>Resultados da Pesquisa Piloto</i>	68
4.4.3. <i>Momento de contratação e demissão dos funcionários</i>	70
4.4.4. <i>Coleta de dados sobre os tempos</i>	70
4.5. ANALISANDO O PROBLEMA (ANALISAR)	71
4.5.1. <i>Experimento de posicionamento de recipientes</i>	72
4.6. ELIMINANDO O PROBLEMA (MELHORAR)	73
4.6.1. <i>Tempo de descarregamento no armazém</i>	73
4.6.2. <i>Volume de recipientes por colhedor</i>	74
4.6.3. <i>Entrega e posicionamento dos recipientes</i>	74
4.7. CONTROLANDO AS MELHORIAS (CONTROLAR)	74
4.8. GANHOS DO PROJETO	75
4.9. APLICAÇÃO DO PROJETO	75
5. CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.7.1. IMAGEM BÁSICA DA PRODUÇÃO LEAN.	25
FIGURA 1.11.1. VSM	35
FIGURA 2.1.1. LOCALIZAÇÃO NA ESCALA SIGMA E DESEMPENHO DO PROCESSO	39
FIGURA 2.2.1.1. RESUMO DA HISTÓRIA DO SEIS SIGMA	43
FIGURA 2.5.1. METODOLOGIA DMAIC	47
FIGURA 3.3.1. COMO O <i>LEAN SEIS SIGMA</i> ATUA PARA A MELHORIA DE PROCESSOS.	61
FIGURA 4.4.1. VSM DO PROCESSO	65
FIGURA 4.4.2. MATRIZ DE CAUSA E EFEITO	66
FIGURA 4.4.2.1. EITOS E POSICIONAMENTOS DOS RECIPIENTES	69
FIGURA 4.5.1. DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	71

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1.1. TABELA DE CONVERSÃO PARA A ESCALA SIGMA	40
TABELA 4.4.4.1. TEMPO DAS ATIVIDADES	70
TABELA 4.5.1.1. DIFERENÇA DE PRODUTIVIDADE ENTRE OS COLHEDORES	72
TABELA 4.5.1.2. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS.....	73

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 2.1.1 – COMPARAÇÃO ENTRE O PADRÃO ATUAL (QUATRO SIGMA) E A PERFORMANCE SEIS SIGMA	40
QUADRO 4.1.1. COMPARAÇÃO DAS METODOLOGIAS SEIS SIGMA E LEAN.	59
QUADRO 4.3.1: SIPOC	63
QUADRO 4.3.2: VOC	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 4.4.1.1: DESEMPEÑO DOS COLHEDORES	67
GRÁFICO 4.4.2.1: DESEMPEÑO DOS GRUPOS INVESTIGADOS.....	68

INTRODUÇÃO

Este trabalho visa abordar a estratégia Lean Seis Sigma, uma estratégia inovadora surgida após a fusão de ferramentas de controle de processo utilizadas no Lean Manufacturing com as metodologias de análise estatística, métodos de melhoria e controle do Seis Sigma. O foco aqui é analisar a aplicabilidade e efetividade dessa metodologia para a prestação de serviços. A priori aborda-se a origem do sistema Lean Manufacturing, apresentando como este foi desenvolvido, além de sua estrutura e ferramental de trabalho. Em seguida o mesmo é feito com o sistema Seis Sigma. Com isso, busca-se entender melhor as diferenças e semelhanças que distanciam ou aproximam os dois sistemas para assim compreender a geração da nova metodologia unificada.

É a partir desse sistema novo que se pretende seguir com estudo nessa monografia. Assim, evidencia-se aqui o momento no qual o mesmo foi trazido ao Brasil, em quais empresas e em que áreas foi aplicado inicialmente. Evidencia-se a forma e o método utilizado para se realizar um projeto Lean Seis Sigma, desde o momento da decisão de qual área ou processo na empresa focar-se-á o mesmo, passando por suas etapas de elaboração, até o momento em que mudanças e medidas de controle são promovidas, garantindo a eliminação e bloqueio de problemas no presente e no futuro. Resultados positivos foram obtidos, o que levou à ampliação e difusão dos métodos desse sistema em empresas com atuação em diversos nichos, tais como a agrícola, agropecuária, alimentícia, automotiva, eletrônica, aeronáutica, prestadoras de serviço, têxtil e até mesmo em instituições financeiras.

Sendo assim, o foco do trabalho é avaliar a aplicabilidade e efetividade de um projeto Lean Seis Sigma na área de prestação de serviços para o setor agrícola.

Em seguida é exposto um estudo de caso aplicado em uma empresa do setor agrícola do Estado de São Paulo visando elucidar a realização de um projeto Lean Seis Sigma na prestação de serviços no setor agrícola, conhecendo todas suas etapas, passando também por um experimento realizado, suas análises estatísticas e por fim elucidar os resultados obtidos e implementação das melhorias.

Esclarecendo um pouco sobre cada sistema de produção. O Lean Manufacturing foi criado pela Toyota no entre - guerras em 1937, com Taichi Ohno. Nesse momento, a indústria japonesa estava impossibilitada de implementar o sistema de produção em massa, pois tinha uma produtividade muito baixa e grande falta de recursos. O sistema de produção em massa exige grandes quantidades de estoque, necessários para produção em larga escala, com redução do custo unitário dos produtos, grande especialização e divisão da produção. Entretanto, com a falta de recursos, a Toyota desenvolveu o sistema de produção enxuta,

através do qual os desperdícios são eliminados, produz-se com maior variedade e em lotes pequenos, além disso, os trabalhadores são multifuncionais e operam mais de um modelo de máquina. Foram desenvolvidos sistemas e métodos de controle de processo e de melhoria contínua, tais como o Kaizen, Kanban, Poka Yoke, 5S, os quais são explicados mais adiante.

Mais tarde, mais precisamente em 1987, foi criada a estratégia Seis Sigma nos Estados Unidos, pela Motorola. Nesse caso, o programa foi criado visando aumentar a qualidade dos produtos da empresa, pois esta passava por uma crise, onde seus produtos perdiam competitividade para os produtos japoneses, com qualidade superior. O programa foca a prevenção de defeitos, logo, a redução do retrabalho dentro das fábricas e a produção de itens fora dos padrões exigidos pelos clientes, os itens não conformes, buscando uma forma mais econômica e eficiente de se produzir, possibilitando fabricar mais com menos recursos. A metodologia trabalha com níveis de Sigma, onde quanto mais alto o sigma do processo menos defeitos por milhão de oportunidades de defeitos ocorrem. Um produto de nível 6 sigma apresenta 3,4 defeitos em um milhão de oportunidades. Uma oportunidade de defeito é qualquer item que compõe um produto que pode apresentar falhas, por exemplo, se um circuito elétrico necessita de 60 pontos de solda em um determinado momento de seu processo produtivo ele apresenta 60 oportunidades de defeito naquela etapa.

Todo projeto deve ser liderado e ser fomentado pelo alto escalão das empresas. Os líderes dos projetos são definidos como *Champions*, *Master Black Belts*, *Black Belts* e *Green Belts*. Mais adiante é explicado com maior profundidade o papel de cada um e o nível de sigmas de um processo.

O Seis Sigma passou a ser difundido pelo mundo após a utilização do sistema por Jack Welch em 1995, quando dirigia a GE (General Eletrics), onde desejava atingir o nível máximo de qualidade em todas as áreas da empresa. A GE, após a utilização desse ferramental passou a obter ganhos financeiros muito representativos, além da melhoria da qualidade de seus produtos (serviços e manufaturados).

Hoje, as grandes corporações têm investido fortemente na aplicação de projetos, ferramentas e treinamento de profissionais que utilizam a união dessas metodologias em busca de melhorias e maior controle produtivo, ganho de qualidade e redução de desperdícios utilizando técnicas de métodos distintos, a fim de atingir o máximo de eficiência possível.

1. LEAN THINKING/MANUFACTURING

O Lean Manufacturing também é conhecido por outros nomes pela comunidade acadêmica, tais como Produção Enxuta, Sistema Toyota de Produção ou STP.

Antes de elucidar sobre o surgimento do Lean Manufacturing é necessário apresentar e compreender o cenário em que se encontrava a produção industrial antes e durante a sua criação no Japão, visando o entendimento e esclarecimento das alterações e melhorias por ele obtidas.

1.1. A Evolução da Produção Artesanal à Produção em Massa

No início do século XX, próximo ao ano de 1900 o sistema produtivo prevalecente no mundo era o Artesanal, onde cada região possuía artesãos especializados em algum tipo de produto. Com base em Dennis (2008), se utilizarmos o exemplo da indústria automobilística, fundamental para o desenvolvimento dos diversos sistemas de produção posteriores ao Artesanal, onde ao desejar comprar um automóvel nesse período, era necessário procurar um artesão da região em que se vivia, o mesmo tomava nota das especificações desejadas do veículo e se encarregava de produzir a encomenda. Alguns meses depois o veículo seria entregue e ajustado conforme o gosto do novo proprietário após testes feitos em alguma estrada. Esse processo envolvia altos custos e produtos altamente personalizados.

Os artesãos individuais simplesmente careciam dos recursos para perseguirem inovações fundamentais: avanços tecnológicos genuínos necessitariam de pesquisa sistemática, e não apenas de tentativas isoladas. (WOMACK, 1992, p. 14).

A Produção Artesanal era vista como arte, como a época áurea da produção automobilista, valorizando a habilidade artesanal e grande atenção ao cliente. Atualmente algumas empresas ainda utilizam métodos parecidos, tais como a Lamborghini, Ferrari e Aston Martin, com produções extremamente reduzidas e processos praticamente manuais, entretanto com um ferramental muito avançado se comparado aos antigos artesãos, uma consequência da evolução tecnológica e da exigência de grande qualidade e perfeição por parte dos clientes.

Segundo Dennis (2008), foi através de um gerente de fundição da Filadélfia chamado Frederick Winslow Taylor que as bases para um sistema de produção em massa foram desenvolvidas. Ele e Henry Ford promoveram grandes esforços na tentativa de superar as ineficiências e problemas da produção artesanal.

Taylor foi o primeiro a utilizar o cientificismo na manufatura, onde buscava as melhores práticas, isto é, a melhor maneira de se realizar um trabalho. Ao fazer isso inventou a engenharia industrial (DENNIS, 2008).

Separando o planejamento da produção, Taylor tinha como princípios a idéia de que a mão de obra não possuía os conhecimentos e instruções fundamentais para realizar o planejamento de seu trabalho. Sendo uma premissa muito questionável nos dias atuais.

Pode-se dizer então que o Taylorismo revolucionou os métodos de produção vigentes até aquele momento, deixando muitas inovações, sendo as mais importantes as que seguem:

- Padronização do Trabalho – eliminando inúmeras e grandes variações na maneira de realizar a atividade, mantendo a melhor prática como padrão;
- Redução do Tempo de Ciclo – diminuindo o tempo total que um processo leva para ser realizado;
- Estudando o Tempo e Movimento – Um método que auxilia a padronização do trabalho;
- PDCA – Plan-do-check-act. Uma ferramenta de melhoria contínua de processos, medindo e analisando os mesmos na busca por corrigir defeitos e ineficiências.

Nesse mesmo período surgiu um jovem empresário americano, chamado Henry Ford. Visionário, desejava inventar um veículo com grande facilidade de fabricação e conserto, superando os obstáculos da indústria artesanal.

Foi aí que Henry Ford descobriu a maneira de superar os problemas inerentes à produção artesanal. As novas técnicas de Ford reduziram drasticamente os custos, aumentando ao mesmo tempo a qualidade do produto. Ford denominou seu sistema inovador de produção em massa. (WOMACK, 1992, p. 14).

Ford desenvolveu então, em 1908, o vigésimo projeto de uma série que teve início com o Model A, levando 5 anos até chegar ao Model T, atingindo, assim, dois de seus objetivos, o de projetar um veículo capaz de ser produzido na manufatura e que fosse capaz de ser consertado ou conduzido por qualquer um. O cerne da produção em massa não foi a linha de montagem. Foi, na verdade, a possibilidade de total intercâmbio de peças e a facilidade de montagem (DENNIS, 2008).

As peças foram padronizadas, além de se reduzir o número de peças móveis nos motores, facilitando a montagem e ajuste. Isso foi possível através da fundição, trabalhando com metais pré-fundidos.

Ford foi capaz de desenvolver projetos inovadores reduzindo o número de peças necessárias e tornando-as ajustáveis umas às outras. Por exemplo, o bloco do motor de quatro cilindros de Ford consistia em uma única e complexa e fundida. Já seus competidores fundiam cada cilindro em separado, aparafusando-os depois para juntá-los. (WOMACK, 1992, p. 15).

O próximo desafio de Ford era coordenar o processo de montagem, onde cada etapa do processo era interdependente a outra. Entretanto, a falta de sincronismo decorrente dos tempos de ciclo das atividades, além das diferenças nas velocidades dos trabalhadores, gerava grandes estoques intermediários na produção, ou seja, muitas peças ou carros ainda não finalizados se acumulavam à espera da etapa seguinte, gerando-se engarrafamentos. Visando solucionar esses problemas, Ford começou a entregar peças para a área de trabalho, assim reduzindo o tempo de caminhada dos trabalhadores da montagem (DENNIS, 2008).

Posteriormente, teve a brilhante idéia de implementar a linha de montagem, baseando-se nos princípios de Taylor. A montagem do veículo deveria ser de maneira seqüencial, onde o veículo era levado até o trabalhador, o que proporcionou maior sincronismo da produção, além de acabar com os engarrafamentos de processos, pois agora a esteira é que ritmava o trabalho do funcionário, obrigando-os a adequar as suas velocidades a ela. O tempo de ciclo médio do montador da Ford havia caído de 514 para 2,3 minutos (WOMACK, 1992).

As maiores contribuições de Ford nesse momento foram:

- Facilidade de montagem das peças com a padronização;
- Redução das atividades necessárias de cada trabalhador;
- Linha de montagem.

De acordo com Zilbovicius (1999), no início da década de 1920 a estratégia de produção de Ford era explorar a economia de escala com a produção em massa do modelo T preto, e para se defender das incertezas de mercado a lógica era manter estoques de produto acabado e de matéria prima.

O trabalhador passou a ser visto como uma máquina, e como tal também poderia ser facilmente substituído, sendo considerado como parte do custo variável da empresa. Baseado em Dennis (2008), aumentou a divergência entre o gerenciamento e os trabalhadores do chão de fábrica. Houve grande divisão do trabalho gerando funções diminutivas, com pouco sentido, tal como “apertador de parafusos de rodas”. Mesmo dobrando o salário dos empregados da montagem, esse novo modelo levou ao aumento nos movimentos sindicais e

instabilidade por mais de uma década até o final de 1930, período em que foram definidos e reconhecidos os papéis do gerente, sindicato e da natureza do trabalho de produção em massa. O princípio da senioridade foi estabelecido, onde os trabalhadores eram demitidos com base na antiguidade que estavam na empresa, ou seja, os mais antigos tinham prioridade em permanecer trabalhando. Esse princípio também determinava as funções de cada empregado, obtendo funções mais leves os que estavam empregados a mais tempo.

Em suma, o trabalhador passou a ser alienado, perdendo o conhecimento sobre o processo produtivo como um todo, ao contrário da Produção Artesanal, além de ter suas habilidades reduzidas. Não se criava o sentimento de parceria dos empregados com a organização. A qualidade também passou a não ser prioridade, havendo grandes quantidades de produtos defeituosos e fora dos padrões, necessitando equipes volumosas de especialistas para conferir os produtos no fim da linha, ou seja, após estarem prontos. O grande número de estoques também era um problema, tanto para os custos quanto para a qualidade. Para os custos, pois havia uma quantidade imensa de veículos e peças produzidos sem ainda ter um comprador. Para a qualidade, pois ao haver um componente com problema, o mesmo era replicado para todo o estoque, sendo assim, quando uma peça estava fora do padrão todo o lote deveria ser retrabalhado ou descartado.

Quanto ao maquinário, passou a ser cada vez maior e específico, em certos momentos era útil para produzir apenas um componente. A produção em massa também levou a engenharia a se ramificar, assim como o trabalho e as máquinas se tornavam específicos, a engenharia seguia pelo mesmo curso, subdividindo-se cada vez mais ao passo que os produtos se tornavam mais complexos. Essa subdivisão levava ao atraso e maior demanda por tempo para que um projeto fosse levado à produção, pois havia menos comunicação entre as áreas e grande número de detalhes a serem ajustados.

Apesar desses problemas, o sistema de produção em massa seguia em frente. Os Estados Unidos dominavam o mundo da manufatura. A produção em massa também se difundiu na Europa, primeiro através da expansão da Ford e da General Motors e, depois através do crescimento de empresas como Fiat, Renault e Citroën.

Essa situação poderia ter continuado indefinidamente, se não fosse a crise do petróleo nos anos 70 e os acontecimentos em Toyoda City. (DENNIS, 2008, p. 24).

1.2. Origem do *Lean Manufacturing*.

Segundo Womack (1992), o surgimento da Produção Enxuta, ou Lean Manufacturing, se deu após uma visita realizada por Eiji Toyoda na primavera de 1950 ao complexo industrial de Rouge, o complexo da Ford em Detroit. Todavia, essa era a segunda vez que um integrante da família Toyoda havia conhecido o complexo industrial, realizada por seu tio, Kiichiro Toyoda, em 1929.

Com base em Ghinato (2000), na década de 1930 a família Toyoda produzia máquinas e equipamentos têxteis com a Toyoda Automatic Loom Works, desenvolvendo teares superiores, tecnicamente falando. E após as visitas ao complexo industrial de Rouge, Kiichiro criou o departamento automobilístico na empresa, até que em 1937 foi criada a Toyota Motor Company.

A companhia pretendia entrar no mercado de carros de passeio, todavia em decorrência do envolvimento do Japão na Segunda Guerra Mundial foram impedidos pelo governo militar, devendo se especializar em caminhões, com métodos muitas vezes artesanais, para suprir as necessidades das forças armadas. Após treze anos de esforço, a Toyota conseguiu produzir apenas 2.685 automóveis. Em contraste, a fábrica Rouge da Ford produzia 7.000 por dia (DENNIS, 2008, página 25).

Eiji Toyoda havia estudado durante três meses todos os cantos do maior e mais eficiente complexo industrial do momento. Junto a Taiichi Ohno, um experiente engenheiro de sua companhia, decidiu que o sistema de produção em massa não era possível de ser aplicado na indústria japonesa, porém concluíram que era possível aperfeiçoá-lo.

Segundo Womack (1992), o Japão sofria algumas dificuldades socioeconômicas que impediam a implementação do sistema de produção de massa no país, tais como:

- O mercado nacional era pequeno, com grande demanda por veículos de diferentes classes, como automóveis de luxo para autoridades governamentais, veículos de pequeno porte que fossem adequados ao volumoso contingente populacional e elevado preço dos combustíveis, além de caminhões de grande porte para transportar mercadorias, caminhões pequenos para pequenos produtores;
- O Japão não dispunha de uma mão de obra que aceitasse as condições humilhantes de trabalho impostas pelo sistema americano. Os sindicatos eram mais fortes e exigiam mais direitos e igualdades no trato dos funcionários, além de pagamentos e bonificações mais justos;

- A economia japonesa estava devastada pela guerra e necessitava de capitais e trocas comerciais, portanto não era capaz de fomentar compras de tecnologias modernas como as ocidentais;
- Já estavam estabelecidos no mundo diversos produtores de automóveis que desejavam entrar no mercado japonês e defender suas economias das exportações desse país, ou seja, a concorrência no mercado automobilístico já era elevada.

Aprofundando um pouco mais em alguns desses problemas, pode-se dizer que com as dificuldades econômicas da guerra e a conseqüente escassez de recursos financeiros, além da queda nas vendas da empresa, o então presidente Kiichiro Toyoda, propôs que fossem demitidos 25% dos funcionários como medida drástica. Porém, com os sindicatos fortalecidos e as leis trabalhistas mais rígidas, após muita negociação, foram estabelecidos alguns acordos, que, segundo Dennis (2008), foi a demissão de um quarto do quadro de funcionários, em troca o restante obteve empregos vitalícios na empresa, salários vinculados à senioridade e um bônus ligado à lucratividade da empresa, isso custou o cargo de presidente que Kiichiro Toyoda ocupava no momento.

Ainda segundo Dennis (2008) o que ocorreu no período foi uma “Barganha Histórica”, onde a Toyota Motor Company permaneceria com seus funcionários por toda sua vida, porém em troca exigiam o comprometimento dos mesmos em melhorar a condição da empresa, passando a ser vistos como parte da comunidade Toyota. Passaram, assim, a integrar o capital fixo da companhia, porém com grande comprometimento com os resultados.

Assim, foi criada a base para um contrato de emprego completamente diferente – baseado na cooperação, na flexibilidade e em benefícios mútuos. A empresa e os trabalhadores haviam se tornado parceiros. A condição mais importante para a produção Lean fora criada. (DENNIS, 2008, p. 27).

Nos anos posteriores à “Barganha Histórica”, o engenheiro Ohno, junto à sua equipe, desenvolveu atividades que objetivavam envolver os membros das equipes em melhorias de forma total. O trabalhador passou a ser seu recurso mais valioso, não devendo Ohno reter as informações como era feito na produção em massa.

1.3. Separação do trabalhador da Máquina

Segundo Shingo (1996), as indústrias modernas têm prosperado por substituírem gradualmente o trabalho feito por homens para ferramentas e maquinário. Todavia as máquinas antigas, suscetíveis a erros ainda necessitavam do constante acompanhamento do operário para garantir que os produtos não estavam sendo produzidos com falhas.

As máquinas hoje manipulam ferramentas que um dia foram operadas pelas mãos dos trabalhadores; a energia do ser humano foi substituída por essa energia elétrica ou gerada por outras fontes. Entretanto, durante essa evolução, a confiabilidade das máquinas manteve-se baixa, exigindo sempre a atenção contínua dos trabalhadores. O julgamento do ser humano fez-se necessário para identificar e corrigir os problemas da máquina. (SHINGO, 1996, p. 92).

Com o tempo os equipamentos foram sendo aperfeiçoados. Hoje as máquinas são capazes de corrigir problemas por si sós. Na Toyota, a separação entre homem e máquina tem sido mais intensa, havendo a busca cada vez maior por explorar o potencial do recurso humano, sendo mais flexíveis e melhor utilizados na linha de produção. Com isso, os custos com capital humano são reduzidos.

Desde o fim dos anos 40, os trabalhadores da Toyota não estão vinculados a uma única máquina, mas são responsáveis por 5 ou mais máquinas, alimentando uma, enquanto as outras trabalham automaticamente. (SHINGO, 1996, p. 92).

Shingo (1996) diz que as máquinas podem ser depreciadas ao passo que o recurso humano não. Assim, no longo prazo uma máquina opera “de graça” enquanto o trabalhador dever ser pago indefinidamente. Uma máquina parada não gera custos, ao contrário do operário.

1.4. Um novo conceito de valor

Um novo sistema de produção era uma necessidade para a Toyota. Nos trinta anos seguintes, Taiichi Ohno resolveu esses problemas um por um, e conseguiu que a Toyota aceitasse seu sistema (DENNIS, 2008). Aos poucos Ohno foi desenvolvendo e aprimorando os valores de seu sistema, assim como os métodos e suas ferramentas, levando a produção a se tornar enxuta e com menos desperdício, buscando eliminar atividades que não agregam valor.

Dentro do *Lean* a base para se buscar o aumento da competitividade foi o conceito de valor, onde ao produzirmos um produto agregamos valor ao mesmo. Mas dentro do *Lean* a definição de valor é dada pelo cliente. Assim o pensamento é produzir segundo a perspectiva do cliente e agregar valor somente no que ele está disposto a pagar (WOMACK, 2004). Dentro de um processo existem inúmeras atividades, mas são consideradas atividades que agregam valor somente aquelas que modificam ou transformam o produto, ou seja, é exatamente o que o cliente pagaria para que fosse feito, sendo as atividades que não agregam valor aquelas que não transformam o produto, assim não são necessárias na visão do cliente.

A produção lean, também conhecida como o Sistema Toyota de Produção, representa fazer mais com menos – menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinaria, menos material – e, ao mesmo tempo, dar aos clientes o que eles querem. (DENNIS, 2008, p. 31).

1.5. Novo modelo contábil

Tradicionalmente a lógica utilizada para realizar a contabilidade, estabelecer preços e a margem de lucro das empresas se dava a partir do custo de produção, somado a uma margem de lucro desejada. Desta forma, era permitido ao fornecedor transferir ao cliente os custos adicionais decorrentes da eventual ineficiência de seus processos de produção (GHINATO, 2000).

Infelizmente, essa corrente de pensamento aceita o *status quo* como dado, o que implica postular que não há necessidade de melhorias (SHINGO, 1996).

A equação tradicional para a determinação do preço era como a que segue:

$$\text{CUSTO} + \text{MARGEM DE LUCRO} = \text{PREÇO}$$

A questão é se o mercado tolerará ou não a lógica proposta pela equação anterior. Se estamos lidando com um produto especializado, não existem outros fabricantes competindo; se a necessidade do produto é grande, o consumidor não terá outra alternativa a não ser aceitar esse cálculo. Mas, no mundo real, tais circunstâncias especiais ocorrem poucas vezes e de formas isoladas. (SHINGO, 1996, p. 43).

Essa equação foi transformada, agora a concorrência está muito mais acirrada e o cliente passou a ser mais exigente, desejando adquirir produtos de qualidade superior a custo baixo, além disso, o consumidor pode desaparecer no momento em que um concorrente aparecer. O preço então é determinado pelo mercado, pelas forças que regem o mercado. Com

isso, o preço é fixo, não podendo ser facilmente alterado pela empresa. Sendo assim, a nova equação passa a ser:

$$\text{PREÇO (FIXO)} - \text{CUSTO} = \text{LUCRO}$$

Baseado em Dennis (2008), nesse tipo de ambiente o único modo de aumentar a taxa de lucro era reduzindo os custos de produção. Todavia alguns aspectos devem ser mantidos ao buscar essa diminuição dos custos:

- Não dizimar os membros da equipe;
- Não cortar em demasia os gastos e os orçamentos com manutenção da empresa;
- Não enfraquecer a empresa no longo prazo.

O melhor modo de atingir esse objetivo de reduzir os custos sustentavelmente seria envolver as equipes de trabalho nas melhorias.

O sistema Toyota ataca *muda* (desperdício) de forma implacável, através do envolvimento de membros de equipe em atividades de melhoria padronizadas e compartilhadas. Um ciclo virtuoso se instala: quanto mais os membros de equipe se envolvem, mais sucesso eles têm. Quanto mais sucesso eles têm, maiores são as recompensas intrínsecas e extrínsecas, o que, por sua vez, estimula maior envolvimento. E assim por diante. (DENNIS, 2008, p. 31).

1.6. O conceito dos 8 desperdícios

Womack (2004) diz que o pensamento enxuto é o “antídoto para o desperdício”, o desperdício refere-se a qualquer atividade humana que não acrescenta valor. O conceito de desperdício deve incluir também, não apenas as atividades humanas, mas quaisquer outros tipos de atividades e recursos usados de forma incorreta, mas que contribuem para o aumento de custos, de tempo e da não satisfação do cliente.

Baseado no conceito de valor, no *Lean* tudo na produção de um produto pode ser dividido em atividades que agregam valor (AV) e as que não agregam valor (NAV). As atividades NAV são então consideradas “*Muda*” que em japonês significa desperdício.

Na linguagem da engenharia industrial consagrada pela Toyota, perdas (MUDA em japonês) são atividades completamente desnecessárias que geram custo, não agregam valor e que, portanto, devem ser imediatamente eliminadas. (GHINATO, 2000, p. 2).

Segundo Dennis (2008), o cliente não está disposto a pagar pelo oposto de valor, ou seja, não está disposto a pagar pelas *Mudas*. Pensando em uma fábrica de arquivos de metal, o cliente deseja pagar pelas placas que são cortadas, dobradas, soldadas e pintadas. Sendo assim, ele não está disposto a pagar por tempo de espera, correção, excesso de estoque ou qualquer outra atividade que não agregue valor ao produto.

Ainda baseado em Dennis (2008), existem oito tipos diferentes de desperdícios, são eles:

1. Movimentação: abrange as movimentações desnecessárias tanto dos componentes humano quanto mecânicos na realização de uma atividade que agrega valor. Por exemplo, ferramentas mal posicionadas, ocasionando excesso de movimentação do funcionário caracterizam desperdícios com movimentos humanos. Quanto a desperdícios de movimentação mecânica, quando uma máquina está posicionada longe da peça a ser trabalhada resulta em deslocamentos desnecessários.
2. Espera: se refere a um funcionário ou máquina que esperam por algum material ou matéria-prima para realizar seu trabalho. A espera aumenta o *lead-time*, isto é, o tempo entre o momento em que o cliente realizou o pedido e o momento em que recebeu sua encomenda.
3. Transporte: desperdício causado pelo *layout* ineficiente do local de trabalho, equipamentos muito grandes ou com a produção de lotes. Representa a movimentação de matéria-prima, ferramentas ou trabalhadores. Esse desperdício se liga intimamente com desperdícios de movimento e espera. O transporte deve ser minimizado com a de layouts mais eficientes.
4. Correção: refere-se ao se reparar um produto com defeito, envolvendo os materiais, tempo e energia despendidos com tal atividade. Automaticamente deixa-se de fazer outro produto e se gastam recursos para o reparo do mesmo.
5. Excesso de Processamento: este é um desperdício sutil, ocorrendo quando se processa algo além do que o cliente requereu e ele não pagará mais por isso. Sendo assim, o custo empregado na produção é maior sem haver necessidade.
6. Estoque: está ligado ao estoque de matéria-prima, produto acabado e material em processamento também chamado de *WIP (Work-in-Process)*. Normalmente esse tipo de desperdício está ligado ao sistema de produção

empurrado, onde a quantidade a ser processada, e logo, a quantidade requerida de matéria prima é estabelecida de forma que a linha de produção não pare. O ideal é estabelecer níveis mínimos de estoque que atendam a produção ao nível demandado pelos clientes.

7. Excesso de produção: produzir um produto sem o mesmo ter sido solicitado pelo cliente, isso ocasiona aumento de estoque de produto acabado, mais energia, combustível, eletricidade, equipamentos para manter os estoques (empilhadeiras, reboques, paletes, estruturas metálicas), maior número de trabalhadores, construção e manutenção de grandes depósitos. Esse tipo de desperdício dá origem a outros *muda*, como o de Movimentação, Espera, Transporte, Correção e Estoque.
8. Não utilização do conhecimento: ocorre quando há falhas na comunicação de uma empresa, ou mesmo dessa empresa com seus clientes ou fornecedores. Os trabalhadores vivenciam o dia-a-dia do trabalho e muitas vezes têm conhecimento de como promover melhorias na sua área, mas pela falta de comunicação essas oportunidades de melhoria são perdidas. A empresa deve estar em constante conexão com seus funcionários, clientes e fornecedores, assim terá maior conhecimento sobre as oportunidades de melhoria.

Outros dois conceitos se relacionam ao conceito de desperdício ou *Muda*, são os conceitos de *Mura* e *Muri*. Trata-se de *Mura* quando há falta de regularidade ou flutuação no trabalho, ou seja, quando não há nivelamento da produção devido a planos de produção oscilantes, por exemplo, quando uma empilhadeira deve transportar cargas distintas, tais como duas caixas com 1000 quilos cada na primeira movimentação e duas com 2000 quilos cada na segunda movimentação. Trata-se de *Muri* quando há uma dificuldade de realizar determinada atividade devido ao mau ajuste de ferramentas, peças ou layouts inadequados ou mesmo projetos ineficientes de ergonomia, por exemplo, quando se sobrecarrega uma empilhadeira com mercadorias devido ao mau dimensionamento das caixas em que essas são dispostas.

1.7. O conceito da casa Lean

Ghinato (2000) diz que as condições concorrenciais presentes no mercado mundial, sobretudo após as crises do petróleo da década de 70, impuseram grandes restrições aos ganhos obtidos a partir da produção em larga escala. Porém, a crise fomentou o surgimento do Sistema Toyota de Produção (TPS – Toyota Production System), isso, pois o país e a empresa necessitaram se atualizar seus métodos produtivos e se adaptar à necessidade econômica e social do país. A necessidade latente por redução nos custos produtivos levou os esforços a serem concentrados na identificação e eliminação das perdas. Assim, essa passou a ser a base na qual todo o TPS, ou melhor, o sistema de gerenciamento da Toyota Motor Company está estruturado.

Segundo Dennis (2008), o foco principal do Lean Manufacturing tem como objetivo principal o foco no cliente, oferecendo a melhor qualidade ao menor custo possível.

É comum apresentar o TPS como um edifício ou uma casa com várias divisões, porém apesar de terem funções muito bem definidas essas divisões e atividades estão ligadas.



FIGURA 1.7.1. Imagem básica da produção Lean.

FONTE: DENNIS (2008)

Para se atingir os objetivos, representados na figura pelo telhado da casa lean, toda a estrutura da casa deve funcionar bem. As bases e os alicerces do TPS, como se pode observar na figura, são a estabilidade e padronização da produção, ou seja, deve-se manter uma capacidade de produção constante com tempos de ciclo previsíveis. Após esses dois a

produção pode aplicar o *Just-in-Time*, que buscará diminuir os desperdícios em estoques e o lead time. Ao mesmo tempo o Jidoka pode ser aplicado, o mesmo visa criar processos livres de defeitos. Para que os conceitos e ferramentas do Lean cheguem aos objetivos mencionados acima, é necessário o envolvimento dos colaboradores, mantendo em toda a estrutura o mesmo “jeito de pensar”. Estes conceitos que fundamentam o *Lean Manufacturing* foram representados por (DENNIS, 2008). Mais adiante os mesmos são explicados com maior profundidade.

1.8. Estabilização da Produção

Ao promover melhorias é fundamental estabilizar a produção. Para Dennis (2008) é impossível melhorar sem estabilizar os 4 M's (*Man/Woman, Machine, Material e Method* correspondendo a Homem/Mulher, Máquina, Material e Método). Os 4 M's devem trabalhar de maneira constante e isso afeta diretamente a produção, caso contrário aumentam-se *buffers* ou acrescentam-se pessoas ou máquinas no processo, obtendo assim, mais tempo para solucionar problemas sem descumprir as obrigações com os clientes.

A fim de promover a estabilização da produção, o *Lean Manufacturing* faz uso de uma ferramenta importante, o sistema 5S, que funciona por meio do gerenciamento visual, dando suporte ao TPM (*Total Productive Maintenance*) e ao *Just-in-Time* (JIT) fornecendo informações facilitadoras para a tomada de decisões.

Com base em Dennis (2008) podemos afirmar que o sistema 5S foi criado para propiciar um ambiente de trabalho visual, um local auto-explicativo, auto-organizativo e auto-melhorável. Nesse ambiente, tudo o que está fora do padrão fica visível facilitando a sua correção pelos funcionários. Esse tipo de gerenciamento possibilita a excelência dos processos.

1.8.1. O sistema 5S

Segundo Hirano (1995) ao contrário do que muitos acreditam o 5S não é só um sistema de limpeza, mas sim um sistema que permite a melhoria, a base para a realização do TPM e do *Just-in-Time*.

No atual ambiente de negócios cada vez mais complexo, o 5S's está relacionado com a saúde e a sobrevivência das empresas. Por exemplo, nas fábricas o 5S deve ser prioritariamente estruturado antes de qualquer desenvolvimento bem sucedido de produção JIT ou Manutenção Produtiva Total (TPM); em escritórios, prioridade antes de qualquer campanha importante de melhoria¹

Hirano (1995) ainda diz que é preciso uma revolução em algumas companhias para que o JIT seja implementado. Para tanto o 5S é a base para a melhoria do local de trabalho.

O sistema representa a utilização dos 5 sentidos, em japonês *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, que significam respectivamente os sentidos de Utilização, Organização, Limpeza, Padronização e Autodisciplina. Uma boa condição 5S é um local de trabalho limpo, bem organizado, que fala com você – essa é a base da melhoria (DENNIS, 2008). O significado de cada sentido é o que segue:

1. *Seiri*: Separar – Refere-se à utilização dos itens. Devem-se eliminar do espaço de trabalho os itens não úteis para as atividades ali realizadas. Segundo Ribeiro (1997) a melhor maneira de aplicar essa etapa do 5S é eliminando todos os itens da área de trabalho e repor somente o necessário. Isso aumenta a eficácia ao implementar o sistema.

Segundo Dennis (2008) nessa etapa ocorre o processo de etiquetagem vermelha, onde etiquetas vermelhas são fixadas em tudo o que deve ser descartado. Essa atividade é feita por todos os envolvidos no processo produtivo, desde operários até gerentes. Esporadicamente ou deve ser repetida ao decorrer do ano.

2. *Seiton*: Classificar – Refere-se ao sentido de utilização. Nessa etapa desenham-se mapas da situação atual e o futuro (desejado) da área a ser melhorada, retratando o movimento das peças, ferramentas e outros itens envolvidos no processo produtivo. Encontrada um *layout* ideal e aceito por todos é feita a

¹ In today's increasingly complex business environment, the 5S's relate to corporate health and survival. For example, in factories the 5S's must be in place prior to any successful development of JIT production or Total Productive Maintenance (TPM); in offices, prior to any major improvement campaigns. (HIRANO, 1995, p. 26).

classificação de todos os objetos de acordo com o grau de utilidade, tamanho e quantidade. Quanto mais alta a classificação mais próximos aos operários os itens devem ser posicionados.

3. Seiso: Limpar (e inspecionar) – Após as etapas S1 e S2 é liberado bastante espaço na área de trabalho, assim o próximo passo é definir o que limpar, além da maneira que essa limpeza será realizada, quem irá fazer o trabalho e estabelecer o padrão de limpeza pra um objeto, isto é a partir de qual ponto determinado item pode ser considerado limpo. Esse item também se refere à inspeção, sendo assim, as equipes devem verificar com frequência a condição de limpeza dos equipamentos e do próprio espaço de trabalho.
4. Seiketsu: Padronizar – É nessa etapa que é feita a padronização dos três sentidos anteriores no ambiente de trabalho e padronizar a própria forma de realizar o trabalho. Também é padronizada a medição da situação 5S no local, ou seja, é fixada a forma de verificar se a cultura 5S está sendo realizada pela equipe.
5. Shitsuke: Manter – Refere-se ao sentido de autodisciplina. Aqui o objetivo é manter a cultura 5S na empresa e na equipe, garantindo seu envolvimento com o sistema. Esse processo de tornar o programa uma cultura estabelecida é feita através de incentivos audiovisuais aos funcionários, promoções e premiações, além da participação dos mesmos em treinamentos periódicos.

Com isso, pode-se afirmar que os três primeiros sentidos são padronizados pelo quarto e perpetuados pelo quinto sentido.

1.8.2. Total Productive Maintenance (TPM)

O 5S leva ao TPM, que do inglês significa Manutenção Produtiva Total. A TPM tem como objetivo o bom funcionamento dos equipamentos evitando paradas na produção. A TPM atribui um trabalho de manutenção básica, tal como inspeção, limpeza, lubrificação, e ajustes, aos membros da equipe de produção (DENNIS, 2008). A meta para a TPM é ter zero interrupções no equipamento ou processo.

O foco principal da TPM é aumentar a disponibilidade do equipamento, assim como a eficiência de desempenho enquanto a máquina está operando, além da eficácia geral do equipamento ou OEE (*Overall Equipment Effectiveness* - que engloba a disponibilidade, o desempenho e a qualidade da máquina).

O TPM considera 6 grandes perdas:

1. Avaria no equipamento;
2. Atrasos em montagens, ajustes e troca de ferramentas;
3. Tempo ocioso e pequenas paradas (ocorre quando a máquina está funcionando porém sem produtos sendo processados);
4. Velocidade Reduzida (ocorre quando a velocidade real do equipamento é menor do que a projetada);
5. Defeitos de processamento;
6. Rendimento reduzido.

Dennis (2008) diz que dados precisos são fundamentais para calcular o OEE das máquinas. Na Toyota o foco é todo em manutenção, havendo registros de operações e paradas muito precisos. Muitas empresas não coletam dados que possibilitam o cálculo do OEE o que reduz o conhecimento sobre a eficácia de suas produções. Os membros da equipe de produção devem ser envolvidos na verificação, no relato e, quando for possível, na correção de falhas ocultas e paradas menores. Ou seja, ocorre a integração entre a operação com a manutenção, utilizando a flexibilidade das habilidades dos trabalhadores.

Com o TPM atinge-se a estabilização da produção evitando paradas, mantendo estável o fluxo de produção. Isso possibilita a execução do JIT, pois ao trabalhar com estoques mínimos o ideal é que não ocorram paradas que interrompam o fluxo de produção.

1.9. Padronização

É o alicerce da Casa Lean, após a estabilização da produção pode-se padronizar as atividades, se tornando uma cultura na empresa.

Dennis (2008) observa que um processo é um conjunto de fatores combinados, no caso as ferramentas de entrada 4M's anteriormente explicados (Man/Woman, Machine, Material, Method) com o que os clientes desejam (produtividade elevada, qualidade, baixo custo, entrega em tempo correto, produzir com segurança e respeito ao meio ambiente, assim como gerar mercadorias que atendam a esses mesmos requisitos, e gerar confiança na empresa).

O método é a mistura de homem/mulher, máquina e material. O trabalho padronizado é uma ferramenta para desenvolver, confirmar e melhorar nosso método (processos). Um método é simplesmente um conjunto de etapas ou ações com uma meta claramente definida. O processo diz ao membro de equipe o que deve fazer, quando fazer e em que ordem. (DENNIS, 2008, p. 67).

Para melhorar a eficiência da produção, a Toyota busca flexibilizar e maximizar a utilização de pessoas, pois com o trabalho humano, pensante, podem-se produzir itens conforme a necessidade, podendo alterar o tipo de mercadoria facilmente. Quanto ao maquinário, a preferência dada é para máquinas pequenas que podem ser ajustadas com maior rapidez e facilidade.

Assim, segundo Dennis (2008) a padronização é focada nas atividades humanas, visando reduzir o seu movimento ao máximo, ou seja, busca-se constantemente a melhor disposição de maquinário, pessoas e ferramentas. Com isso pode-se aumentar a densidade de trabalho:

$$\text{Densidade de trabalho} = \text{Trabalho} \div \text{Movimento}$$

Todavia para que a padronização funcione, é necessário que a linha de produção e toda a cadeia de suprimentos não sofram paradas ou atrasos. Assim, enfatizando a relação entre todas as estruturas da Casa Lean, onde uma depende da outra para o perfeito funcionamento do sistema, podemos dizer que as técnicas *Just-in-Time* (ataca o problema de falta de peças que geram paradas) aliadas ao *Jidoka* (reforça a qualidade produtiva), e de estabilização anteriormente explicitadas (5S e TPM) possibilitam a aplicação da padronização. Mais adiante explicamos com maior profundidade o *Just-in-Time* e o *Jidoka*.

Dennis (2008) diz ainda que a Padronização deve ser alterada constantemente evitando que novas *mudas* ou desperdícios sejam criados. Por isso essa estrutura de padronização pode ser considerada Kaizen. A seguir entendemos melhor o que é Kaizen.

1.9.1. Kaizen

Paniago (2008) diz que o Kaizen produz mudanças pequenas e contínuas enquanto que a inovação surge em grandes movimentos de tempos em tempos. O Kaizen promove melhorias em todas as atividades no chão de fábrica ou outros locais de trabalho para facilitar as operações e o ambiente de trabalho, tornando-o mais simples, claro e limpo. O Kaizen tem as seguintes características:

- Não necessita de técnicas especializadas;
- Kaizen exige esforço de todos;
- Kaizen se adapta melhor às economias de crescimento lento.

De acordo com os conceitos apresentados por Dennis (2008) pode-se dizer que Kaizen é a melhoria, ou a busca por melhoria. Para tanto buscam-se oportunidades de Kaizen em movimentos e deslocamentos; *layouts* das linhas de produção onde o foco é obter maior flexibilidade quanto a alterações na demanda, além de possibilitar ambientes mais seguros e claros, com sistemas visuais que facilitam a transmissão de informação entre as etapas produtivas e entre a gerência e os operários; também nas ferramentas, com a constante tentativa de encontrar ferramentas de utilização mais cômoda e simples, além de serem mais confiáveis evitando quebras.

1.10. Just-in-Time

Baseando-se em Ohno (1997), podemos dizer que a eliminação de desperdícios é a base do Sistema Toyota de Produção e para sustentar esse sistema utilizam-se o *Just-in-Time* e o que ele chama de autonomia, ou automação com estoque de capital humano.

Ele diz que esse processo consiste em entregar as partes requisitadas na quantidade necessária e no momento ideal. Uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar a estoque zero (OHNO, 1997).

Em japonês, as palavras para *Just-in-time* significam “no momento certo”, “oportuno”. Uma melhor tradução para o inglês seria *Just-on-time*, ou seja, em tempo, exatamente no momento estabelecido. *In-time*, em inglês, significa “a tempo”, ou seja, “não exatamente no momento estabelecido, mas um pouco antes, com uma certa folga” (SHINGO, 1996, p.103).

Para chegar ao nível ideal de estoque zero, utilizando o *Just-in-time* em sua plenitude, os processos convencionais não são adequados, pois falham ao gerar componentes defeituosos que necessitam de retrabalhos, deixando de ser entregues ou mesmo atrasando a linha produtiva, além de problemas com equipamentos ineficientes e absenteísmo.

Segundo Dennis (2008) a produção em massa “empurra” a produção independente da demanda real. Um cronograma mestre é elaborado baseado na demanda projetada (DENNIS, 2008).

Ohno (1997) completa:

Na produção automotiva, o material é transformado em componente, o componente é então montado com outros numa unidade, e isto flui na direção da linha de montagem final. O material avança dos processos iniciais para os finais, formando o corpo do carro.

Olhemos agora para este fluxo de produção na ordem inversa: um processo final vai para um processo inicial vai para um processo inicial para pegar apenas o componente exigido, na quantidade necessária e no exato momento necessário. (OHNO, 1997, p. 26-27).

O que Ohno pretende dizer é que a produção deve deixar de ser “empurrada” para se tornar “puxada”, ou seja, produzir conforme a requisição da etapa seguinte.

Para tanto uma ferramenta muito útil viabiliza a execução do sistema, essa ferramenta chamada de Kanban.

1.10.1. Kanban

O sistema Kanban possibilita o funcionamento do sistema puxado da Toyota. Segundo Shingo (1996) o sistema foi inspirado na lógica do supermercado, onde:

- Os consumidores escolhem diretamente o que comprar;
- O trabalho dos empregados reduzido, pois os clientes levam suas compras até o caixa;
- O estabelecimento repõe somente o que foi retirado, não restabelecendo as mercadorias de acordo com estimações;
- Os dois últimos itens permitem baixar os preços, aumentando, assim, as vendas e logo os lucros.

O kanban funciona principalmente como o terceiro item citado, ou seja, repõe somente o que é retirado pela etapa seguinte de cada atividade.

Segundo Dennis (2008) o kanban é uma ferramenta visual que utiliza normalmente o sistema de cartões retangulares de vinil. Cada tipo de kanban (cartão) contém uma autorização para produção ou parada da mesma. O sistema pode utilizar de diversos meios visuais, tais como espaços vazios, faixas pintadas em esteiras que ficam aparentes na falta de um item necessário para a próxima etapa, também podem ser utilizados sinais luminosos ou painéis (eletrônicos ou não), pequenas bandeiras, entre outras formas.

Cabe aqui uma diferenciação entre Kanban e Sistema Kanban. Segundo Shingo (1996) o kanban em si é a etiqueta que pode ser de três características:

1. Etiqueta de Identificação: indica as características do produto;
2. Etiqueta de instrução de tarefa: indica as ações seguintes que devem ser tomadas (O que? Como? Quanto? Em quanto tempo?);

3. Etiqueta de transferência: indica o destino de onde o produto procedeu e o destino seguinte ao qual o mesmo deve ser encaminhado.

Há dois tipos de kanban, o de produção, contendo uma instrução de tarefa e o kanban de movimentação, contendo instruções de identificação e transferência.

O Sistema Kanban é o método em que são aplicados os meios visuais para gerar uma produção com estoques mínimos, uma produção *just-in-time*. É a lógica na utilização das etiquetas, isto é, a utilização pela linha de produção dos kanban contendo ordens de produção ou movimentação, é a interação dos mesmos com o processo produtivo.

O método funciona da seguinte maneira:

1. Ao se retirar um item da etapa anterior, retira-se conjuntamente um kanban de movimentação ou retirada;
2. Em seu lugar insere-se um kanban de produção, indicando que há necessidade de produzir mais um item para preencher a lacuna gerada.

Assim, há uma constante troca de kanbans de movimentação e de retirada.

Porém, Shingo (1996) reforça que tempos de *setup* mais rápidos facilitam esse sistema.

1.10.2. Setups eficientes

Shingo (1996) diz que o problema do Sistema Kanban é que ele exige alterações rápidas nos *setups* das máquinas, isso é, trocas de ferramentas mais eficientes. Esse método de troca de ferramentas é chamado de TRF (Troca Rápida de Ferramentas).

Muitas empresas, como a Ford, produzem peças em massa, em grandes lotes, para evitar as trocas de ferramentas. O sistema Toyota toma o caminho inverso. Em *O Sistema Toyota de Produção*, o Sr. Ohno diz: “nosso *slogan* de produção é tamanhos de lote pequenos e rápidos *setups*”. Ele também afirma que a produção sem estoque (ou estoque zero) é outra característica importante do Sistema Toyota. (SHINGO,1996, p. 126).

Assim, o sistema de TRF visa ajustar mais rapidamente as máquinas para produzir conforme demandas diferentes de produtos. Assim evitam-se desperdícios com as máquinas paradas, além do excesso de produção com lotes imensos, característicos da produção em massa.

O desenvolvimento do conceito TRF levou, ao todo, 19 anos. Ele surgiu como resultado dos meus estudos cada vez mais aprofundados dos aspectos teóricos e práticos da melhoria de setup. Os toques finais foram estimulados pelo pedido da Toyota Motor Company para reduzir o tempo de setup de uma prensa de 1.000 toneladas de quatro horas para noventa minutos (SHINGO, 2000, p. 47).

Assim, quando um kanban contém uma ordem de produção distinta da anterior, com a Troca Rápida de Ferramentas é possível ajustar o maquinário para atender as necessidades sem grandes perdas de tempo, o que implica em custos produtivos menores, além de facilitação para a execução do sistema *Just-in-time*.

1.10.3. Caixa de Heijunka

A caixa de heijunka é, segundo Dennis (2008), uma ferramenta que visualmente informa a quando produzir, a quantidade e o tempo para tal atividade.

O operário insere na caixa os kanbans de retirada de acordo com os pedidos de produção do dia. Consiste em um quadro com espaço para os kanbans serem fixados temporariamente. Assim, é possível obter o controle visual das necessidades de itens em cada setor naquele dia.

1.11. Value Stream Mapping (VSM)

A busca pelo *Just-in-time* depende da compreensão sobre o processo em que visa-se sua viabilização. Para tanto o VSM contribui imensamente.

Do inglês, VSM significa Mapeamento do Fluxo de Valor. Essa é mais uma ferramenta valiosa do Lean utilizada para compreender a situação atual de um processo, podendo assim, segundo Dennis (2008), identificar oportunidades de melhoria, ou, como são conhecidos na linguagem Lean, identificar Kaizen.

Segue, a seguir, um exemplo de um VSM (Value Stream Mapping):

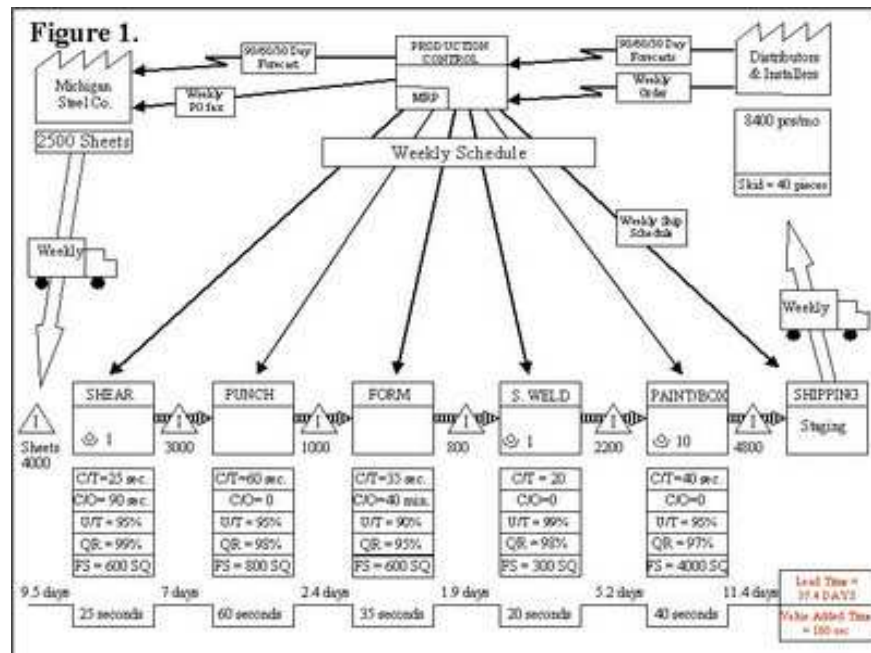


FIGURA 1.11.1. VSM

FONTE: <http://florentfouque.blogspot.com/2008/11/comment-utiliser-la-value-stream-map.html> - Acesso em: 06/04/2011

Um VSM contém símbolos e figuras que visam a facilitar a leitura e visualização do processo além de transmitir informações. Ele tem grande utilidade para identificar o que se chamam de “gargalos” do processo, utilizando os tempos ciclos (que são os tempos necessários para que uma atividade seja realizada e finalizada, possibilitando a realização da etapa posterior do processo), assim, são identificados os pontos com maior necessidade de tempo para serem finalizados.

Observando o VSM apresentado acima, as caixas às quais são ligadas por flechas são as etapas ou áreas envolvidas no processo, as áreas são representadas no topo do mapa e as etapas abaixo. Sob as etapas há pequenas tabelas contendo informações sobre o tempo de ciclo e variáveis que impactam positiva ou negativamente naquela etapa. Entre cada etapa há um fluxo de produtos (representado por setas largas) e um fluxo de informação (representado por flechas). As setas largas podem ser rajadas (significam que o processo é “puxado”) ou lisas (representam que o processo é “empurrado”). As flechas podem ser do tipo reta ou em formato de “raio”, onde a primeira representa um fluxo de informação via material (papeis ou cartões por exemplo) e a segunda faz menção ao fluxo eletrônico de informação (e-mail, telefone, sistemas em rede).

A partir do VSM do estado atual do processo é possível traçar o VSM futuro, ou seja, aquele desejado. Para tanto são implantadas as medidas de alteração no processo julgadas

necessárias, tais como união de etapas e células de trabalho, utilização de kanbans, alteração de *layout*, redimensionamento e reposicionamento da mão-de-obra, entre outros.

Segundo (Dennis, 2008), com essas medidas, pode-se reduzir o *Lead Time* de produção, reduzir estoques de matéria prima, itens intermediários e produtos acabados, aumentar a produtividade da mão-de-obra, além de promover a redistribuição dos trabalhadores gerando mais eficiência nas atividades produtivas.

1.12. Jidoka

O sistema Jidoka visa criar processos livres de defeitos por melhorar constantemente três itens básicos: a capacidade do processo; a contenção dos defeitos de forma rápida e eficiente; e o *feedback* (opinião sobre uma situação ou atividade). Assim, as medidas de melhoria podem ser rapidamente colocadas em prática. Dennis (2008) diz que o termo Jidoka é composto por três palavras japonesas (ji-do-ka), que se referem respectivamente ao trabalhador, ao movimento ou trabalho, e à ação. Assim ele diz que a Toyota visa possibilitar a identificação rápida de erros assim como suas contramedidas por parte das máquinas e trabalhadores inteligentes.

Baseado em Kosaka (2006) sabe-se que Sakichi Toyoda, quem fundou a Toyota, foi o primeiro a produzir um equipamento que atendesse ao conceito de Jidoka. O conceito teve início com a empresa de maquinários têxteis da Toyoda Automatic Loom Works, onde se deparavam com o problema de que os teares ao acabar um carretel de linha gravavam produtos defeituosos, para tanto era necessário manter um operário observando constantemente a fabricação do tecido. O que Sakichi fez foi desenvolver um tear a prova de falhas, o qual paralisa a produção ao detectar o rompimento de uma linha, acendendo sinais luminosos e sonoros.

Através dessa melhoria, Sakichi não precisava mais manter um somente um trabalhador para verificar a saída do processo, e pôde deslocá-lo para supervisionar diversos teares ao mesmo tempo.

Assim, o conceito de Jidoka pode ser entendido como um sistema de redução de defeitos em suas fontes geradoras, ou seja, nas suas causas, bloqueando a recorrência do mesmo, além disso o sistema permite que a linha de produção seja paralisada para que o defeito seja estudado, buscando assim, melhorias que solucionem rapidamente determinado problema.

Dennis (2008) disse que Shingo aprofundou-se no conceito de Jidoka, desenvolvendo uma ferramenta que cria dispositivos que viabilizam a execução do Jidoka, essas ferramentas são os Poka Yoke.

1.12.1. Poka Yoke

Shingo objetivava a inspeção 100%, buscando com isso eliminar os defeitos em uma linha de produção.

Shingo (1996) diz que há dois tipos de dispositivos Poka Yoke, são eles:

- De Controle: paralisa a linha de produção ao ser ativado;
- De Advertência: alerta o operador por meio de avisos sonoros ou luminosos de que uma falha está ocorrendo no processo.

O poka- yoke é um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade. O poka- yoke é uma forma de bloquear as principais interferências na execução da operação. (GHINATO, 2000, p. 11-12).

Dennis (2008) completa, dizendo ainda, que esses dispositivos devem atender a alguns aspectos, que são:

- Ser simples, de longa duração e baixa manutenção.
- Ser confiável;
- Baixo custo;
- Ser projetado para condições de trabalho.

1.13. Envolvimento dos membros da equipe

Por fim, o que move todo o Sistema Toyota de Produção, estando no centro da Casa Lean, é o envolvimento da equipe. Dennis (2008) mostra que as suposições de Taylor sobre os operários não é mais aceita, pois hoje o trabalhador tem muito mais acesso à educação, e que fora do horário de trabalho têm acesso a uma vasta mídia informativa, seja ele por meio da televisão e da internet. Esse trabalhador atual é fundamental, segundo ele, para que a empresa enfrente com segurança as constantes alterações as exigências do mercado muito flexível presente atualmente no mundo.

A meta explícita de todas as atividades de envolvimento é melhorar a produtividade, a qualidade, o custo, o tempo de entrega, a segurança e o ambiente e a moral (PQCDSM – *productivity, quality, cost, delivery time, safety and environment, and morale*). (GHINATO, 2000, p. 124).

Algumas atividades são aplicadas sobre os funcionários para aumentar o envolvimento destes com as atividades da empresa. Dentre essas atividades encontram-se o Circulo de Kaizen (KCA – *kaizen circle activity*), o Treinamento Prático Kaizen (PKT – *practical kaizen training*).

O KCA é o mais conhecidos desses métodos, e ele traz conseqüências positivas para as equipes, gerando o fortalecimento da habilidade de membros de equipe; desenvolver a confiança dos colaboradores; atacar problemas importantes com muita gente contribuindo para a melhoria.

O PKT é uma atividade que envolve treinamento durante a semana dos membros da equipe e do supervisor, visa a melhorar um processo específico.

2. SEIS SIGMA

Compreendemos aqui, a origem e desenvolvimento do Seis Sigma, além de retratar o momento em que foi trazido ao Brasil. Mais ainda, foca-se na metodologia DMAIC, podendo assim, conhecer a metodologia e suas ferramentas. Com isso podemos elucidar a fusão dessa metodologia com a anteriormente apresentada, o *Lean Manufacturing*, e então mostrar o desenvolvimento de um projeto através do estudo de caso.

2.1. O Significado de Seis Sigma

Segundo Werkema (2004) o sistema Seis Sigma é uma estratégia gerencial cujo objetivo é aumentar de forma drástica a lucratividade das empresas através das melhorias da qualidade de produtos e processos além do aumento da satisfação de clientes e consumidores.

Sigma é uma letra grega que significa o desvio padrão, que conceitualmente é o desvio médio dos dados em relação a sua média, se o desvio padrão é alto, há muita variação entre os resultados do processo, se o valor do desvio padrão é baixo, há pouca variação, isto é, maior uniformidade. Aqui, a escala de sigmas de um processo determina o nível de qualidade por ele alcançado, quanto maior o nível maior será a qualidade, o que implica em menor índice de defeitos.

A figura a seguir retrata um processo com nível sigma seis:

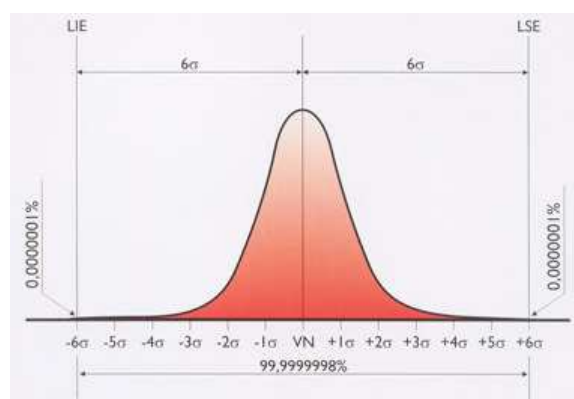


FIGURA 2.1.1. Localização na Escala Sigma e desempenho do processo

FONTE: adaptado de Werkema (2004)

Observa-se que o processo é robusto, onde 99,9999998% do processo está entre o limite inferior de especificação (LIE) e o limite superior de especificação (LSE), ou seja, é o percentual de produtos que atendem aos requisitos dos clientes.

A meta da metodologia é chegar próximo ao chamado zero defeito, no caso 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO - cada milhão de operações realizadas), o que equivale, segundo Werkema (2004), a 99,99966% de conformidade no processo.

A tabela a seguir retrata a relação entre o nível de sigmas do processo, o índice de conformidade de produção e a quantidade de defeitos por milhão de oportunidades:

Nível de Sigma	% de conformidade	DPMO
1,0	30,9%	691.463
2,0	69,1%	308.537
3,0	93,3%	66.807
4,0	99,379%	6.210
5,0	99,9767%	233
6,0	99,99966%	3,4

TABELA 2.1.1. Tabela de conversão para a Escala Sigma

FONTE: adaptado de WERKEMA (2004)

O nível de sigmas de uma atividade é uma métrica para definir o nível de qualidade de da mesma, apontando a quantidade de defeitos por milhão de unidades produzidas.

O quadro a seguir compara um processo considerado comum, ao nível de quatro sigmas, com um de nível Seis Sigma:

Comparação entre o padrão atual (Quatro Sigma) e a performance SEIS SIGMA	
Quatro Sigma (99,38% conforme)	Seis Sigma (99,99966% conforme)
Sete horas de falta de energia por mês	Uma hora de falta de energia elétrica a cada 34 anos
5.000 operações cirúrgicas incorretas por semana	1,7 operações cirúrgicas incorretas por semana
3.000 cartas extraviadas para cada 300.000 cartas postadas.	Uma carta extraviada para cada 300.000 cartas postadas
Quinze minutos de fornecimento de água não potável por dia	Um minuto de fornecimento de água não potável a cada sete meses.

QUADRO 2.1.1. Comparação entre o padrão atual (Quatro Sigma) e a performance SEIS SIGMA

FONTE: adaptado de WERKEMA (2004)

Atualmente há uma crescente exigência quanto à qualidade dos produtos gerados e dos serviços prestados, visando ao máximo à eliminação de desperdícios e redução da variabilidade dos processos. Rotondaro (2008) diz que os ganhos de lucratividade das

empresas se dão quando os investimentos realizados para as melhorias são menores do que os ganhos obtidos.

Há, porém, momentos em que o Seis Sigma pode ser utilizado para reduzir impactos ambientais ou mesmo aumentar a satisfação dos clientes em relação aos produtos e serviços da companhia. Nesses casos a lucratividade é mais difícil de ser medida, contudo, pode-se entender, nos casos acima citados, como um ganho para a empresa o simples fato de não perder os clientes por falta de credibilidade, ou mesmo a não autuação da empresa por danos ambientais, implicando na eliminação de multas por agressões ao meio ambiente.

2.2. O surgimento da metodologia

Segundo Werkema (2004), o Seis Sigma foi desenvolvido na Motorola, empresa norte-americana, em 15 de janeiro de 1987, com a finalidade de tornar a empresa capaz de enfrentar seus concorrentes internacionais, pois os mesmos fabricavam bens de maior qualidade a custos mais baixos.

Pande, Neuman e Cavanagh (2002) fala sobre a situação em que se encontrava a Motorola naquele momento, onde a Motorola assim como outras corporações americanas estava sendo fortemente superadas por concorrentes japonesas. Os principais líderes da Motorola admitiram que a qualidade de seus produtos era péssima (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2002).

A empresa possuía diversos programas de qualidade, porém o Seis Sigma surgiu do Setor de Comunicações, e foi um método simples e consistente de acompanhar o desempenho da produção e compará-lo ao que os clientes exigiam, além de possibilitar o alcance de uma meta ambiciosa de qualidade.

Uma meta inicial no começo dos anos 80 de melhorar dez vezes (notado como 10X e pronunciado como “dez-xis”) ao longo de cinco anos foi sobrepujada por um objetivo de melhorias 10X a cada dois anos – ou 100X a cada quatro anos. (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2002, p. 7).

Werkema (2004) diz que após a implantação do programa, em 1988 a Motorola recebeu o Prêmio Nobel de Qualidade Malcolm Baldrige, responsabilizando o Seis Sigma pelo resultado positivo que a companhia alcançou. Além disso, ao final dos anos 80 e início dos 90 a empresa obteve ganhos na ordem de 2,2 bilhões de dólares.

Com esse sucesso, outras empresas passaram a utilizar a metodologia, tais como a Asea Brown Boveri, AlliedSignal (com o nome de Honeywell após fusão em 1999), Sony.

Segundo Werkema (2004) a AlliedSignal obteve ganhos em torno de 1,2 bilhões de dólares em quatro anos de aplicação do sistema. Esse ganho expressivo começou a despertar o interesse pelo Seis Sigma do então CEO da GE (General Electric), Jack Welch:

A GE investiu desde o início do programa em 1996 até 1998 cerca de 950 milhões de dólares em treinamento de aproximadamente 65 mil funcionários, divididos entre *Master Black Belts*, *Black Belts* e *Green Belts*. Esses investimentos foram recompensados nos anos posteriores com ganhos em torno de 300 milhões de dólares em 1997, 750 milhões em 1998 e 1,5 bilhões em 1999.

Com isso, Jack Welch passou a ser o maior ícone de sucesso com o Seis Sigma no mundo. Ele visava obter o ideal de “zero defeito” na empresa, isto é, buscou elevar ao máximo a qualidade dos bens e serviços produzidos de forma a gerar o mínimo possível de itens não conformes.

2.2.1. O Seis Sigma no Brasil

Cristina Werkema foi a pessoa responsável por trazer ao Brasil a cultura Seis Sigma. Segundo ela em seu livro “Criando a Cultura Seis Sigma” (2004), a empresa pioneira foi o Grupo Brasmotor no ano de 1997, dez anos após o desenvolvimento do sistema nos Estados Unidos. O grupo obteve mais de 20 milhões de reais de retorno em 1999 a partir de seus projetos.

Posteriormente consultorias foram desenvolvidas, possibilitando o suporte do programa nas empresas.

A figura a seguir retrata uma linha do tempo desde o surgimento da metodologia e os ganhos mais representativos obtidos por empresas que fazem seu uso, além de evidenciar o momento em que foi iniciada a aplicação do Seis Sigma no Brasil:

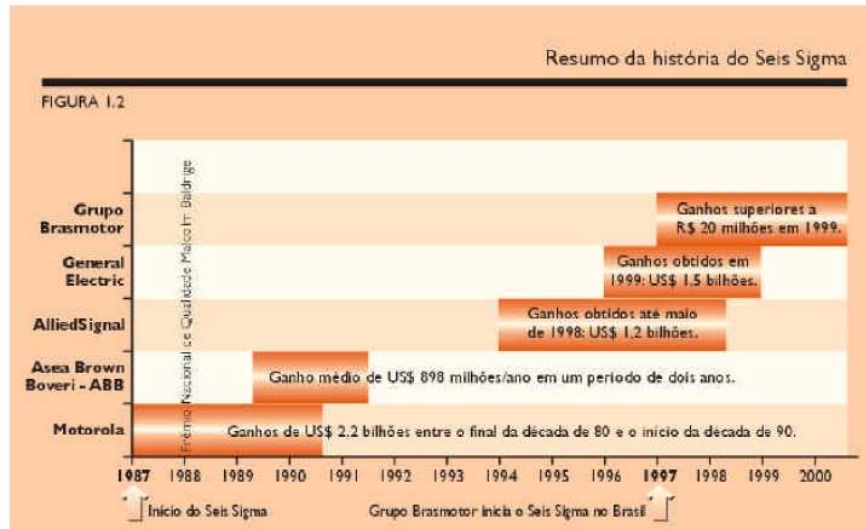


FIGURA 2.2.1.1. Resumo da História do Seis Sigma

FONTE: WERKEMA (2004)

2.3. As bases do sistema

Segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2002), esse novo sistema de gestão da qualidade de processos não é totalmente novo, dado que já existiam inúmeras técnicas de melhoria da qualidade, e Werkema (2004) resume muito bem isso:

O Seis Sigma parece não envolver nada novo: são usadas ferramentas estatísticas conhecidas há anos na busca da eliminação de defeitos em todos os processos da empresa. No entanto, apesar de as ferramentas do Seis Sigma não serem novidade, sua abordagem e a forma de implementação são únicas e muito poderosas, o que explica o sucesso do programa. (WERKEMA, 2004, p. 21).

Assim, conforme dito por Cristina Werkema na passagem acima, a metodologia baseia-se em qualidade, porém com grande aporte de técnicas estatísticas. Mais que isso, os métodos que utiliza para a realização dos projetos é inovador e muito eficaz.

Baseado em Wilson (1999) o Seis Sigma pode atuar de maneiras diversas em uma instituição, tendo como parâmetros:

- O benchmark: busca-se a parametrização de um processo, atividade ou mesmo produtos através da comparação tanto com outros internos àquela empresa como externos. Encontra-se o modelo ideal realizado no presente momento;
- A meta: a meta do sistema é chegar próximo ao um nível de zero defeito, mais precisamente chegar a 3,4 defeitos por milhão de unidades defeituosas;

- A medida: é o que determina o nível de qualidade de um processo, ou seja, quanto maior o número de sigmas de um processo, mais alta é a qualidade do mesmo;
- A filosofia: aqui se busca continuamente a melhoria, isto é, nunca cessa a procurar por melhorar as atividades, buscando defeitos;
- A estatística: dá suporte a todo o sistema e avalia o desempenho da atividade em relação à especificação e requisitos dos clientes;
- A estratégia: atua-se através da inter-relação de todas as etapas produtivas de um bem, assim como as características dos mesmos (confiabilidade, defeitos, qualidade final) e o grau de influência que esses possam ter na aceitação e satisfação do bem, isto é, define-se o que realmente altera a qualidade e a percepção desta pelos clientes sobre os produtos;
- A visão: nesse caso a visão do sistema é a de tornar a organização a melhor no ramo de atuação, levando a qualidade para além do que esperam os clientes.

Werkema (2004) mostra que o sucesso do programa depende da atuação e interação de três fatores chaves:

1. Mensuração dos ganhos do programa através do aumento da lucratividade da empresa;
2. DMAIC: o método em que está estruturado o Seis Sigma;
3. CEO: com do alto escalão da administração das empresas.

Roberto Rotondaro conclui dizendo:

Assim, o Seis Sigma não é um simples esforço para aumentar a qualidade; é um processo para aperfeiçoar os processos empresariais. É um programa de melhoria de todo o negocio, que resultará em fortes impactos nos resultados financeiros da companhia, aumentará a satisfação de seus clientes e ampliará a participação no mercado. (ROTONDARO, 2008, p. 19-20).

Para que um projeto seja bem desenvolvido é preciso ter uma equipe comprometida com a metodologia e que seja capaz de aplicar a mesma com qualidade. A seguir abordamos os membros dessa equipe e a metodologia utilizada.

2.4. A equipe Seis Sigma

O sistema possui uma estrutura *top-down*, isto é, uma estrutura diretamente ligada aos executivos líderes das organizações, os quais dão suporte para a realização dos projetos. Para tanto, toda a rede de pessoas envolvidas no planejamento e execução dos projetos deve ser selecionada e apropriadamente treinada na metodologia.

Pande, Neuman e Cavanagh (2002) enfatizam que um projeto bem sucedido deve começar com o empenho dos líderes corporativos, estes devem disponibilizar recursos, definir corretamente o projeto, além de exigir resultados de seus subordinados. Além disso, cabe ao restante da equipe ouvir o que lhes é solicitado por seus gestores e oferecer sentido de urgência para atender às necessidades.

Não pode haver qualquer dúvida de que líderes determinam o tom e o direcionamento do esforço – significando que suas ações têm o maior impacto geral sobre o curso do processo Seis Sigma. Sem o input dos outros participantes-chave, entretanto nenhum líder pode realizar mudança ou alcançar os resultados que sugerimos que uma iniciativa Seis Sigma pode oferecer. (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2002, p. 117).

As nomenclaturas dos membros das equipes do sistema são baseados nas graduações das artes marciais, o que segundo Rotondaro (2008) apud Mickel Harry et al. (1998) foi feito para enfatizar que o especialista nessa área deve ter as mesmas qualificações que um especialista das artes marciais.

Basicamente os especialistas são divididos em *Sponsors*, *Champions*, *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts*, há companhias que utilizam os *Yellow* e *White Belts*. Seguimos compreendendo um pouco mais sobre cada um e suas atribuições baseando-se em Werkema (2004) e Rotondaro (2008):

- *Sponsors*: o patrocinador. É a alta gestão, sendo responsável por promover e definir as diretrizes para implementação do Seis Sigma, além de verificar os benefícios financeiros alcançados com os projetos;
- *Champion*: o campeão. Normalmente são diretores ou gerentes que têm a responsabilidade de apoiar os projetos e remover obstáculos para a execução dos mesmos em suas áreas.
- *Master Black Belts*: assessoram os *Sponsors* e *Champions*, atuando como mentores do Seis Sigma dentro da organização. Dedicam 100% de seu tempo ao Seis Sigma. Possui habilidades para o ensino e comunicação, podendo treinar e instruir todos os outros membros da equipe Seis Sigma.

- *Black Belts*: lideram e auxiliam as equipes nas execuções dos projetos em todas as áreas da empresa. Recebem treinamento intensivo em técnicas estatísticas e de solução de problemas. Possuem a iniciativa, entusiasmo, capacidade de comunicação e relacionamento, empenho em atingir resultados, concentração, raciocínio analítico e grande conhecimento técnico em sua área de atuação.
- *Green Belts*: utilizam e atuam o Seis Sigma durante parte do tempo dedicado às suas tarefas diárias. Participam das equipes lideradas pelos Black Belts ou lideram equipes em suas áreas de atuação. Possuem características similares ao dos *Black Belts*, porém com menor ênfase nas características comportamentais.
- *Yellow e White Belts*: são profissionais do nível operacional da empresa, com treinamento simplificado sobre os fundamentos do Seis Sigma. Dão suporte aos *Black Belts* e *Green Belts* na implementação dos projetos.

Abordamos agora a metodologia utilizada por esses profissionais para a execução com sucesso dos projetos do sistema Seis Sigma, o DMAIC.

2.5. A metodologia DMAIC

Com base em Cleto e Quinteiro (2011) pode-se dizer que o DMAIC se refere a algum problema de desempenho organizacional que ainda não possui uma solução. Para a sua utilização em um projeto deve haver um conjunto de fatores mensuráveis e estes devem estar relacionados a um conjunto de indicadores que possibilitem a solução dos problemas encontrados.

Por exemplo, em uma empresa de logística em que se define como problema o elevado índice de reclamações por atraso na entrega de determinado produto, ao realizar o projeto o especialista deve possuir bases de dados contendo informações confiáveis sobre os veículos carregados, tais como quantidade carregada, número de veículos, horário, destino, tempo de carregamento, tempo de entrega, itinerário, preço de frete, entre outros. Esses fatores estão ligados a indicadores como tempo de expedição de pedidos, volume de pedidos entregues, tempo de entrega, regiões de maior demanda por serviços, entre outros.

A metodologia não prevê retroalimentações, o que significa que os projetos bem desenvolvidos não devem retroceder a etapas anteriores. Se o resultado financeiro do projeto

não for o esperado ou se o número de defeitos voltar a subir, é porque não houve uma correta priorização das variáveis de entrada (RECHULSKI e CARVALHO, 2004).

A sigla DMAIC é composta por cinco etapas muito bem definidas, *Define, Measure, Analyze, Improve e Control* (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar).

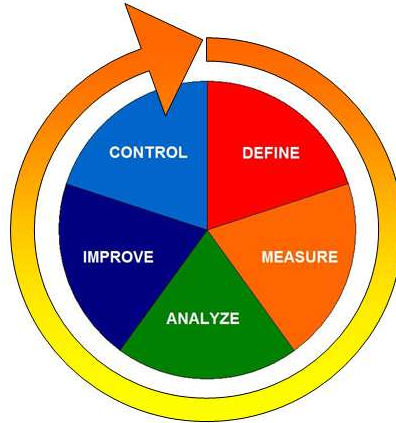


FIGURA 2.5.1. Metodologia DMAIC
FONTE: adaptado de WERKEMA (2004)

Pande, Neuman e Cavanagh (2002) afirmam que essa metodologia oferece vantagens sobre outras, pois:

- Permite recomeçar toda uma estrutura de qualidade que esteja ineficiente em uma empresa;
- Fornece um novo contexto a ferramentas conhecidas, além de oferecer algumas novas;
- Cria uma abordagem consistente, mantendo um modelo padronizado de sistema de qualidade, permitindo um método e vocabulário comuns na instituição;
- Coloca prioridade nos Clientes, atendendo ao que realmente desejam, e em Medição, apresentada como um esforço fundamental e não apenas como uma tarefa;
- Permite que se conserte um processo ou mesmo que este seja reprojetoado.

Segundo WERKEMA (2004), existe também uma extensão do DMAIC para o *Design for Six Sigma* ou *Design* dentro da estrutura do Seis Sigma. Essa é uma metodologia utilizada em casos onde é necessário o desenvolvimento de um novo processo ou novo produto, para

então atender assim o *Design* para o Seis Sigma desenvolveu uma nova metodologia o DMADV.

A partir disso, podemos agora conhecer mais detalhadamente as etapas do DMAIC, e posteriormente abordaremos o DMADV.

2.5.1. Definir

Esta é a primeira etapa da metodologia, e é aqui que a meta e o escopo do projeto devem ser definidos, partindo da Definição Preliminar do Problema definida e transmitida pela alta direção (*sponsor*) aliada ao *Master Black Belt* da instituição.

Werkema (2004) diz que algumas questões devem ser respondidas para então dar continuidade no projeto:

- Qual é o problema ou oportunidade de melhoria a ser abordado no projeto?
- Qual é a meta?
- Quais são os clientes afetados pelo problema levantado?
- Que processo está relacionado ao problema?
- Que impacto econômico o projeto promove?

Nessa etapa utilizam-se três ferramentas muito úteis para se encontrar e definir as respostas para as questões acima. Essas ferramentas são a Carta do Projeto (*Project Charter*), a Voz do Cliente (*Voice of Customer – VOC*), e o SIPOC.

Werkema (2004) afirma que a Carta do Projeto funciona como um contrato firmado entre a equipe do projeto e os gestores da instituição. Esta tem como objetivo apresentar claramente o que é esperado da equipe; manter a equipe informada sobre os objetivos prioritários da empresa; formalizar a transição do projeto desde os *Champions* até a equipe; manter a equipe focada no escopo do projeto. A Carta do Projeto deve conter a descrição do problema, a definição da meta, a avaliação do histórico do problema (baseada nos dados históricos), a apresentação de possíveis restrições e suposições (o que seria inviável ao decorrer do projeto), a definição da logística da equipe (programar as reuniões), a definição do cronograma preliminar do projeto (estabelecer datas de entregas e conclusão da etapa).

Sobre a Voz do Cliente (VOC) tem como objetivo retratar as necessidades e expectativas dos clientes e suas percepções quanto aos produtos da empresa. Essas informações podem ser obtidas por meio do histórico de reclamações, sugestões, comentários

e respostas a pesquisas. Assim definem-se os CTQ's, ou seja, as características críticas para a qualidade (*Critical to Quality*).

O SIPOC facilita a visualização do processo principal envolvido no projeto, o que possibilita encontrar com facilidade o escopo do trabalho. A sigla é formada pelas iniciais de cinco elementos, *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Entradas), *Process* (Processo), *Outputs* (Saídas) e os *Consumers* (Consumidores).

2.5.2. Medir

Cleto e Quinteiro (2011) dizem que uma vez respondidas as perguntas da etapa Definir, a equipe demandará maiores informações, podendo assim, se aprofundar nas análises e medir os processos com maior detalhamento.

Franz e Caten (2003) contribuem afirmando que nesta etapa a metodologia, que é fortemente baseada no uso de métodos estatísticos para compreender o comportamento dos produtos e processos, promove a medição das variações objetivando encontrar as causas dos problemas.

Werkema (2004) apresenta duas questões que devem ser respondidas nesse estágio do projeto:

- Que resultados devem ser medidos para que se obtenham dados úteis para encontrar o problema?
- Quais são os focos prioritários do problema, os quais são indicados pela análise de dados associados a ele.

A partir do momento em que foram elencados os problemas prioritários, as bases de dados são o ponto de partida para medir cada um deles. Muitas vezes há a necessidade de coletar novos dados em decorrência da não confiabilidade nos existentes. Caso haja essa necessidade, deve ser consolidado um Plano de Coleta de Dados, contendo claramente: (i) o que medir, (ii) o tipo de medida (produto ou processo), (iii) tipo de dado (contínuo ou discreto), (iv) definição operacional (atividade realizada no processo em que o dado será coletado), (v) folhas de verificação (onde os dados são compilados), (vi) amostragem (estabelecer o número de amostras coletadas para garantir a eficácia da coleta de dados).

Pande, Neuman e Cavanagh (2002) separam os dados em Contínuos e Discretos, onde os primeiros são aqueles valores que podem ser medidos em uma escala, tais como peso, altura, temperatura, decibéis; os dados discretos são aqueles que representam características

ou atributos, contagens de itens individuais ou escalas artificiais, por exemplo, nível de educação (bacharelado, mestrado, entre outros.), sexo (masculino, feminino), grau de satisfação dos clientes quanto a um produto (varia de 1 a 5).

Cada tipo de dado permite a realização de gráficos distintos, por exemplo:

- Pareto: retratam os valores mais recorrentes;
- Barras: comparam-se diferentes valores;
- Histogramas: criam curvas de distribuição da amostra, se seguem uma distribuição normal ou não. Por exemplo o processo expede mais itens defeituosos entre as 02:00 horas e as 03:00 horas da madrugada (a curva fica elevada nesse intervalo);
- Cartas de Controle: mostram a quantidade de produtos fora dos limites de especificação impostos pelos clientes.

Ao final são geradas informações precisas sobre o processo e seus problemas. Podem-se conhecer os valores reais que refletem a qualidade e eficiência daquela atividade ou produto, por exemplo, o número de produtos entregues com defeitos, o local em este ocorre, o período do mês, os dias da semana, e o horário, além do custo extra decorrente daquele problema.

2.5.3. Analisar

Pande, Neuman e Cavanagh (2002) tratam dessa etapa dizendo que a mesma é imprevisível, onde as ferramentas a serem utilizadas dependerão muito dos supostos problemas e processos. Dizem ainda que nessa etapa as equipes são surpreendidas, encontrando causas raízes não antes imaginadas pela equipe.

Segundo Werkema (2004) é nessa etapa que as causas fundamentais do problema prioritário serão respondidas. Deve-se nessa etapa determinar quais são as causas fundamentais do problema, e faz-se isso principalmente examinando os dados coletados na etapa Measure.

Rotondaro (2008) completa dizendo que para tanto são utilizadas além das ferramentas tradicionais da qualidade, as ferramentas estatísticas que representam a verdadeira força da metodologia.

As principais ferramentas utilizadas nessa etapa são o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* – Análise do Modo e Efeito de Falha), Matriz de Causa e Efeito, Diagrama de

Causa e Efeito (Diagrama de Ishikawa), Testes de Hipóteses, Análise de Regressão, DOE (*Design of Experiments* – Planejamento de Experimentos), Teste de Correlação.

O FMEA facilita o a melhoria, identificando e eliminando preocupações precocemente, antes do desenvolvimento do processo. Gera benefícios como melhora na funcionalidade e robustez dos produtos, redução de custos com garantia, redução de problemas rotineiros de fabricação, além de melhorar a segurança dos produtos. Promove isso especificando o equipamento, produto ou processo a ser revisado. Nele contém o nome e a função do componente, as falhas possíveis e suas causas, o tipo de controle que é realizado, além dos índices desses controles.

A Matriz de Causa e Efeito elenca um número elevado de causas potenciais para um problema. Nela os problemas levantados recebem um peso que varia entre 5 e 10 pontos cada. Além disso, as causas para esses problemas recebem uma pontuação que pode ser 0, 2, 4, 6, 9 ou 10, representando uma correlação ausente, fraca, moderada fraca, moderada forte, correlação forte, correlação muito forte, respectivamente. Todas as causas são cruzadas com todos os problemas, dado que o diagrama é uma matriz. As causas que impactarem mais fortemente nos problemas elencados recebem pontuações maiores. Ao final são elencadas de forma decrescente as causas que somarem mais pontos, ou seja, as que mais interferem no processo como motivo para as falhas. Assim, selecionam-se cerca de 3 a 6 dessas causas para serem abordadas mais profundamente pela metodologia DMAIC.

O Diagrama de Ishikawa também é conhecido como diagrama Espinha de Peixe. Ele é utilizado para retratar tudo o que interfere em um produto ou processo, e assim encontrar possíveis fontes de problemas. Para tanto separa esses fatores como pertencentes a um dos seis M's (Método, Matéria Prima, Mão de Obra, Máquinas, Medição e Meio Ambiente). Tudo o que é importante e constatado como causa possível dos problemas é estudado com mais profundidade através de outras ferramentas.

As técnicas estatísticas de Regressão, Hipóteses e Correlação testam os dados sobre as atividades ou mesmo experimentos. Comprovam, por exemplo, se há relação entre variáveis ou se há alteração nos resultados após alguma mudança nas práticas produtivas.

A ferramenta DOE é utilizada no design de experimentos com base em parâmetros estatísticos que garantam amostras em um número suficiente, com testes que não tendenciem resultados, além de garantir a repetitividade e reprodutividade das atividades em teste, isto é, que sejam repetidas algumas vezes e em condições equivalentes, para assim, os dados serem comparados e analisados.

2.5.4. Melhorar

Baseado em Werkema (2004), podemos afirmar que nesta etapa do DMAIC o primeiro passo a ser dado é a geração de idéias envolvendo soluções para as causas raízes dos problemas detectados na etapa anterior. Pande, Neuman e Cavanagh (2002) acrescentam dizendo que a equipe deve estar empenhada em encontrar soluções, devendo atuar com criatividade, além de analisar cuidadosamente as soluções do início ao fim, além de romper as resistências organizacionais. Para tanto, propõem uma técnica eficaz para a geração de idéias chamada de *Brainstorming*.

Com essa técnica algumas perguntas devem ser formuladas e respondidas:

- Quais as ações possíveis para tratar a causa raiz e solucionar o problema?
- Quais dessas idéias são viáveis, ou seja, com custo menos e execução mais fácil?
- Como a solução escolhida será testada objetivando o alcance da meta e posteriormente sua implantação?

Levantadas as idéias, o próximo passo é selecionar aquelas que serão as soluções potenciais para o problema. Segundo Werkema (2004), faz-se isso através de uma Matriz de Priorização, onde são dispostas todas as soluções possíveis, e pontuando-as de acordo com a escala que segue: 0 (correlação ausente), 1 (correlação fraca), 3 (correlação moderada) ou 5 (correlação forte). As pontuações são utilizadas para valorar índices como: custo, facilidade, rapidez, impacto, baixo potencial para criar novos problemas e contribuição para satisfação do consumidor. As mais pontuadas são escolhidas como melhoria potencial.

O FMEA novamente pode ser utilizado para identificar possíveis riscos dessas alterações nos processos. Outra ferramenta é a Análise de Grupos de Interesse (*Stakeholders Analysis*), onde é nivelado o grau de comprometimento dos envolvidos no processo de implementação das melhorias.

Werkema (2004) diz que o próximo passo é testar as soluções escolhidas, o que pode ser feito com simulações ou testes de mercado. A partir dos resultados, novas melhorias devem ser identificadas, fazendo uso de testes estatísticos como o Teste de Hipóteses anteriormente abordado. Caso os resultados não sejam satisfatórios para se alcançar a meta do projeto, o mesmo deve retornar à etapa Medir do DMAIC para uma análise mais profunda de seus dados, caso contrário devem-se formular novos processos ou produtos utilizando a metodologia *Design for Six Sigma* (DFSS) ou DMADV.

2.5.5. Controlar

Rotondaro (2008) afirma que nessa etapa a equipe deve estabelecer a forma de manter o controle sobre o processo e como transmitir isso ao que chama de “donos do processo”, isto é, aqueles que atuam diretamente naquela atividade. Assim, evita-se que as alterações promovidas percam suas funções devido ao esquecimento ou substituição pelos métodos antigos por parte da equipe.

Qualquer sistema fechado tende da ordem para a desordem e para uma condição de mínima energia, ou seja, se nosso processo não estiver sob controle, tende a ficar mais “bagunçado” no futuro (lembre-se: a variação de entropia no universo é sempre positiva) e, portanto, a capacidade tende a voltar para os níveis do início do processo no dia-a-dia. (ROTONDARO, 2008, p. 294).

Werkema (2004) contribui dizendo que a primeira fase dessa etapa consiste em avaliar o alcance da meta, monitorando os resultados obtidos através das melhorias através de sistemas de medição, histogramas, índices de capacidade, cartas de controle.

Caso o resultado da avaliação do alcance da meta em larga escala seja desfavorável, a equipe deverá retornar à etapa M do DMAIC (WERKEMA, 2004). Assim, poderá ser realizada uma análise mais profunda dos dados ou mesmo o desenvolvimento de um novo projeto ou produto através do DFSS (DMADV).

Caso o resultado da avaliação for favorável, as alterações deverão ser padronizadas. Essa padronização é feita através de dispositivos à prova de erro, como os Poka-Yokes, além da elaboração de manuais de treinamento com linguagem clara e de fácil entendimento.

Feita a padronização devem-se estabelecer sistemas de monitoramento, impedindo que o problema volte a ocorrer. Esse sistema pode ser realizado através de avaliações de Sistemas de Medição e Inspeção, coletas de dados, folhas de verificação, cartas de controle, assim como de auditorias.

2.6. A metodologia DMADV

O DMADV também conhecido como o método DFSS (*Design for Six Sigma*) é utilizado para o desenvolvimento de novos produtos ou processos. O DMADV, assim como no caso do DMAIC é uma sigla oriunda da junção das iniciais das etapas *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyse* (Analisar), *Design* (Desenvolver), *Verify* (Verificar).

Werkema (2004) diz que as etapas do DMADV devem, sempre que possível, serem realizadas simultaneamente, reduzindo o prazo de conclusão do projeto. Aprofundamos agora o estudo em cada uma dessas etapas.

2.6.1. Definir

Nessa etapa é definido claramente o novo produto ou processo baseado nas qualidades e necessidades exigidas pelos clientes.

Os principais resultados esperados nessa etapa são

- A justificativa para o desenvolvimento do projeto através do formulário de descrição do projeto;
- O potencial de mercado para o novo produto por meio de análise histórica dos dados secundários (fontes internas, publicações, governamentais, associações, internet);
- A análise prévia da viabilidade técnica (verificar a existência de patentes, realizar *Brainstorming*, Diagrama de Matriz) e econômica de se praticar o novo processo ou produzir a nova mercadoria (cálculo de *payback* do projeto);
- Deve ser estabelecida a data de previsão da conclusão do projeto.

Caso o novo projeto for viável passa-se à etapa Medir.

2.6.2. Medir

Nessa etapa devem ser estudadas as necessidades dos clientes utilizando a técnica VOC (*Voice of the Customer* – Voz do Cliente). Para tanto, realizam-se pesquisas qualitativas e quantitativas com planos de coletas de dados, questionários, entrevistas, amostragem, além de criar Intervalos de Confiança, Diagrama de Matriz, análises de Histogramas e outras ferramentas que possibilitem identificar o que é crítico para a qualidade do ponto de vista dos clientes.

Também são analisados os concorrentes através do levantamento de dados secundários, e da realização de *Benchmark*, ou seja, identificam-se os produtos e ou processos de referência no mercado. Com essas duas atividades (as necessidades dos clientes e a análise da concorrência), pode-se analisar detalhadamente o mercado para o processo ou produto que se pretende lançar.

2.6.3. Analisar

Deve-se aqui selecionar o melhor conceito dentre as alternativas desenvolvidas e gerar a Carta de Planejamento ou Desenvolvimento (*Design Charter*) do projeto.

Esse processo se dá através da seleção das melhores funções e conceitos do produto através de ferramentas como o *Benchmarking*, *Brainstorming*, Diagrama de Matriz, Testes de Hipóteses, Intervalos de Confiança, Simulações, entre outros.

São realizados testes de conceitos com pesquisas qualitativas e quantitativas.

Também se promove a análise da viabilidade econômica levantada na etapa Definir, com estimativas de vendas, de custos e lucros, projeções de fluxo de caixa, período estimado de *payback* (quando o produto ou processo gera retornos que ultrapassam os investimentos realizados em sua implantação), além de análises de riscos.

Em seguida planejam-se as duas etapas seguintes, a Desenvolver e Verificar, com planos detalhados contendo o cronograma das atividades e recursos necessários, além de estabelecer o Plano de Produção preliminar e o Plano de Marketing preliminar.

Por fim, são resumidas as etapas realizadas até esse momento na Carta de Planejamento ou Desenvolvimento (*Design Charter*), contendo a definição e justificativa do projeto, além do planejamento das etapas seguintes.

2.6.4. Desenvolver

Nessa etapa Werkema (2004) diz que se deve desenvolver o projeto detalhado, realizar os testes necessários e preparar a estrutura para a produção em pequena ou larga escala.

Para tanto, a primeira fase dessa etapa é desenvolver o projeto com detalhes do produto ou processo, construindo protótipos. Em seguida, esses protótipos devem ser submetidos a testes funcionais sob condições de laboratório e de campo, podendo então avaliar a capacidade de atendimento das necessidades dos clientes por parte dessas inovações. Isso feito o próximo passo é realizar novos testes, porém agora com clientes e consumidores, fazendo uso do *feedback* por eles fornecido para que sejam realizadas melhorias nas inovações.

A fase seguinte é projetar a produção em pequena e também em média escala e promover um projeto Seis Sigma baseado na metodologia DMAIC sobre o processo produtivo, visando aprimorar a capacidade e qualidade do mesmo.

Por fim, atualizam-se o Plano de Marketing e a Análise Financeira do projeto, preparando os novos produtos para serem lançados no mercado. Também é realizado o

planejamento detalhado da etapa seguinte da metodologia (Verificar), estabelecendo o cronograma e recursos a serem utilizados.

2.6.5. Verificar

A etapa concluinte da metodologia DMADV deve testar e validar a viabilidade do projeto, e, com isso, lançar o novo produto no mercado.

Assim, o primeiro passo é iniciar a produção em pequena escala da inovação, esse processo é chamado de Produção Piloto. Em seguida, são realizados testes de campo do novo produto, com ferramentas de pesquisa quantitativa e qualitativa.

Feito isso, passa-se a realizar testes de mercado, também com ferramentas quantitativas e qualitativas, além de testes de hipóteses, intervalos de confiança, análise de regressão, entre outras técnicas.

Concluindo a etapa, a análise financeira do projeto é atualizada, com estimativas de vendas, de custos e lucros, fluxos de caixa projetados, período de *payback*, análises de risco e impactos sobre outros produtos da empresa.

Por fim, inicia-se a produção em larga escala e transfere-se o processo produtivo aos profissionais que atuam na área do mesmo. Esse passo equivale ao Controlar do DMAIC.

Feito isso, o produto é lançado no mercado e todo o desenvolvimento e conhecimento agregado no processo é sumarizado e são feitas recomendações para trabalhos futuros.

Resta agora compreender a união do sistema *Lean Manufacturing* com o Seis Sigma para em seguida compreendermos sua aplicação na prestação de serviços na área agrícola através do estudo de caso.

3. INTEGRAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING COM O SEIS SIGMA

A seguir, abordamos a união das duas metodologias de melhoria abordadas anteriormente, destacando algumas das ferramentas do sistema *Lean* que foram incorporados ao Seis Sigma gerando a estratégia Lean Seis Sigma.

3.1. Comparando as Metodologias

Existem semelhanças e diferenças entre os métodos *Lean Manufacturing* e Seis Sigma, sendo importante retratar as mesmas. Com isso, é possível compreender mais profundamente a alta capacidade para solucionar defeitos e aperfeiçoar a qualidade que o método oriundo da fusão das mesmas proporciona.

É possível afirmar, com base em Melo e Sacomano (2004), que os dois métodos ajustam a produção e os produtos de forma a manter o foco nos clientes, atendendo a seus requisitos.

Spina (2007) aborda o tema dizendo que ambas as metodologias tem por objetivo melhorar a qualidade e produtividade, e, com isso, reduzir custos. Porém atuam de formas distintas.

Enquanto o principal objetivo Lean é reduzir o tempo e o custo dos processos através da eliminação dos desperdícios, Seis Sigma visa melhorar qualidade e custos, reduzindo a variabilidade dos processos. (SPINA, 2007, p. 33).

Melo, Toledo e Pereira (2009) contribuem acrescentando que o Seis Sigma não lida diretamente com velocidade dos processos produtivos, apenas com o chamado *Lead Time*, isto é, o tempo que um pedido leva para ser produzido e entregue ao cliente. Ele não fornece soluções padrões, todavia oferece análises estatísticas e uma visão geral do processo. Em relação ao *Lean Manufacturing*, dizem que essa promove uma análise total do sistema de produção, porém é deficitária a detalhes, estruturas organizacionais, além não possuir um ferramental analítico do processo forte.

A integração entre o Lean Manufacturing e o Six Sigma é natural: a empresa pode e deve usufruir dos pontos fortes de ambas as estratégias. O Lean Manufacturing não conta um método estruturado e profundo de solução de problemas e com ferramentas estatísticas para lidar com a variabilidade, aspecto que pode ser completado pelo Six Sigma. Já o Six Sigma não enfatiza a melhoria da velocidade dos processos e a redução do lead time, aspectos que constituem o núcleo do Lean Manufacturing. (WERKEMA, 2006, p. 22).

Spina (2007) apud George (2004) contribuem dizendo que a estratégia *Lean* necessita da abordagem Seis Sigma para:

- O esclarecimento da cultura da instituição em que está sendo inserido, facilitando sua aplicação;
- Enfatizar o uso das necessidades críticas para a qualidade e para o cliente, estabelecendo os chamados CTQ's (*Critical to Quality*);
- Determinar o momento de focar as ações para a eliminação das variações dos processos.

O Seis Sigma, por outro lado, necessita das técnicas *Lean* para:

- Identificar e eliminar desperdícios;
- Melhorar a velocidade do processo, aprimorando e reduzindo os tempos de ciclo;
- Eliminar passos, etapas e atividades que não agregam valor ao processo e logo ao produto.

Melo e Sacomano (2004) retratam, ainda, uma diferença importante entre os métodos de mensuração dos ganhos, onde o Seis Sigma faz uso de números absolutos, por exemplo: Os ganhos da GE foram na ordem de US\$ 1,5 bilhões; O *Lean* por outro lado utiliza valores relativos, exemplo: Os automóveis apresentam uma redução no número de defeitos em 30%.

Os autores contribuem ainda diferenciando a maneira em que o capital humano é utilizado em cada sistema de melhoria, onde no Seis Sigma os maiores envolvidos no desenvolvimento dos projetos são os integrantes das equipes, em decorrência da necessidade de grande preparo técnico para realizar análises estatísticas avançadas, além de capacidade para liderar equipes, implicando assim em equipes mais enxutas e profissionais treinados e com grande habilidade técnica. Por outro lado, o *Lean* necessita da participação de todos os envolvidos no processo, os quais são estabelecidos como o fator de sucesso do programa. Os funcionários são treinados e capacitados ao passo que a metodologia vai sendo empregada, exigindo uma capacidade analítica menor dos envolvidos.

Spina (2007) apresenta um quadro adaptado de Nave (2002), onde se buscam elencar as principais diferenças conceituais e estruturais das duas metodologias, facilitando assim sua visualização. Esse quadro contribui também para identificar quais são as potencialidades para a utilização das duas metodologias em conjunto.

Metodologia	Seis Sigma	Lean
Teoria	Reduzir variação	Eliminar desperdícios
Diretrizes de Aplicação	1. Definir 2. Medir 3. Analisar 4. Melhorar 5. Controlar	1. Identificar valor 2. Identificar cadeia de valor 3. Fluir 4. Puxar 5. Aperfeiçoar
Foco	Foco no problema	Foco no fluxo
Pressupostos	Há um problema. Gráfico e números são valorizados. Os resultados do sistema são melhorados se a variação em todos os processos for reduzida.	A eliminação do desperdício aumentará o desempenho do negócio. Várias pequenas melhorias são melhores do que grandes rupturas.
Efeito Principal	Resultado uniforme do processo.	Tempo de fluxo reduzido.
Efeitos Secundários	Menos variações. Resultados uniformes. Menos estoques. Novo sistema de contabilidade. Avaliação de desempenho pelos gerentes. Qualidade melhorada.	Menos desperdícios. Melhoria da saída do processo. Menos estoques. Avaliação de desempenho pelos gerentes. Qualidade melhorada.
Críticas	A interação do sistema não é considerada. Os processos são aperfeiçoados independentemente.	A análise estatística ou de sistema não é valorizada.

QUADRO 4.1.1. Comparação das Metodologias Seis Sigma e Lean.

FONTE: SPINA (2007).

A partir disso, sabe-se que ambas objetivam a melhoria contínua, sendo fundamental, portanto, a integração de seus pontos mais fortes.

3.2. Lean Seis Sigma

A união das duas metodologias, o *Lean Manufacturing* e o Seis Sigma, leva ao sistema Lean Seis Sigma, que utiliza as melhores características e ferramentas de cada sistema, isolando suas principais fraquezas, e com isso, se tornando complementares, podendo então oferecer melhores resultados do que os obtidos por ambas as metodologias em separado.

Werkema (2006) afirma que a união dos dois sistemas gerou uma estratégia poderosa e abrangente, onde cada uma das filosofias é adequada para a solução de todos os tipos de problemas relacionados à melhoria de processos.

Segundo Spina (2007) apud George (2004) essa fusão dos sistemas oferece 5 leis que servem de base para a melhoria contínua:

- Lei do Mercado: busca-se a priorização do que é crítico para a qualidade e para o cliente, sendo a prioridade mais alta para a melhoria;
- Lei da Flexibilidade: visa a tornar o processo flexível, onde a melhoria da flexibilidade leva a um aperfeiçoamento da velocidade.

- Lei do Foco: focar as análises e ações em pontos que correspondem às causas principais dos problemas.
- Lei da Velocidade: visa aumentar a velocidade do processo reduzindo a quantidade de trabalho (WIP – *Work in Process*).
- Lei da Complexidade e Custo: objetiva reduzir a complexidade do processo, pois geralmente processos muito complexos adicionam mais custos do que má qualidade ao processo.

Sokovic e Pavelic (2008) dizem que o Lean Seis Sigma é uma metodologia que proporciona melhorias rápidas e ações pontuais aliadas ao aumento da qualidade através da eliminação de defeitos. Ele proporciona assim, um efeito sinérgico entre os sistemas, alcançando os objetivos organizacionais rapidamente.

3.3. Integração das ferramentas Lean Manufacturing e Seis Sigma

Abordamos mais detalhadamente cada metodologia e suas respectivas ferramentas nos capítulos anteriores, portanto cabe agora expor aquelas utilizadas no novo sistema de melhoria contínua.

Existem diversas ferramentas disponibilizadas pelas metodologias *Lean* e Seis Sigma que são empregadas no Lean Seis Sigma, sendo aplicadas conforme as demandas de cada projeto.

Baseando-se em Werkema (2006) e Soma (2007) elucidamos algumas das principais ferramentas. Dentre elas estão: o VSM (*Value Stream Mapping* – Mapeamento do Fluxo de Valor), Métricas *Lean*, Kaizen, Kanban, 5S, SMED (*Single Minute Exchanged of Die* - Redução de *Setup*), Gestão Visual, *Poka-Yoke*, Padronização, o TPM (*Total Productive Maintenance* – Manutenção Preventiva Total), Brainstorming, Matriz de Causa e Efeito, Gráficos de Controle, Nível Sigma ou Índice de Capacidade Sigma, Gráficos de Controle, Histograma, DOE (*Design of Experiments*), Gráfico de Pareto e Diagrama de Causa e Efeito.

Baseando-se no exposto até o momento é possível afirmar que essas ferramentas *Lean* facilitam a atuação do Seis Sigma, podendo conhecer o processo como um todo e identificar várias etapas que não agregam valor, aperfeiçoam os tempos de ciclo e do processo como um todo, facilitam a visualização dos problemas, padronizam as melhorias propostas. Aliadas a isso as ferramentas do Seis Sigma aumentam a qualidade desses processos que agregam valor e reduzem suas variações, tornando-os capazes de atender aos requisitos dos clientes.

A figura apresentada a seguir retrata essa relação entre o foco dos dois sistemas e sua sinergia para a melhoria dos processos.

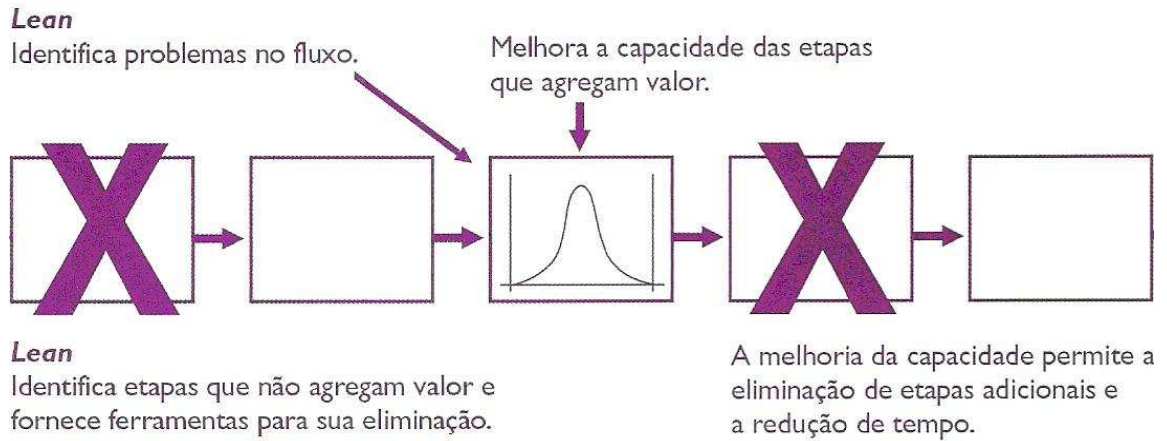


FIGURA 3.3.1. Como o *Lean* Seis Sigma atua para a melhoria de processos.

FONTE: WERKEMA (2006)

4. ESTUDO DE CASO

Evidencia-se aqui a aplicação da metodologia Lean Seis Sigma focada na aplicação do método DMAIC para a prestação de serviços agrícolas, fazendo uso de grande parte do ferramental discutido na seção anterior.

4.1. Descrição da Organização em Estudo

O estudo de caso foi realizado em fazendas de médio e grande porte pertencentes a uma empresa do estado de São Paulo, atuante em diversas regiões brasileiras.

O projeto foi direcionado para a atividade de colheita, cuja área emprega cerca de dois mil funcionários durante a safra.

4.2. Descrição do Projeto e Definição Preliminar do Problema

Foi utilizada a metodologia DMAIC do *Lean Seis Sigma* anteriormente detalhada, ou seja, buscou-se o aperfeiçoamento do processo.

O escopo do projeto foi definido por um diretor e um gerente pertencentes ao Comitê de Excelência Operacional, o *Champion* da área, amparados pelo auxílio do *Master Black Belt* da companhia. A partir disso, o problema preliminar foi o “Elevado Custo de Colheita”.

4.3. Definindo o Problema (Define)

Nesse ponto buscou-se compreender o funcionamento do processo, definir quem são os clientes da área e o que é crítico para a qualidade, ou seja, os CTQ's.

Assim, a primeira ferramenta utilizada foi o SIPOC, retratando os fornecedores, entrada, processo, saídas e os clientes de cada saída da atividade. No SIPOC algumas terminologias devem ser detalhadas para a melhor compreensão do processo retratado. Chamamos de “Responsável 1” a pessoa encarregada de liderar todo o processo de colheita, repassando suas ações e metas aos seus funcionários, os “Responsáveis 2” que atuam em regiões menores e mais específicas, no caso uma ou algumas fazendas. O que chamamos de “Líder C” é o chefe de cada equipe de colheita, responsável por coordenar os trabalhos de seus funcionários, os “Colhedores”.

A área técnica analisa os produtos que serão colhidos, avaliando o melhor momento para a atividade ser realizada, demonstrando as suas características no presente e no futuro por meio de análises laboratoriais.

O fluxo de atividades segue do número 1 em direção ao número 7.

	Fornecedores	Entrada	Processo	Saída	Cliente	
1	Área técnica e Responsável 1	Necessidade do produto (volume e características técnicas) e eventuais problemas que atrapalhem a produtividade	Planejamento e delineamento de ações	Projeção de Colheita (quando, onde e quanto colher?)	Responsável 1	2
2	Responsável 1	Projeção de Colheita (quando, onde e quanto colher?)	Reunião semanal com Responsáveis 2	Projeção de Colheita para a semana	Fazenda	3
3	Fazenda	Projeção de Colheita para a semana	Análise da projeção semanal	Equipes que realizarão o trabalho, armazém de estocagem na fazenda e posicionamento dos equipamentos.	Líder C; Responsáveis 2	4
4	Líder C	Equipes que realizarão o trabalho, armazém de estocagem na fazenda e posicionamento dos equipamentos.	Análise da definição	Posicionamento dos colhedores	Colhedor	5
4	Líder C	Equipes que realizarão o trabalho, armazém de estocagem na fazenda e posicionamento dos equipamentos.	Colheita	Estocagem inicial - recipientes de armazenagem inicial ficam cheios	Caminhões para logística	6
4	Líder C	Equipes que realizarão o trabalho, armazém de estocagem na fazenda e posicionamento dos equipamentos.	Carregamento	Caminhões carregados e recipientes para armazenagem inicial são devolvidos no campo	Líder C	4'
6	Caminhões para logística	Caminhões carregados	Transferência para armazém de estocagem	Caminhões descarregados e armazéns cheios	Armazém de estocagem	7

QUADRO 4.3.1. SIPOC

O próximo passo foi identificar quem são os clientes e suas exigências para a qualidade, utilizando o VOC (Voz do Cliente).

Cliente	Necessidade	Kano	CTQ	Indicador
Diretoria	Menor custo por produto	Desempenho	Performance	R\$/Produto
Diretoria	Realizar a colheita no melhor momento	Desempenho	Performance	% de atendimento da projeção
Fábrica	Entrega do produto na quantidade requerida	Obrigatório	Confiabilidade	Volume/dia; Volume/semana; Volume/mês
Fábrica	Produtos atendendo à qualidade requerida	Obrigatório	Características Performance Conformidade	Características do produto
Logística	Insumos disponíveis para carregamento nos armazéns das fazendas	Obrigatório	Confiabilidade	N° Veículos Carregados % veículos programados/realizados % veículos não carregados

QUADRO 4.3.2. VOC

Observamos que o processo tem três clientes principais: a Diretoria da empresa que necessita de custos menores evitando exageros nos gastos com a área, além de exigir que os lotes sejam colhidos conforme as especificações de sequenciamento fornecidas pela área técnica. As Fábricas exigem que o volume programado seja atendido, além da qualidade

necessária para produzirem bens que atendam às características demandadas pelos clientes da empresa. Por fim a área Logística, que realiza o transporte das matérias primas da fazenda às unidades fabris, exige que os insumos estejam estocados nos locais apropriados e na quantidade apropriada para que os modais sejam carregados.

O modelo de Kano existente na tabela mostra a característica de cada necessidade, onde o que é “Obrigatório” deve ser atendido impreterivelmente, sendo uma exigência, por outro lado, o que é “Desempenho” deve ser tido como meta, porém não atrapalha o processo caso não seja atendido.

A partir disso, foi possível saber o que é necessário ser atendido, mesmo promovendo alterações no processo.

Quanto aos custos, a área de colheita apresentou um aumento na ordem de 45% em três anos. Em decorrência da inflação anual prevista para a safra de 2010, foi estabelecido um aumento previsto nos preços dos insumos e serviços na ordem de 6% para aquele ano.

Assim, a meta do projeto foi absorver esse aumento nos custos através da melhoria da produtividade da área e redução de ineficiências.

4.4. Medindo o Problema (Medir)

Definidos a área, a oportunidade de melhoria, os clientes e suas necessidades, a meta e seu impacto econômico. O próximo passo é medir o problema, conhecendo o processo, as variáveis impactantes nos indicadores, medir os tempos de realização das atividades e identificar gargalos.

A primeira ferramenta utilizada foi o VSM (*Value Stream Mapping*), que possibilita a compreensão de todo o processo de colheita, além de elencar os tempos de ciclo de cada atividade, ou seja, o tempo que levam para serem realizadas e também os principais fatores que interferem nesse tempo, aumentando-o ou reduzindo-o.

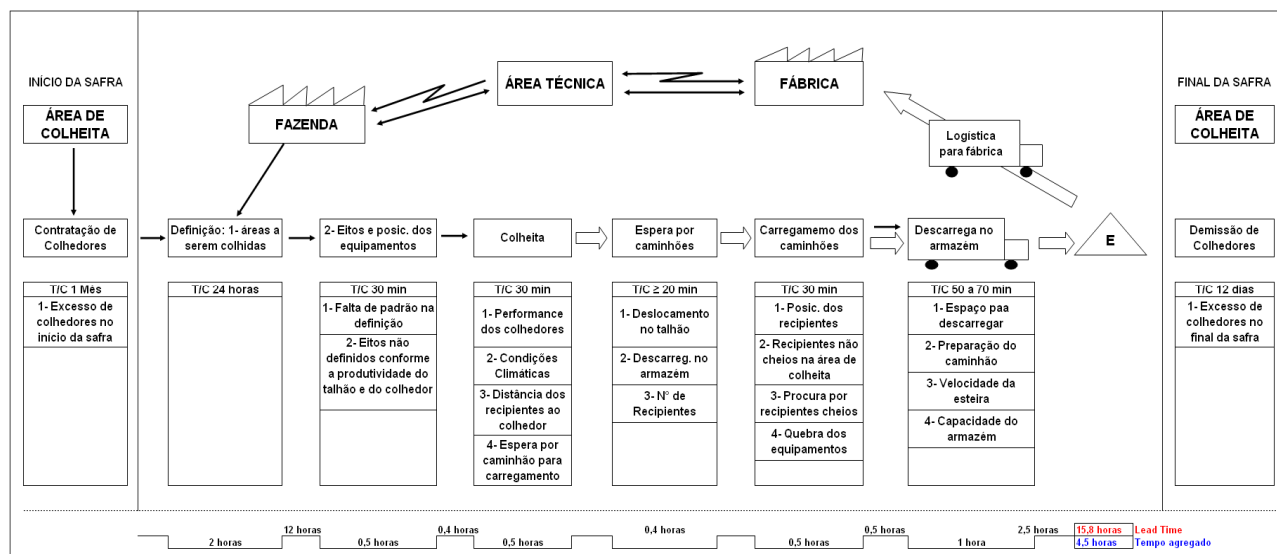


FIGURA 4.4.1. VSM do processo

Vale lembrar que a expressão “Eitos”, representada na terceira etapa, significa a região de colheita de um único colhedor, ou seja, a área que ele deverá colher durante o dia de trabalho. Essa expressão surgiu nos períodos de escravidão, nas lavouras de café do Brasil e é utilizada em diversos tipos de colheita.

O VSM mostra que o tempo que não agrega valor ao processo (*Lead Time*) é muito maior do que o tempo utilizado para se realizarem as atividades que realmente agregam valor ao processo. As setas largas brancas não tracejadas representam as operações onde o fluxo de produto é empurrado, no caso representado após a execução da atividade de colheita. Após o descarregamento nos armazéns, observa-se um estoque (representado por um triângulo com a letra “E” ao centro), onde o produto é estocado até ser realizado o carregamento e transporte para as fábricas por meio de outros modais.

A atividade necessita de bastante tempo para ser realizada, considerando o tempo de planejamento e execução. Não é possível, todavia, separar as duas ações, pois a execução da colheita depende das ordens definidas nas etapas de planejamento, as quais incorporam muito tempo ao processo.

Apartir do VSM foram definidas as principais causas que mais podem interferir no bom desempenho de cada atividade. Em seguida elas foram elencadas na Matriz de Causa e Efeito.

Na matriz de Causa e Efeito as potenciais causas dos problemas receberam pontuações de importância quanto a seus níveis de impacto sobre as saídas do processo. A mesma é apresentada a seguir.

Classificação de Importância para o cliente		1	2	3	4	5			
Saídas do Processo		10	9	6	6	3			
Entradas do Processo		R\$/Produto	Atendimento da projeção de colheita	Volume de produtos recebidos nas fábricas	Qualidade requerida	% veículos programados /realizados	TOTAL	% Individual	% Acumulado
	1	Desempenho dos colhedores	10	9	6	2	4	241	14%
2	Falta de padrão para definição de eitos	10	9	6	0	4	229	13%	28%
3	Momento de contratação e demissão de colhedores	10	6	4	0	2	184	11%	38%
4	Posicionamento dos recipientes	9	6	4	0	4	180	11%	49%
5	Tempo de Descarregamento no armazém	8	4	6	0	6	170	10%	59%
6	Nº de Recipientes	8	6	4	0	4	170	10%	69%
7	Tamanho da área colhida	8	6	2	0	2	152	9%	78%
8	Deslocamento entre áreas de colheita	6	6	4	0	4	150	9%	87%
9	Recipientes não completos nos lotes	4	4	6	0	4	124	7%	94%
10	Procura por recipientes cheios nos lotes	4	4	4	0	2	106	6%	100%

FIGURA 4.4.2. Matriz de Causa e Efeito

As saídas dos processos são as necessidades dos clientes elencadas no VOC, as quais recebem uma pontuação de importância para o projeto em andamento. Essa pontuação está localizada acima de cada uma. As entradas dos processos são pontuadas de acordo com a percepção de seus efeitos sobre as saídas do processo. Ao final, multiplicaram-se os pontos, e somam-se os valores dessa multiplicação. A partir dos mesmos foi possível estabelecer as seis causas potenciais mais importantes dos problemas, no caso, aquelas com um total de pontos mais elevado. Essas causas foram mensuradas com maior profundidade.

Para tanto, estabeleceram-se as seguintes medidas:

- 1- No que diz respeito ao Desempenho dos Colhedores foram analisadas as bases de dados referentes às produtividades dos mesmos na safra anterior.
- 2- A Falta de Padronização dos Eitos e a forma de Posicionamento dos Recipientes foram mensuradas durante uma semana por meio de uma pesquisa piloto em uma das fazendas, onde se procurou observar os movimentos dos colhedores nas áreas de colheita, além de questionar os Líderes C quanto às suas lógicas individuais para a estipulação dos eitos, dado que são eles que estipulam as áreas de colheita de cada membro de sua equipe.
- 3- O número de recipientes por cada colhedor também foi avaliado por meio da pesquisa piloto.
- 4- Quanto ao momento de contratação e demissão dos colhedores sabe-se que ele deve ser otimizado, encontrando o melhor momento para realizá-lo, evitando excesso ou

escassez de funcionários no início ou no fim da safra. Para tanto, os momentos em que a atividade foi realizada nas duas safras anteriores foram analisados.

- 5- A respeito do tempo de descarregamento no armazém foi promovida uma coleta de dados para analisar as velocidades e tempos de todo o processo de carregamento, deslocamento e descarregamento dos caminhões.

4.4.1. Mensuração 1 (Desempenho dos colhedores)

O gráfico de Box Plot apresentado a seguir retrata uma grande variação no desempenho dos colhedores. Como cada “Líder C” coordena um grupo de colhedores, separamos as produtividades por grupos. Também foi elaborada uma escala de produtividade que varia entre o nível 0 e 7. Por fim os grupos foram ordenados em quartis baseados nas médias de cada um.

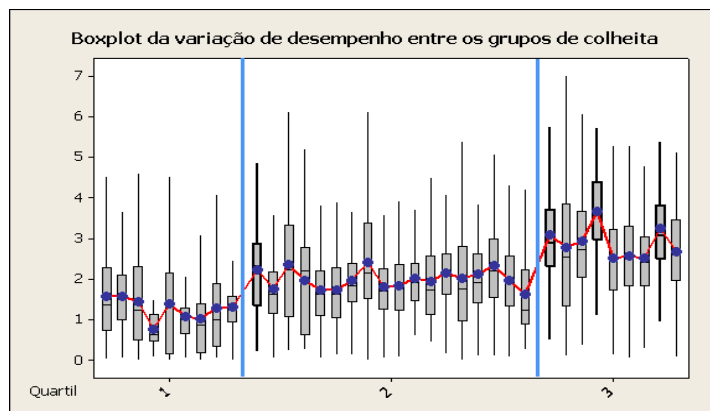


GRÁFICO 4.4.1.1. Desempenho dos colhedores

Observa-se a existência de colhedores com desempenho variando entre o nível 1 e o nível 5 em muitos grupos, levando à heterogeneidade dentro deles e entre eles.

4.4.2. Resultados da Pesquisa Piloto

A pesquisa piloto levantou os seguintes itens:

- 1- Tamanho das áreas colhidas;
- 2- Posicionamento dos recipientes;
- 3- Quantidade de recipientes por colhedor;
- 4- Modo de gerenciamento do Líder C;
- 5- Fatores que impactam negativamente no desempenho dos colhedores na visão dos Líderes C.

Foram entrevistados dez grupos de colhedores divididos entre três grupos fracos, quatro medianos e três fortes. De acordo com a escala elaborada para o gráfico anterior, os grupos apresentam a seguinte produtividade.

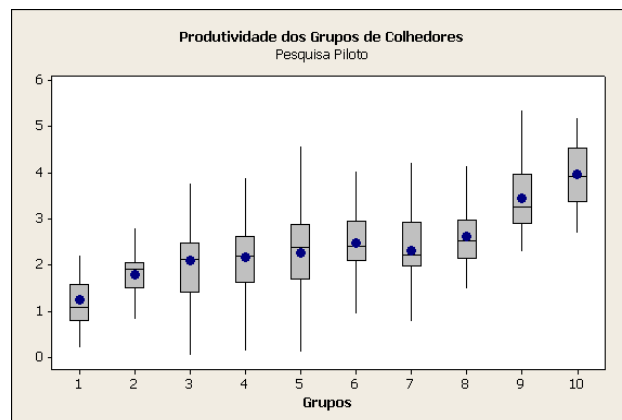


GRÁFICO 4.4.2.1. Desempenho dos Grupos Investigados

Quanto às áreas colhidas, ou eitos, foram analisados quarenta destes, e foi possível observar grande diversidade de formas e tamanhos, não havendo padrão em nenhuma das dez turmas. A figura a seguir mostra alguns dos formatos de eitos observados.

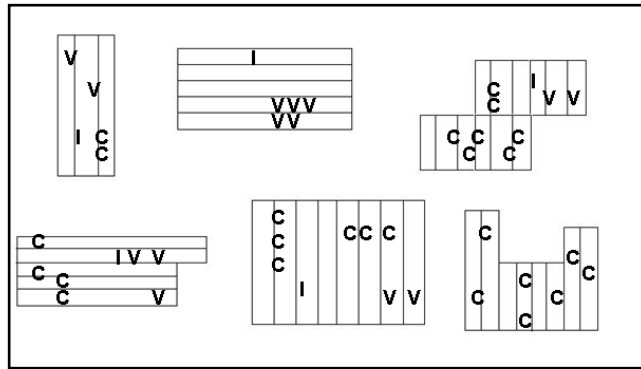


FIGURA 4.4.2.1. Eitos e Posicionamentos dos Recipientes

Na figura são apresentados seis eitos distintos, onde cada linha representa os plantios nos lotes, uma característica de muitas culturas no Brasil (o plantio em linha). Em cada eito observamos a presença das letras “C, V e I”, representando os recipientes de carregamento cheios, vazios e incompletos, respectivamente. Observa-se a falta de lógica no posicionamento dos mesmos, muitas vezes os vasilhames vazios estão posicionados próximos uns dos outros, o que implica no desperdício com movimentos, por parte dos colhedores, ao buscar e levá-los até a linha em que estão colhendo. Outro ponto a destacar é que os próprios receptáculos cheios muitas vezes estão próximos, ou seja, os colhedores recolhiam os produtos na linha de plantio e desperdiçavam tempo ao levar as mercadorias em suas mãos até o local em que aqueles estavam posicionados.

É possível afirmar ainda, que não há padrão na definição da área colhida pelos trabalhadores, onde muitas vezes colhedores de baixo desempenho colhem áreas tão grandes quanto as de colhedores de alto desempenho. Isso resulta em uma colheita disforme do lote, com algumas linhas sendo finalizadas antes que outras, levando à dificuldade de gestão do Líder C sobre seu grupo, dado que os funcionários ficam dispersos e posicionados illogicamente.

Quanto ao número de contentores por colhedor, a pesquisa piloto observou que esse número era igual para os funcionários, no caso trinta contentores, o que também promove o desequilíbrio, pois novamente aqueles que colhem mais necessitam de mais receptáculos, caso contrário param de colher até que recebam outros vazios após o carregamento dos caminhões.

4.4.3. Momento de contratação e demissão dos funcionários

No início e no final das duas safras anteriores o volume de bens colhidos foi aquém do potencial de colheita das equipes, ou seja, houve um excesso de trabalhadores contratados, implicando em custos e encargos elevados sem retornos produtivos.

Não foi necessário remeter esse problema à etapa Analisar do DMAIC. Como melhoria, foi estabelecido um prazo mais enxutos para a contratação e demissão dos safristas, reduzindo assim os custos da área.

Para tanto mais funcionários foram deslocados para realizar as contratações e demissões no menor período de tempo.

4.4.4. Coleta de dados sobre os tempos

Os tempos de descarregamento nos armazéns podem impactar fortemente no ritmo de colheita, pois se algum problema ocorre, interrompendo ou atrasando esse processo, os veículos não podem retornar aos lotes rapidamente, conseqüentemente as equipes param de colher por encher os recipientes e ter que esperar pelo retorno do veículo para novo carregamento, e então ter os vasilhames vazios novamente.

A média dos dados coletados é a que segue.

Veículo	Velocidade Km/h
Caminhão carregado	24
Caminhão descarregado	42

Etapa	Tempo Minutos
Carregamento	32
Manobra	3
Descarregamento	27
Carregamento de modal para fábrica	10

TABELA 4.4.4.1. Tempo das atividades

O foco do projeto nessa questão foi, então, o descarregamento, que leva em média vinte e sete minutos para ser completado. O carregamento, que apesar de demandar bastante tempo, já está otimizado, todavia, perde tempo ao procurar por recipientes cheios nas linhas, o que ocorre quando os colhedores não terminam de colhê-las uniformemente, sendo um ponto de melhoria.

4.5. Analisando o Problema (Analisar)

A partir da etapa Medir podemos seguir o projeto com três itens a serem analisados, o desempenho dos colhedores, o posicionamento dos vasilhames nos eitos e o descarregamento do armazém.

Abordando primeiramente este último problema, identificamos visualmente as causas raízes dos mesmos, ou seja, as causas foram comprovadas in loco, não necessitando, portanto, de análises estatísticas criteriosas. Dentre as causas, as selecionadas como raízes dos problemas foram a baixa capacidade de armazenamento dos estoques nas fazendas, falha ao carregar a esteira com muito peso (atrelada à falta de manutenção), além de sua baixa velocidade e mau dimensionamento (pequena para o volume de mercadoria).

As causas foram elencadas no Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Ishikawa, também conhecido como gráfico de Espinha de Peixe. No caso, observa-se que as causas para esse problema estão presentes em dois pontos chave do diagrama, os problemas de medida e máquinas. A partir disso, sabe-se o que tratar na etapa Melhorar do DMAIC para aprimorar essa atividade e bloquear o problema.

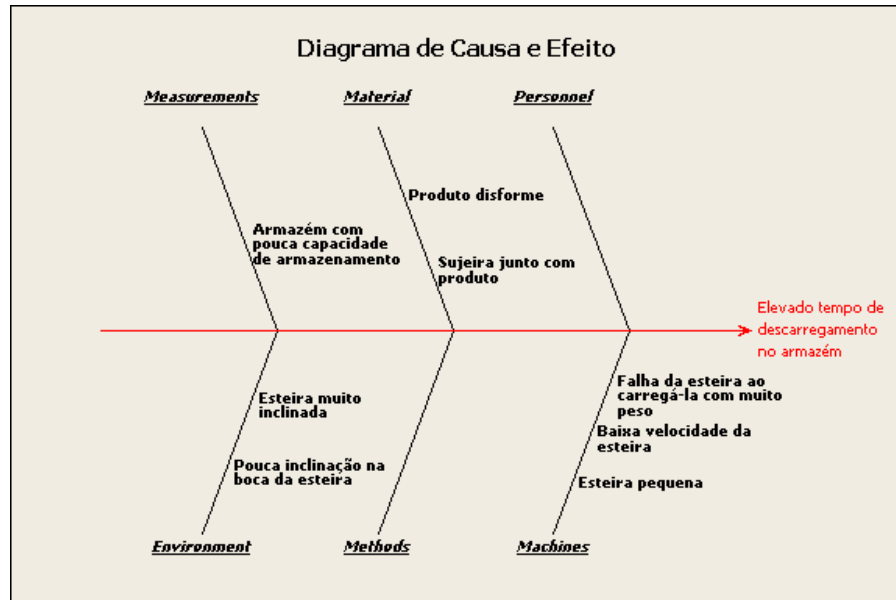


FIGURA 4.5.1. Diagrama de Causa e Efeito

A respeito do desempenho dos colhedores, foi observado que o mesmo está atrelado ao posicionamento dos recipientes. Nos grupos mais produtivos, tidos como *Benchmarks*, os Líderes C posicionam os vasilhames o mais próximo possível das áreas onde os colhedores estavam, evitando que estes realizassem a tarefa de buscar e posicionar os objetos. Com isso,

os colhedores andam menos pelo lote, eliminando grandes desperdícios com movimento, além disso, eles ficavam menos cansados e com mais disposição para colher um volume maior e com mais velocidade.

Para tanto foi realizado um experimento, com base na ferramenta DOE (*Design of Experiments*), visando padronizar, facilitar a visualização e mensurar os ganhos obtidos com essa técnica distribuição e posicionamento dos vasilhames.

4.5.1. Experimento de posicionamento de recipientes

Foram selecionadas quatro equipes de colhedores, sendo três com produtividade alta e uma com produtividade entre mediana e ruim. De cada equipe escalaram-se vinte colhedores, divididos em dois grupos de dez, procurando igualá-los quanto ao nível de produtividade.

Um dos grupos colheu e realizou suas tarefas normalmente, representando a situação atual da maneira mais real possível, enquanto o outro grupo recebia o auxílio de um funcionário dedicado somente para a atividade de levar os recipientes e posicioná-los no local exato demandado pelo colhedor, representando a melhoria proposta.

Através do Teste de Hipóteses, mensuraram-se as diferenças de produtividades entre cada grupo de dez colhedores. As diferenças foram ponderadas e corrigidas ao final do experimento, considerando os dois grupos como iguais em termos de produtividade, o que torna o experimento estatisticamente válido para a comparação. A tabela a seguir mostra as divergências inicialmente observadas. A coluna denominada “Grupo” informa qual grupo de dez colhedores tem uma diferença de performance para mais, se são os com ou sem auxílio para o posicionamento dos recipientes.

Equipe	Nível	Diferença	Grupo
1	Forte	1,8%	sem auxílio
2	Forte	11,0%	sem auxílio
3	Forte	1,8%	com auxílio
4	Mediana	4,5%	com auxílio

TABELA 4.5.1.1. Diferença de produtividade entre os colhedores

A coleta de dados ocorreu durante vinte dias, obtendo um total de oitenta dados por dia para comparação. Assim o total de amostras a serem comparadas foi de mil e seiscentas, sendo quatrocentas para cada equipe. Estatisticamente, para que um teste seja confiável, ele deve possuir mais de trinta amostras, então os testes realizados tem alto grau de

confiabilidade. Além disso, houve bastante critério em sua realização, buscando distribuir os colhedores em áreas com condições físicas (niveação do terreno, quantidade de bens por metro quadrado) e climáticas (luminosidade, temperatura, umidade) semelhantes. Com isso, isola-se a variável testada de qualquer interferência indesejável que leve à diferenciação dos valores amostrais.

Ao final realizamos novos Testes de Hipóteses, comparando as produtividades dos colhedores sem auxílio com os que obtiveram auxílio, corrigindo as diferenças inicialmente observadas entre eles. A tabela a seguir mostra os resultados

Equipe	Nível	Variação	
1	Forte	8%	aumentou
2	Forte	9%	aumentou
3	Forte	7%	aumentou
4	Mediana	26%	aumentou

TABELA 4.5.1.2. Resultados dos experimentos

Observou-se o aumento na produtividade em todos os grupos com auxílio, mesmo nos pertencentes a equipes mais fortes que já realizavam algo parecido ao testado. Porém a equipe mediana apresentou uma melhoria considerável de performance. Essa equipe representa mais de setenta por cento das demais presentes nas fazendas, o que leva a que aquelas, ao realizarem a atividade testada, aumentariam suas produtividades, em média, vinte e seis por cento.

Os líderes e colhedores recebem bônus salariais dependendo de seus níveis de produção, nesse caso, essa melhoria de eficiência eleva seus rendimentos proporcionalmente.

4.6. Eliminando o Problema (Melhorar)

Agora que foram encontradas as causas raízes dos problemas com descarregamento no armazém, e desenvolveu-se uma solução para aumentar a produtividade dos colhedores por meio do experimento realizado, devemos colocar em prática as melhorias, de forma a corrigir os problemas.

4.6.1. Tempo de descarregamento no armazém

Visando aumentar a capacidade dos armazéns, estes foram reformados, capacitando-os a receber de seis a oito caminhões em processo de descarregamento ao mesmo tempo.

As esteiras foram substituídas por outras mais largas e com motores mais potentes, transportando maior volume em menos tempo.

Além disso, passaram a receber manutenções com maior periodicidade, evitando quebras em momentos inoportunos. Para tanto, os responsáveis por cada armazém de descarregamento e estocagem foram capacitados para realizar manutenções básicas nos equipamentos.

Com essas melhorias os tempos de descarregamento foram reduzidos em 60%, facilitando o retorno dos veículos nos lotes para novos carregamentos. Como consequência as equipes de colheita não cessam suas atividades por esperar os veículos retornarem dos armazéns.

4.6.2. Volume de recipientes por colhedor

O volume de recipientes por colhedor, que era de trinta, foi dobrado para sessenta unidades. Com isso evitam-se desperdícios com paradas na colheita por falta de vasilhames, e conseqüentemente, o custo da atividade se reduz, pois o colhedor, que recebe por hora trabalhada mais um bônus por sua produção, torna sua jornada de trabalho mais eficiente.

4.6.3. Entrega e posicionamento dos recipientes.

A melhoria se deu com a contratação de novos funcionários, considerados como ajudantes das equipes, incumbidos, apenas de buscar os vasilhames nos lotes e nos caminhões, levá-los até os colhedores e posicioná-los nos locais de suas preferências.

Visando o comprometimento dos funcionários com a melhoria proposta foram realizados workshops com todos os Líderes C e seus colhedores mostrando as vantagens em realizar essa atividade, apresentando os ganhos financeiros, de produtividade e o aumento no controle e gestão das equipes.

4.7. Controlando as Melhorias (Controlar)

Como fase final do projeto, é necessário criar sistemas que impeçam que as melhorias propostas sejam esquecidas pelos funcionários ou que passem a ser mal executadas. Para tanto cartas de controle e folhas de verificação foram desenvolvidas.

Para a realização da manutenção dos armazéns, os funcionários capacitados para realizar a atividade devem verificar uma lista de componentes periodicamente. Caso os mesmos apresentem necessidades de reparos, ajustes ou trocas, esses funcionários verificam e

promovem a manutenção. Os responsáveis têm a disposição ferramentas e um número enxuto de peças básicas que possibilitam suas ações.

Quanto aos posicionamentos dos recipientes, os funcionários responsáveis por coordenar o processo de colheita nas fazendas, e logo, supervisionar os trabalhos dos Líderes C e suas equipes, devem verificar se os novos funcionários, isto é, os ajudantes das equipes, estão realizando suas atividades com eficiência. Caso tenham algum problema ou necessitem de auxílio, os responsáveis pela supervisão tomam as providências necessárias.

4.8. Ganhos do projeto

O projeto Lean Seis Sigma empregado nessa atividade agrícola proporcionou uma melhoria nos tempos de descarregamento em 60% aprimorando o fluxo de todo o processo.

Aumentou a produtividade média da área na ordem de 20%, eliminando desperdícios com movimentos e ociosidade. Conseqüentemente, os rendimentos dos funcionários também subiram na ordem de 20%, variando de acordo com suas performances.

Outro ganho foi a redução dos tempos e custos com contratação e demissão de funcionários safristas.

O projeto atingiu a meta inicialmente estipulada e tornou o processo como um todo mais eficiente.

4.9. Aplicação do projeto

O projeto em questão pode ser aplicado em diversas modalidades de colheita, sendo adaptável às suas peculiaridades e características únicas. Dentre elas culturas de verduras, frutas, legumes e alguns grãos.

Podemos citar culturas como colheita de alface, rúcula, tomate, abacaxi, uva, maracujá, batata, cenoura, manga, banana, maçã, melão, pêra, guaraná, nozes, jabuticaba, açaí, café, entre outros bens.

Toda cultura que envolve uma colheita não mecanizada, necessitando de recipientes para armazenamento intermediário dos produtos pode receber uma melhoria como a abordada no projeto, aprimorando suas performances e reduzindo seus custos.

5. CONCLUSÃO

É possível afirmar que cada sistema de produção e melhoria, em separado, surgiu em decorrência de uma realidade vivida por suas empresas em determinada situação econômica. Mesmo que sejam focadas na solução de problemas distintos elas são complementares, e quando utilizadas em conjunto apresentam grande sinergia entre seus ferramentais e objetivos.

O estado em que se encontrava a economia japonesa no pós Segunda Guerra Mundial, isto é, uma situação de crise econômica durante a qual se enfrentou escassez de recursos naturais e principalmente financeiros, inibindo investimentos em produções em massa, fomentou o surgimento do *Lean Manufacturing* nas fábricas da Toyota. Esse sistema de produção, baseado na eliminação de desperdícios, possibilitou o aumento da competitividade da indústria japonesa perante seus concorrentes americanos e europeus, o que permitiu sua permanência no mercado.

O conceito de valor desenvolvido nesse sistema é a base para a identificação do que os clientes esperam do produto, além de identificar as atividades fundamentais para o processo produtivo, dividindo-as em atividades que agregam ou que não agregam valor. Essas atividades que não agregam valor levam a desperdícios de recursos naturais, humano e principalmente financeiros. A partir disso, pode-se afirmar que o Lean se tornou uma metodologia para procurar e eliminar desperdícios.

A filosofia Kaizen e o 5S permitem o envolvimento de todos na busca por desperdícios, padronização, limpeza e organização das áreas de trabalho, servindo como base para o funcionamento do sistema.

Diversas ferramentas foram desenvolvidas para atingir os objetivos da Produção *Lean*, cada qual com suas peculiaridades, porém, ao final, todas promovem melhorias que permitem um número menor de interrupções no processo, menos estoques, menos tempo gasto e maior flexibilidade. Tudo isso leva a uma produção puxada, nivelada e *Just in Time*.

O Seis Sigma foi desenvolvido em 1987 para solucionar o problema da baixa qualidade dos produtos fornecidos pela Motorola nos Estados Unidos. Para tanto, assim como no *Lean*, foi desenvolvido um ferramental específico, permitindo que os objetivos fossem alcançados. Porém, diferente do sistema japonês, o Seis Sigma uniu ferramentas de gestão a técnicas estatísticas, buscando a redução dos defeitos e eliminando os custos da não qualidade, ou seja, os custos atrelados a produtos fora das especificações dos clientes e a retrabalhos. Isso permitiu a muitas empresas o atingimento de lucros mais elevados, e no caso da Motorola, sua permanência no mercado e superação de seus concorrentes. Essas empresas

serviram de base para que a metodologia fosse difundida mundialmente, sendo incorporada por diversas companhias atuantes em mercados distintos.

Com a união das duas metodologias, originando o *Lean Seis Sigma*, se deu de forma muito sinérgica e harmoniosa, proporcionando um sistema com forte potencial para encontrar e solucionar problemas, onde o *Lean* torna o processo mais uniforme, controlável e com menos desperdícios, enquanto o *Seis Sigma* eleva a qualidade da produção e das mercadorias.

Nota-se, contudo, que o sistema não é aplicável somente a processos manufatureiros ou que envolvem uma produção de bens tangíveis, como as indústrias de autopeças, alimentícia, de eletrônicos e outras. Ele também pode ser aplicado em instituições financeiras e prestadoras de serviços, como empresas de logística, telecomunicações e energia elétrica.

O estudo de caso apresentado permite concluir essa afirmação, evidenciando a aplicação do sistema na área de prestação de serviços agrícolas, mais especificamente na área de colheita. O projeto permitiu o conhecimento do processo de forma detalhada, apresentando de forma prática suas ineficiências e necessidades de melhoria, as quais antes eram apenas percebidas pelos colaboradores atuantes na área, porém não mensuradas. As melhorias implantadas atingiram os resultados esperados, aperfeiçoando, assim, a atividade na empresa, reduzindo, em grande escala, os seus custos.

Essa redução nos gastos da empresa, através da eliminação de desperdícios, permitiu o ganho de competitividade da mesma, além de ampliar sua capacidade de investir naquilo que melhor atender a seus interesses.

O projeto apresentado possui grande valia no que diz respeito à sua aplicabilidade sobre as diversas atividades de colheita no Brasil, sendo flexível e adaptável a todas aquelas que fazem uso de colheita manual, ou seja, que utilizam capital humano para colher os produtos, permitindo, então, que estes sejam levados a fábricas, e centros comerciais atacadistas ou varejistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHASE, Richard B. *Administração da Produção para a Vantagem Competitiva*. Porto Alegre. Bookman, 2006.

CLETO, Marcelo Gechele; QUINTEIRO, Leandro. *Gestão de Projetos Através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva*. Revista Produção Online, v.11. n.1, mar, 2011.

DENNIS, Pascal. *Produção Lean Simplificada – Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo*. Porto Alegre. Bookman, 2008

FRANZ, Luis Antonio dos Santos.; CATEN, Carla Schwengber tem. *Uma discussão quanto à relação entre os métodos DMAIC e PDCA*. Porto Alegre. III Semana de Engenharia de Produção e Transportes, 2003.

GEORGE, Michael L. *Lean Seis Sigma para Serviços: Como Utilizar Velocidade Lean e Qualidade Seis Sigma para Melhorar Serviços e Transações*. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2004.

GHINATO, P. 2o Capitulo do Livro *Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

HARRY, M. J.; SCHOROEDER, R. *Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability*. New York. Quality Origrass, 1998.

HIRANO, Hiroyuki. *5 Pillars of the Visual Workplace. The sourcebook for 5S implementation*. Portland, Oregon. Productivity Press, 1995.

MELO, Daniela de Castro; TOLEDO, José Carlos de; PEREIRA, Carla Roberta. *Implantação do Lean Seis Sigma numa empresa fabricante de eletrodomésticos e ferramentas*. XVI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru. 09 a 11 de novembro de 2009.

MELO, José Geraldo de; SACOMANO, José Benedito. *Estudo Comparativo do Seis Sigma e do Pensamento Enxuto*. XI SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru. 08 a 10 de novembro de 2004.

NAVE, D. *Como Comparar o Seis Sigma, Lean e a Teoria das Restrições*. Revista Qualidade, ed. No 124, setembro, 2002.

OHNO, Taiichi. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre. Bookman, 1997.

PANIAGO, A. L. *Kaizen – Implementação na Indústria de autopeças: resultados na redução das perdas na área produtiva*. 132p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland R. *Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho*. Rio de Janeiro. Qualitymark Editora Ltda, 2002.

RECHULSKI, Denise Kaufman; CARVALHO, Marly Monteiro de. *Programa de Qualidade Seis Sigma – características distintivas do modelo DMAIC e DFSS*. n.2. PIC-EPUSP, 2004.

RIBEIRO, Haroldo. *5S Barreiras & Soluções*. Salvador, BA. Casa da Qualidade, 1997.

ROTONDARO, Roberto G. *Seis Sigma, Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços*. São Paulo. Editora Atlas S.A, 2008.

SHINGO, Shigeo. *O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção*. 2a edição. Porto Alegre. Bookman, 1996.

SHINGO, Shigeo. *Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas*. Porto Alegre. Bookman, 1996.

SHINGO, Shigeo. *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta. Uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre. Bookman, 2000.

SLACK, N. *Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais*. Tradução de Sônia Maria Correa. 2a edição. Atlas, 2002.

SOKOVIC, M.; PAVLETIC D. *The Lean And Six Sigma Sinergy – International Journal for Quality Research*. Vol. 2, No 4, 2008.

SPEAR, Steven e BOWEN, Kent. *Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção*. Reimpressão #99509. Harvard Business Review, Setembro/Outubro, 1999.

SPINA, Charles. *Aplicação de Ferramentas Lean Seis Sigma e Simulação Computacional ao Aperfeiçoamento de Serviços: Roteiro de referência e Estudo de caso*. Fundação Getulio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo. São Paulo, 2007.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. *Criando a cultura Seis Sigma*. 3a edição. Werkema Editora, 2004.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. *Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing*. Série Seis Sigma v.4. 1a edição. Belo Horizonte. Werkema Editora, 2006

WILSON, Mario Perez. *Seis sigma: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios*. Qualitymark, 1999.

WOMACK, P. J; JONES, T. D.; ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*. 6ª reimpressão. Editora Campus, 1992.

WOMACK, P. J; JONES, T. D. *A mentalidade enxuta nas empresas Lean Thinking, Elimine o desperdício e crie riqueza*. 1a edição. Editora Campus, 2004.

ZILBOVICIUS, M. – Modelos para a produção, produção de modelos; gênese, lógica e difusão do modelo japonês de organização da produção – São Paulo: FAPESP: Annablume, 1999.

Mídia Eletrônica:

KOSAKA, Gilberto. *Jidoka*. 2006. Disponível em:

<<http://dqsporb.files.wordpress.com/2009/05/jidoka.pdf>> . Acesso em: 06 abr. 2011.

Lean Six Sigma - Services et Supply Chain. VSM. Disponível em:

<<http://florentfouque.blogspot.com/2008/11/comment-utiliser-la-value-stream-map.html>>

Acesso em: 06 abr. 2011.