

## APLICAÇÃO DO LEAN SIX SIGMA NA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE

**Simone Tavares Fernandes**

UNESP – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho  
Av. Dr. Ariberto Pereira Cunha, 333 – Guaratinguetá – SP  
simone.tavares@novelis.com

**Fernando Augusto Silva Marins**

UNESP – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho  
Av. Dr. Ariberto Pereira Cunha, 333 – Guaratinguetá – SP  
fmarins@feg.unesp.br

### RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação do *Lean Six Sigma* em um estudo de caso na indústria metalúrgica. O *Six Sigma* e o *Lean* são dois processos utilizados por empresas no Brasil e no mundo. Atualmente, a integração destes processos é um desafio para estas empresas que buscam uma maneira mais eficiente de reduzir seus desperdícios e se adaptarem às necessidades de seus mercados consumidores. O trabalho teve como finalidade demonstrar a aplicabilidade do *Lean Six Sigma* em um problema logístico real de transporte de produtos entre as unidades de uma indústria metalúrgica. As etapas usadas para a solução do problema seguem o ciclo DMAIC – Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. O artigo apresenta detalhadamente a abordagem integrada dos processos de melhoria *Lean* e *Six Sigma*, seus conjuntos de ferramentas, bem como os excelentes resultados obtidos no estudo de caso.

**PALAVRAS CHAVE:** *Lean Six Sigma*, Logística de Transporte, Indústria Metalúrgica.

### ABSTRACT

This work presents the application of *Lean Six Sigma* in a case study of the metallurgic industry. The *Six Sigma* and the *Lean* are two processes used by enterprises in Brazil and worldwide. Currently the integration of these processes is a challenge for these companies, which search a way more efficient to reduce their wastes and to adapt to the needs of their markets. The paper had as purpose to demonstrate the applicability of the *Lean Six Sigma* in a real logistical problem of the transportation of goods among units of the metallurgic industry. The stages used for the solution of the problem follow the DMAIC cycle – Define, Measure, Analyze, Improve and Control. The paper presents in details the integrated approach of the improvement processes *Lean* and *Six Sigma*, their tools set, as well the excellent results obtained in the case study.

**PALAVRAS CHAVE:** *Lean Six Sigma*, Transportation Logistics, Metallurgic Industry.

## 1. Introdução

As empresas buscam competitividade, através de qualidade, satisfação dos clientes, custos baixos, processos mais rápidos e baixo capital empregado. Para as organizações sobreviverem neste ambiente e otimizarem seu potencial de lucro, precisam aumentar cada vez mais sua produtividade e tornar-se competitivas, razão pela qual existe uma grande procura por programas de melhoria e técnicas de gestão. Straatmann (2006) acrescenta a esse contexto que empresas de vários setores vem aderindo ao *Six Sigma*, ou ao *Lean*, ou ambos paralelamente, para conduzirem seus processos de melhoria.

O *Lean* foca na eliminação de desperdício, definido como algo desnecessário para a produção de um produto ou serviço. Os objetivos do *Lean* são eliminar desperdícios em cada área do negócio, incluindo as relações com clientes, desenvolvimento de produtos, rede de fornecedores e gestão da fábrica (PANNELL, 2006; HA, 2007).

O *Six Sigma* por outro lado, é uma poderosa estratégia de negócio usada para reduzir a variabilidade do processo através da efetiva utilização de ferramentas e técnicas estatísticas. É um rigoroso e disciplinado programa que usa dados e análises estatísticas para medir e melhorar o desempenho operacional da companhia através da eliminação de defeitos, erros ou falhas na manufatura, serviços ou processos transacionais (PANNELL, 2006; HA, 2007).

Segundo Pannell (2006), os dois programas de melhoria juntos são uma forma poderosa de alavancar os resultados na empresa, isto porque, o *Six Sigma* e o *Lean* tem foco em processos, o *Lean* busca reduzir desperdícios no processo e o *Six Sigma* busca reduzir variação dos parâmetros do processo que afetam as características de qualidade do produto.

O conceito do *Lean Six Sigma* tem sido aplicado em outras áreas além da manufatura. Na área de logística existe a definição do *Lean Six Sigma Logistics* como sendo a eliminação de desperdícios através de esforços direcionados para entender e reduzir a variação, enquanto está aumentando a velocidade e o fluxo na cadeia de suprimentos (GOLDSBY; MARTICHENKO, 2005).

O propósito do presente trabalho foi demonstrar a aplicação do *Lean Six Sigma* e identificar seus benefícios em um caso real na indústria metalúrgica, através da implementação de um projeto de melhoria, chamado daqui para frente de projeto *Lean Six Sigma* (LSS), no qual foram abordados, o uso das etapas do DMAIC (Definir; Medir; Analisar; Melhorar e Controlar), o evento *Kaizen*, e questões de colaboração no transporte entre as unidades de uma indústria metalúrgica, seus fornecedores e clientes.

O trabalho está organizado em 6 Seções. A Seção 2 apresenta os principais conceitos e técnicas relativas ao *Lean Manufacturing*, *Six Sigma*, *Lean Six Sigma* e o evento *Kaizen*. A Seção 3 apresenta o método de pesquisa utilizado. A Seção 4 apresenta o estudo de caso. Na Seção 5 é realizada a discussão sobre os resultados. Finalmente, na Seção 6, são apresentadas as conclusões, seguida da bibliografia consultada.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* nasceu no sistema de produção da Toyota (*TPS -Toyota Production System*) no Japão. Conforme Womack; Jones e Roos (2004), após a primeira grande guerra, Alfred Sloan, da General Motors, e Henry Ford conduziram a fabricação mundial de séculos de produção artesanal para a era da produção em massa. Após a segunda guerra, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota Japonesa, foram pioneiros no conceito da produção enxuta. O salto japonês para sua atual proeminência econômica logo se definiu, na medida em que outras companhias e indústrias japonesas adotaram este sistema.

O *Lean Manufacturing* é uma abordagem que busca uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com seus clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção, segundo o qual é possível fazer cada vez mais com menos (menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço) e ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam (WOMACK, 2004).

O objetivo do *Lean Manufacturing* é a eliminação de desperdício em cada área da produção incluindo a relação com cliente, design de produto, rede de fornecedores e gestão da fábrica. Estes autores concordam que o objetivo principal do *Lean Manufacturing* é a eliminação de desperdícios (FERNANDES; RAMOS, 2006).

Segundo Werkema (2006), no cerne do *Lean Manufacturing* está a redução dos sete tipos de desperdícios: defeitos (nos produtos), excesso de produção de mercadorias desnecessárias, estoques de mercadorias à espera de processamento ou consumo, processamento desnecessário, movimento desnecessário (de pessoas), transporte desnecessário (de mercadorias) e espera (dos funcionários pelo equipamento de processamento para finalizar o trabalho ou por uma atividade anterior).

Womack (2004) sintetizou os cinco princípios para tornar uma operação enxuta: Especificar o valor – aquilo que o cliente valoriza; Identificar o fluxo de valor; Criar fluxos contínuos; Operar com base na produção puxada; Buscar a perfeição.

Ainda segundo Womack (2004), as principais ferramentas usadas para colocar em prática os princípios *Lean Thinking* são: Mapeamento do Fluxo de Valor; Métricas *Lean*; *Kaizen*; *Kanban*; Padronização; 5S; Redução de *setup*; *TPM (Total Productive Maintenance)*; Gestão Visual e *Pokayoke (Mistake Proofing)*.

Conforme Hines, Holweg e Rich (2004), o *Lean Manufacturing* é um dos novos paradigmas que mais influenciam nas produções, e tem se expandido além da sua aplicação original no chão de fábrica da produção de veículos e componentes de abastecimento da indústria automotiva, estendendo-se desde indústrias pesadas como metal primário até negócios aeroespaciais.

Werkema (2006) destaca que a adoção do *Lean Manufacturing* representa um processo de mudança de cultura da organização e, portanto, não é algo fácil de ser alcançado. O fato de a empresa utilizar suas ferramentas não significa, necessariamente, que foi obtido pleno sucesso na implementação do *Lean Manufacturing*.

## 2.2 Six Sigma

A filosofia *Six Sigma* foi desenvolvida pelo engenheiro Bill Smith, em 1986, junto à Motorola, no intuito de diminuir o número de falhas de um produto, ainda dentro do seu período de garantia e de reduzir custos de qualidade (ANTONY; BANUELAS, 2002).

Segundo Harry e Schoroeder (2000), o programa de melhoria *Six Sigma* nasceu e se desenvolveu em meados de 1980 na Motorola, nos Estados Unidos. Porém a raiz original do *Six Sigma* foi encontrada no livro “Quality is Free” escrito por Philip Crosby em 1979, onde uma de suas contribuições para a gestão da qualidade foi o “defeito zero”, que é a filosofia seguida pelo *Six Sigma*. O conjunto de ações de melhoria chamado de programa *Six Sigma* foi lançado oficialmente pela Motorola em 1987. No ano seguinte a empresa foi agraciada com o prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige, sendo que o *Six Sigma* tornou-se conhecido como o programa responsável pelo sucesso da organização.

Segundo Bossert (2003), o *Six Sigma* é primeiramente um programa para melhorar a capacidade de processos, usando ferramentas estatísticas para identificar e reduzir ou eliminar a variação dos processos.

Vasconcellos, Junior e Chap (2006) explicam que a origem do nome *Six Sigma* vêm da Estatística. *Six Sigma* significa que um processo apresenta uma pequena variabilidade, onde é possível alocar seis desvios padrões para cada lado da média do processo entre os limites de especificação (as fronteiras da satisfação de um cliente quanto a um processo ou produto, ou seja, qualquer variação que estiver dentre dos limites de especificação, estará de acordo com as expectativas do cliente).

O *Six Sigma* tem, como medida de desempenho e meta para a operação de processos, uma taxa de 3,4 falhas por milhão de atividades ou oportunidades. Dificilmente é atingida, mas o nome *Six Sigma* extrapolou a esfera da Estatística pura e passou a ser empregado para denominar toda uma estratégia de trabalho.

Antony e Banuelas (2002); Bossert (2003); Vasconcellos, Junior e Chap (2006); e Werkema (2006) concordam que é uma estratégia que visa buscar redução de variabilidade dos processos, aumento de lucratividade das empresas e ao mesmo tempo satisfação dos clientes.

O *Six Sigma* já sofreu várias modificações desde o início de sua utilização pela Motorola. Por exemplo, o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) substituiu o antigo MAIC (Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) como abordagem padrão para a condução dos projetos *Six Sigma* de melhoria de desempenho de produtos e processos. Além disso, outras técnicas não-estatísticas, tais como práticas do *Lean Manufacturing*, foram integradas ao *Six Sigma*, dando origem ao *Lean Six Sigma* (WERKEMA, 2006).

### 2.3 Lean Six Sigma

Para Ha (2007), tanto o *Lean Manufacturing* quanto *Six Sigma* têm um foco central que tem sido a base para sua estrutura e ferramentas. O *Lean Manufacturing* é a entrega de valor para o cliente, através da eliminação de desperdício, sendo o desperdício definido como algo que não agrega valor da perspectiva do cliente. No caso do *Six Sigma*, o foco central é a eliminação de defeitos, onde o defeito é definido como uma parte ou serviço que não está conforme a especificação do cliente.

Conforme Pannell (2006), o *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*, são poderosas ferramentas que se completam, não competem entre si. Não é uma questão entre usar uma ou outra. Usar ambas as técnicas pode ser valioso em diferentes caminhos e ser essencial para uma completa estratégia de melhoria de desempenho no longo prazo.

Vários autores defendem que as duas iniciativas devem ser tratadas de forma integrada (GEORGE, 2002; PANNELL, 2006; WERKEMA, 2006; ARNHEITER; MALEYEFF, 2005; FERNANDES; RAMOS, 2006).

Na opinião de Werkema (2006), o *Lean Manufacturing* não conta com um programa de melhoria estruturado e profundo de solução de problemas e com ferramentas estatísticas para lidar com a variabilidade, aspecto que pode ser complementado 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*.

Segundo Arnheiter e Maleyeff (2005), empresas *Lean* podem ganhar com o *Six Sigma* em um maior uso dos dados na tomada de decisão e usar a metodologia para promover um enfoque mais científico para qualidade.

O melhor caminho para entregar uma oportunidade é quase sempre seguir uma seqüência estruturada de etapas que gerencia as oportunidades desde a definição do problema até a implementação da solução, e um modelo muito utilizado em melhorias é o DMAIC. A base de um projeto *Lean Six Sigma* é o uso das etapas do ciclo DMAIC, as quais são descritas por George (2002) como:

- Definir - Confirmar a oportunidade e definir as fronteiras e os objetivos de um projeto;
- Medir - Obter os dados para estabelecer o “estado atual”, o que está realmente acontecendo no local de trabalho com o processo e como ele funciona hoje;
- Analisar - Interpretar os dados para estabelecer a relação entre causa e efeito;
- Melhorar - Desenvolver as soluções para os problemas e confirmar as causas;
- Controlar - Implementar procedimentos para assegurar as melhorias e sustentar os ganhos.

A cada uma das etapas do DMAIC, passa-se por um evento formal de aprovação ou não de um projeto, chamado de *gate review*. Para Amado e Rozenfeld (2006), o encadeamento das etapas, no qual a etapa seguinte só deve começar quando a anterior já estiver encerrada, permite uma compreensão melhor dos processos, facilitando o caminho para a obtenção da resolução dos problemas ou melhoria dos processos.

A resolução de problemas através do DMAIC evita julgamentos precipitados ou errôneos que bloqueiam a identificação da verdadeira causa, o que gera um procedimento não

efetivo (não corretivo ou de melhoria), possibilitando o aparecimento, no futuro, dos mesmos problemas.

### 2.4 Kaizen

Segundo Werkema (2006), *Kaizen* – termo japonês que significa melhoramento contínuo – é uma ferramenta para o alcance de melhorias rápidas, que consiste no emprego organizado do senso comum e da criatividade para aprimorar um processo individual ou um fluxo de valor completo.

O *Kaizen* deve ser conduzido conforme apresentado na Figura 1. Primeiramente trabalha-se na preparação do *Kaizen*, onde estima-se 10% do tempo de dedicação da equipe, depois no evento *Kaizen* onde a equipe trabalha 100% do tempo e por fim no follow-up do *Kaizen*, onde estima-se uma dedicação parcial da equipe de 10% a 30% do tempo (WERKEMA, 2006; GEORGE *et al.*, 2005).

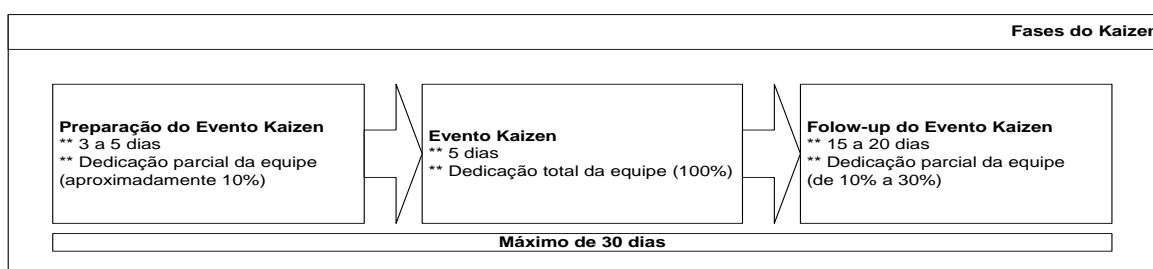


Figura 1 – Fases do *Kaizen*  
Fonte: Werkema (2006)

### 3. Método de Pesquisa

A pesquisa aqui descrita apresenta um caráter exploratório, pois busca evidenciar como aplicar o *Lean Six Sigma* e as etapas do DMAIC em um problema real de uma indústria metalúrgica, com uma abordagem quantitativa dos dados, seguindo o procedimento técnico de estudo de caso. As técnicas de coleta de dados utilizadas para a realização da pesquisa foram: documentação, registros de arquivos, entrevista focada e observação participante. Com a utilização destes instrumentos de coleta de dados foi possível demonstrar a aplicação do *Lean Six Sigma* pela empresa em estudo e responder à questão da pesquisa, por meio da orientação das proposições levantadas.

O método utilizado segue basicamente o proposto por Yin (2005) e adaptado de Miguel (2007), conforme Figura 2. O método começa com base na literatura existente, define a questão de pesquisa, em seguida define as proposições que ao final da pesquisa podem ser validadas ou refutadas.

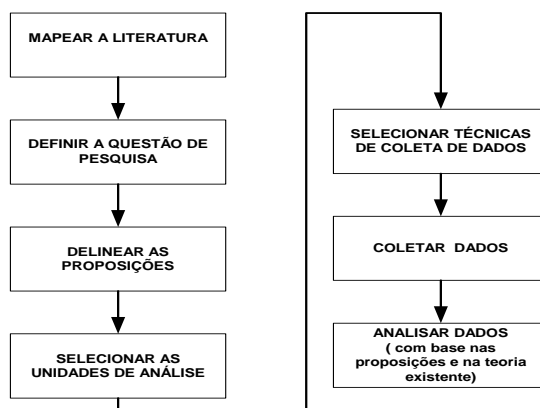


Figura 2 – Planejamento do estudo de caso  
Fonte: Adaptado de Miguel (2007)

### 3.1 Questão e proposições da pesquisa

Para Yin (2005), definir as questões de pesquisa é provavelmente o passo mais importante a ser considerado em um estudo de pesquisa. A pesquisa aqui apresentada busca responder a seguinte questão - Como aplicar o *Lean Six Sigma* e as etapas do DMAIC em um problema logístico real dentro da uma indústria metalúrgica?

Segundo este autor, cada proposição direciona a atenção a alguma coisa que deveria ser examinada dentro do escopo de estudo. Para responder a questão da pesquisa e com base em seu objetivo geral e objetivos específicos, foram levantadas algumas proposições:

P1 - É possível unir o *Lean* e o *Six Sigma* de forma integrada na resolução de um problema;

P2 - O evento *Kaizen* pode ser usado dentro do programa *Lean Six Sigma*;

P3 - Os ganhos no processo de melhoria *Lean Six Sigma* vão além dos resultados financeiros.

## 4. Estudo de Caso

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido na cadeia de suprimentos de uma indústria metalúrgica, que extrai, processa e produz alumínio para diversos segmentos da indústria. O problema em questão trata da integração do transporte entre as plantas desta indústria, seus fornecedores e clientes.

### 4.1. Descrição do Processo

O processo de transporte analisado movimentava produtos entre as regiões sudeste e nordeste do Brasil. Os produtos transportados são placas, bobinas de alumínio e coque (matéria-prima na produção de alumínio), sendo que, todos eles são entregues diariamente.

### 4.2 Localização das plantas

As plantas deste processo são: (1) Aratu (planta da empresa em estudo) – localizada no estado da Bahia, responsável pela produção de placas; (2) Pindamonhangaba (planta da empresa em estudo) – localizada no estado de São Paulo, responsável pela produção de bobinas de alumínio; (3) Camaçari (planta do Cliente) – localizada no estado da Bahia, responsável pela produção de latas de alumínio; (4) Cubatão (planta do fornecedor) – localizado no estado de São Paulo, responsável pela produção do coque.

### 4.3 Características dos Produtos

Os produtos envolvidos no processo possuem características, dimensões, formas de carregamento, descarregamento e armazenagem diferentes. (1) As Placas de Alumínio têm peso de 6,5 a 14 toneladas, forma retangular, as dimensões variam na largura de 1.050 a 1.850 milímetros, no comprimento de 3.650 a 5.500 milímetros, e na altura medem 610 milímetros. O transporte das placas tem origem na planta de Aratu e destino na planta de Pindamonhangaba; (2) As Bobinas de Alumínio tem peso médio de 9,2 toneladas, forma cilíndrica, diâmetro de 1.750 milímetros e comprimento de 1.525 milímetros. O transporte das bobinas tem origem em Pindamonhangaba e destino na planta de Camaçari (cliente); (3) O Coque é um produto a granel, e matéria-prima na manufatura de anodos para produção de alumínio. É um produto que não requer grandes cuidados durante o manuseio e transporte. O transporte do coque tem origem em Cubatão e destino na planta de Aratu.

O processo compreende o transporte dos produtos, o carregamento, descarregamento dos mesmos e os tempos de portaria das plantas envolvidas. As portarias analisadas realizam as atividades de recebimento, pesagem dos veículos vazios e autorização de entrada. Após entrada na planta e carregamento dos veículos, os mesmos retornam a portaria para nova pesagem, autorização de saída e emissão de Nota Fiscal. Todo o processo de transporte é feito com transportadoras diferentes sem sinergia entre elas.

Este trabalho tem como escopo demonstrar a aplicação do *Lean Six Sigma* na solução de um problema de transporte da indústria metalúrgica, para isto, foram seguidas às fases do DMAIC, bem como as técnicas e ferramentas recomendadas em cada delas.

#### 4.4. Fase Definir

Para George (2002), o principal objetivo desta fase é clarificar os objetivos e refinar o entendimento do potencial valor do projeto LSS. Nesta etapa deve ser entendido qual é o problema, qual é a meta a se atingir, quais são os clientes ou consumidores afetados pelo problema, qual é o processo relacionado ao problema e qual é o impacto econômico do projeto LSS. As ferramentas mais usadas na fase definir têm dois propósitos: (a) Documentar as informações chaves sobre o projeto LSS – Contrato do Projeto; (b) Prover a macro visualização da cadeia de valor, com objetivo para um esforço de melhoria – *SIPOC*, palavra composta pelas iniciais em inglês, *Supplier, Input, Process, Output, Customer*.

O Contrato do projeto LSS é o principal documento que define os objetivos, escopo e impacto financeiro nesta fase do projeto. Segundo Werkema (2002), o Contrato do Projeto é constituído basicamente dos seguintes itens – título do projeto; descrição do problema; definição da meta; avaliação do histórico do problema; escolha da equipe de trabalho e cronograma preliminar da equipe de trabalho:

- Título do Projeto LSS - integrar a Logística de Transporte entre as fábricas envolvidas no processo (Pindamonhangaba, Aratu, Camaçari – cliente, Cubatão – fornecedor);
- Descrição do Problema - existe uma necessidade grande de redução de custos e integração entre as fábricas, e um item em comum entre elas é o transporte. O problema está em se reduzir os custos, através da otimização do transporte entre as fábricas;
- Definição da meta - redução de 10% dos custos de transporte.

Na fase Definir é escolhida a equipe e validado o cronograma para a execução do projeto. Antes de iniciar a fase Medir é importante realizar um macro mapeamento do processo, através da ferramenta SIPOC, indicando quem são os fornecedores, os clientes, as variáveis de entrada e as variáveis de saída do processo, bem como, as métricas utilizadas para medir o processo.

#### 4.5. Fase Medir

Para George (2002), o propósito da fase Medir é obter dados que descrevam a natureza e a extensão do problema. Assim, muitas das ferramentas de coleta de dados usadas nesta fase também têm uso subsequente para confirmar as melhorias nas próximas fases. Nessa etapa existe uma ampla variedade de dados e ferramentas de processos que incluem técnicas de *brainstorming*, ferramentas de mapeamento de processo e inúmeras ferramentas para coletar e mostrar diferentes tipos de dados.

Na fase de Medir, o objetivo é estabelecer uma referência de medição contra a qual é possível medir os melhoramentos alcançados pelo projeto LSS.

No projeto LSS de integração de transporte, a primeira ferramenta utilizada nesta fase foi o mapeamento de processo conforme exemplificado na Figura 3. Estes fluxos de transporte foram mapeados nas diversas plantas envolvidas no projeto.

Na parte inferior da Figura 3, abaixo da linha pontilhada, foram levantados os tempos de pátio, portaria, expedição e viagem. Na parte superior da figura, acima da linha pontilhada, foram mapeadas as etapas dos processos. Os tempos apresentados no processo são o tempo médio ( $\bar{x}$ ) e o desvio-padrão ( $sdt$ ).

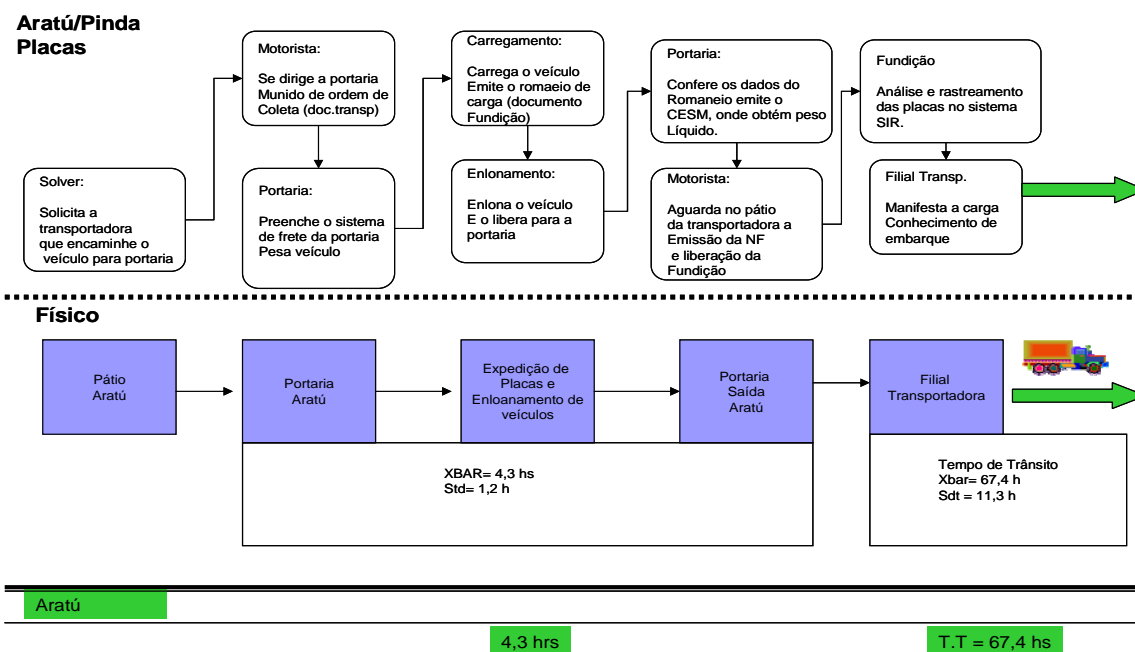


Figura 3 – Fluxo do processo de entrega de placas da Planta de Aratu para Pindamonhangaba

Após os mapeamentos de processo, foram realizados planos de coleta de dados, onde foram determinados os dados a serem coletados, definição operacional dos indicadores, localização dos dados, como eles serão coletados, quais os responsáveis pelas coletas, quando serão as coletadas e qual o tamanho das amostras.

Depois de identificadas todas as informações, os dados foram apresentados utilizando-se gráficos de controle. Neste caso em específico não foram explorados os limites de controle nem a amplitude do processo. Na fase Medir foi estabelecido o “estado atual” do processo, foi determinado o que estava realmente acontecendo com o processo no local de trabalho e como o mesmo funciona.

#### 4.6. Fase Analisar

A primeira análise foi verificar quais as fontes de variação do processo de transporte. Como as maiores fontes de variação do processo estavam relacionadas ao tempo de viagem, decidiu-se pela revisão do escopo.

O novo escopo do projeto LSS focou nas atividades do processo que eram realizadas pela empresa em estudo, ou seja, desde a chegada dos caminhões no pátio da empresa, entrada pela portaria, carregamento ou descarregamento, até a saída pela portaria. O projeto LSS agiu no tempo de permanência dos veículos nas plantas de Aratu e Pindamonhangaba. Nas plantas de Camaçari, de propriedade do cliente, e Cubatão, de propriedade do fornecedor, não houve autorização para atuação nos processos.

Os tempos de viagem entre as plantas foram melhorados através de iniciativas de uma nova transportadora contratada para ser parceira neste processo. A troca foi importante, pois eliminou possíveis obstáculos e vícios que as transportadoras antigas tinham. Além disso, a nova transportadora possuía infra-estrutura capaz de absorver o processo integrado, inclusive agregando alguns outros clientes ao fluxo.

Em contrapartida, a empresa em estudo tratou das ações de melhoria interna para diminuir o tempo de permanência de caminhões na carga e descarga de produtos, através de *Kaizens*, realizados em suas plantas de Aratu e Pindamonhangaba.

Conforme George (2002), o objetivo na fase Analisar é interpretar os dados para estabelecer a relação entre causa e efeito. Nesta fase foi utilizada a ferramenta Matriz Causa e



Efeito (MCE) conforme Figura 4, a qual possibilita, através das variáveis de entrada do processo, estabelecer quais delas são as mais críticas, ou que têm maior impacto no processo.

Cause and Effect Matrix					
Rating of Importance to Customer		10	10		
KPIV		Custo do transporte por ton	Entrega do produto no prazo	Total	
	Process Step	Process Input			
1	Aguardar no pátio para ser chamado na portaria	Fila na portaria	1	1	20
2		Pernoite dos caminhões	9	9	180
3	Chamado da Portaria para abrir a partida	Horário de Funcionamento da Portaria	9	3	120
4	Portaria - Abertura de Partida e Pesagem de caminhão	Sistema informatizado da portaria	1	1	20
5		Posicionamento do Veículo para pesagem	3	3	60
6	Portaria Autorização de Entrada p/ carregamento	Fila no Carregamento	3	9	120
8	Carregamento do Material	Quantidade de M.O	3	1	40
9		Horário de Funcionamento para carregamento	3	3	60
10		Concorrência com outros produtos	1	1	20
11		Montagem de Carga	1	1	20
12		Disponibilidade de Equipamento	3	3	60
13	Descarregamento do Material	Quantidade de M.O	1	1	20
14		Horário de Funcionamento Expedição	3	3	60
15		Disponibilidade de Equipamento	1	1	20
16	Portaria Autorização para saída	Fila na saída - mais de um ponto de carregamento e descarregamento	3	3	60
17		Problemas de sistema para fechamento de partida ou emissão de NF	1	1	20
18	Tempo de Viagem - Transit Time	Manutenção dos Caminhões	1	1	20
19		Horário de Circulação dos veículos pelas estradas	9	9	180
20		Carga de Retorno	9	9	180
21		Falta de comprometimento dos motoristas	3	3	60
22		Estradas em má estado de conservação	3	3	60

Figura 4 – Matriz de Causa e Efeito (MCE)

Por meio do uso do MCE, as entradas mais críticas ao processo ou as causas raízes foram divididas em duas frentes, uma que foi tratada dentro do projeto LSS e outra que foi tratada pela transportadora contratada para a integração do fluxo de transporte entre as plantas.

As causas raízes tratadas dentro do projeto LSS foram: (a) Filas nas portarias; (b) Tempo de espera nos pontos de carregamento e descarregamento; (c) Horários de funcionamento das portarias; (d) Horários de funcionamento nos pontos de carga e descarga; (e) Mão-de-obra e disponibilidade de equipamentos; (f) Pernoite dos veículos.

As causas raízes tratadas pela transportadora contratada para integrar o fluxo de transporte foram: (a) Carga de retorno; (b) Horário de circulação dos veículos; (c) Falta de comprometimento do motorista com os prazos de entrega.

#### 4.7. Fase Melhorar

No estudo de caso em questão, foi decidido implementar as ações de melhoria, através de *Kaizens*, pois se concluiu ser a forma mais rápida para solução do problema. Durante as semanas de *Kaizen* foram revisados os mapeamentos do fluxo de transporte e realizadas as melhorias no processo. Para George *et al.* (2005), o *Kaizen* pode ser utilizado dentro de um projeto LSS quando: (a) Fontes de desperdícios óbvias foram identificadas; (b) O escopo de um

problema está claramente definido e compreendido; (c) O risco da implementação é mínimo; (d) Os resultados são necessários imediatamente; (e) É desejável aumentar a velocidade e adquirir credibilidade.

Os *Kaizens* foram realizados em duas plantas da empresa em estudo, Pindamonhangaba e Aratu. Nestes eventos participaram funcionários das áreas de balança, portaria, suprimentos, produção e balança.

#### **4.7.1. Kaizen Aratu**

Na planta de Aratu o processo foi mapeado desde a chegada do produto coque para a descarga até a saída do caminhão carregado com placa. Identificados os problemas e as possíveis soluções, por meio de *braisntorms* e diagrama de *ishikawa*, realizou-se um plano de ação para a melhoria. As ações foram distribuídas para os responsáveis com prazos para serem executadas, algumas de imediato e outras, ocorreram no máximo 20 dias após a conclusão do evento *Kaizen*.

Os resultados conseguidos foram embasados no melhor gerenciamento do processo com planejamento e programações diárias junto à transportadora. Outro aspecto importante foi estipular um tempo máximo para a colocação de veículos nas plantas, ter regras e melhores controles do processo. Com relação ao carregamento das placas na expedição, as ações para a melhoria do problema foram ter as cargas já separadas e identificadas para não atrasar o carregamento dos caminhões, além de janelas de horários de carregamento na expedição. No que diz respeito à liberação dos veículos para viagem, determinou-se que os mesmos não podiam ser solicitados, enquanto, o material não estivesse sido amostrado e liberado pelo laboratório técnico, o que forçou o sistema ser mais rápido e enxuto.

Para finalizar o evento *Kaizen* foi realizada uma apresentação final da equipe, na qual foram formalizados os resultados e o plano para sustentar estes resultados. O processo como um todo em Aratu reduziu o tempo de permanência dos caminhões na fábrica em 12,5 h.

Similarmente à planta de Aratu, o mesmo método e ferramentas foram usados no *Kaizen* na planta de Pindamonhangaba, na qual conseguiu-se uma melhora nos tempos de carga e descarga dos materiais de 1,1 h. Na planta de Pindamonhangaba não houve oportunidades significativas de melhoria, pois a mesma tem trabalhado fortemente na melhoria contínua dos seus processos logísticos internos nos últimos anos.

Os ganhos em horas das plantas de Aratu e Pindamonhangaba foram convertidos em redução do preço do frete junto à transportadora, pois, com a melhora nos tempos de carga e descarga do material conseguiu-se um giro melhor dos caminhões e, conseqüentemente, um custo melhor na operação.

#### **4.7.2. Comparação dos Resultados com o *baseline***

A redução do tempo de permanência dos caminhões nas plantas trouxe benefícios para a transportadora, a qual pode ter um giro melhor dos caminhões e proporcionou uma redução nos preços do frete da ordem de 3%. Entretanto, o ganho de maior impacto foi à integração dos fluxos com o aproveitamento dos volumes transportados entre as regiões sudeste e nordeste do Brasil, o qual foi fortalecido por meio da inclusão de volumes adicionais de outros clientes da transportadora contratada. De forma geral, os preços do frete reduziram em média 15%. A redução dos custos por tonelada trouxe um benefício significativo para todo o fluxo de transporte.

O *baseline* do projeto LSS em questão foi o custo de transporte. O principal indicador de saída deste projeto LSS foi o custo por tonelada transportada de cada produto envolvido no fluxo, representado como  $Y = \text{u.m./tonelada transportada}$ , onde u.m. representa unidades monetárias. Os valores foram convertidos com o uso de um fator de indexação protegendo informações confidenciais sobre os custos de transporte da empresa em estudo.

Na Figura 5, os custos do transporte das placas estão representados através de valores monetários. O objetivo da carta de controle na fase Melhorar é mostrar a evolução dos custos após as mudanças realizadas no processo de transporte. Os gráficos mostram a evolução dos custos antes e depois do projeto LSS, os quais permitem perceber uma redução significativa no custo de transporte dos produtos. Apesar do resultado positivo dos custos, foram realizados testes de hipóteses para confirmar e validar estes resultados.

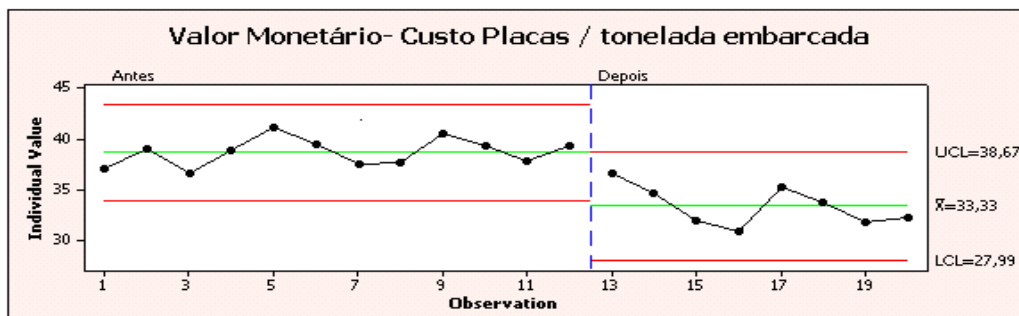


Figura 5 – Comparação dos resultados com o *baseline* (transporte de placas)

#### 4.8. Fase Controlar

A fase controlar foi muito importante para impedir que o problema já resolvido ocorresse novamente no futuro. Nesta fase os processos passaram à ser monitorados, por meio dos planos de controle, e revisão dos procedimentos existentes. Conforme George (2002), a fase Controlar é para se ter certeza que os ganhos conseguidos serão preservados.

#### 5. Discussão sobre os Resultados

Os resultados financeiros foram apresentados e validados na fase Melhorar do projeto LSS, e na fase Controlar passaram a ser monitorados de forma a serem preservados ao longo do tempo. A empresa em estudo reduziu seus custos nos fluxos de transporte citados neste trabalho em média 15%. Entretanto, os maiores benefícios para a empresa, estiveram na aplicação do programa LSS, e principalmente, na capacitação das equipes para a condução de projetos.

Com aplicação da metodologia exposta foram levantadas algumas proposições que foram examinadas dentro do escopo de estudo, as quais poderiam ser refutadas ou validadas.

(P1) É possível unir o *Lean* e o *Six Sigma* de forma integrada na resolução de um problema. Esta proposição foi validada dentro do escopo de estudo, pois através do ciclo DMAIC, foi possível utilizar ferramentas do *Lean*, como mapeamento de processo, *brainstorms*, *kaizens*; e ferramentas do *Six Sigma*, como gráficos de controle, teste de hipótese, plano de controle e matriz de causa e efeito. O DMAIC é utilizado no *Six Sigma* como abordagem padrão para a condução dos projetos de melhoria, sendo que, na junção das duas filosofias *Lean Six Sigma*, preservou-se esta poderosa abordagem para a resolução e estruturação dos problemas.

(P2) O evento *Kaizen* pode ser usado dentro do programa *Lean Six Sigma*. Esta proposição foi validada. Durante a fase Melhorar do problema de transporte em estudo, foi introduzido o *Kaizen* para agilizar a execução das ações de melhoria e, conseqüentemente, os ganhos do projeto LSS.

(P3) Os ganhos no processo de melhoria *Lean Six Sigma* vão além dos resultados financeiros. Esta proposição foi validada. Neste estudo de caso, além dos ganhos financeiros, percebeu-se que o problema foi solucionado de forma estruturada. O processo de melhoria proporcionou ao grupo de trabalho aprendizado, por meio das ferramentas do *Lean* e *Six Sigma*, as quais poderão ser usadas em problemas futuros dentro da empresa. Outro aspecto importante foi não dividir os recursos internos da empresa em duas frentes de trabalho (*Lean* e *Six Sigma*).

#### 6. Conclusão

O trabalho em questão mostrou uma explanação do estudo de caso no sentido de buscar evidências e conclusões lógicas sobre as diversas fontes de dados. Estas conclusões foram validadas junto às proposições da pesquisa, trazendo novos elementos para o entendimento do funcionamento de um processo de melhoria que contenha o a abordagem integrada do *Lean* e *Six Sigma* na solução de problemas.

Os resultados obtidos ultrapassaram a meta inicial do projeto LSS. Outro aspecto muito importante foi à resolução do problema de forma estruturada, através da utilização do DMAIC, o que permitiu entender claramente o problema, estabelecer o “estado atual” antes das melhorias,

analisar os dados, desenvolver as alternativas de solução, selecionar a melhor solução, implementar as ações, validar os resultados e controlar o processo melhorado.

Finalizando, o *Lean Six Sigma* pode ser visto como uma arma de competitividade, pois otimiza significativamente os processos produtivos, além de eliminar perdas e garantir o máximo de lucratividade para a empresa.

### Referências

- Amado, R.F. e Rozenfeld, H.**, Análise da Aplicabilidade do Método DMAIC do Modelo Seis Sigma. In.: SIMPEP, 13., 2006, Bauru, SP. Anais... Bauru,SP: Feb/UNESP , 2006. 9 p.
- Antony, J. e Banuelas, R.**, Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence*, v.6, n.4, p. 20-27, Abr. 2002.
- Arnheiter, E.D. e Maleyeff, J.**, The Integration of Lean Management and Six Sigma. *TQM Magazine – Total Quality Management*, v.17, n.1, p. 5-18, Jan. 2005.
- Bossert, J.**, Lean and Six Sigma – synergy made in heaven. *Quality Progress*; v.36, n. 7, p.31, Jul. 2003.
- Fernandes, P.M.P. e Ramos, A.W.**, Considerações sobre a integração do Lean Thinking com o Seis Sigma. In.: ENEGEP, 26., 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza, Ceará: , Brasil: UNIFor, 2006. 7 p.
- George, M. L.**, *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. EUA: McGraw-Hill Companies, 2002. 322p.
- George, M.L.**, et al. *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. EUA: McGraw-Hill Companies, 2005. 282p.
- Goldsby, T. e Martichenko, R.**, *Lean Six Sigma Logistics*. EUA: J.Ross Publishing, 2005. 282p.
- Ha, S.M.**, Continuous Processes Can Be Lean. *Manufacturing Engineering*. v.138, n.6, p.103-109, Jun. 2007.
- Harry, M. e Schroeder, R.**, *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Doubleday, NY: Random House, 2000.
- Hines, P. , Holweg M. e Rich N.**, Learning to evolve – A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, v.24, n.10, p.994-1011, Oct. 2004.
- Miguel, P.A.C.**, Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para a sua condução. *Produção*, v.17, n.1, p.216-229, jan. 2007.
- Pannell, A.**, Happy together: Solid Lean Principles are at the Heart of every successful Six Sigma Program. *Industrial Engineer*, v.38, n. 3, p.46 – 49, Mar. 2006.
- Straatmann, J.**, Estudos de Práticas Adotadas por Empresas que Utilizam a Produção Enxuta em Paralelo ao Seis Sigma no Processo de Melhoria. Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- Vasconcellos, L.H.R , Junior, O.C. e Chap, C.R.**, A aplicação da metodologia Seis Sigma em serviços: um Estudo de Caso de uma instituição financeira. In.: IX SIMPOI – Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 9., 2006, São Paulo. Anais... São Paulo: FVG/EAESP, 2006.
- Werkema, M.C.**, Criando a Cultura Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. p.253. v.2.
- Werkema, M.C.**, *Lean Six Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing*. Belo Horizonte: Werkema, 2006. p.116. v.4.
- Werkema, M.C.**, Evolução do Seis Sigma, 2006. Disponível em <<http://www.banasqualidade.com.br/sixsigma/artigos.asp>>. Acesso em: 10 set. 2007.
- Womack, J.P.**, *Mentalidade Enxuta nas empresas: Lean Thinking* . 4.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004, 432p.
- Womack, J.P., Jones, D.T. e Roos, D.**, *A Máquina que Mudou o Mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 2004. 360 p.
- Yin, R.K.**, *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.