

## APLICAÇÃO DO LEAN SIX SIGMA NA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE

## LEAN SIX SIGMA APPLICATION TO TRANSPORTATION LOGISTICS

Simone Tavares Fernandes\* E-mail: [simone.tavares@novelis.com](mailto:simone.tavares@novelis.com)

Fernando Augusto Silva Marins\* E-mail: [fmarins@feg.unesp.br](mailto:fmarins@feg.unesp.br)

\*Universidade Estadual Paulista, UNESP, Guaratinguetá, SP

**Resumo:** Este trabalho apresenta a aplicação do *Lean Six Sigma* em um estudo de caso numa 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 chaves:** Lean. Six Sigma. Logística de Transporte. DMAIC. Indústria Metalúrgica.

**Abstract:** This work presents the application of Lean Six Sigma in a case study of a 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 related to the transportation of goods among units of a 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.

**Keywords:** Lean. Six Sigma. Transportation Logistics. DMAIC. Metallurgic Industry.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Ha (2007), os dois programas mais populares de processo de melhoria usados hoje são *Lean Manufacturing (LM)* e o *Six Sigma (SS)*, originados na Toyota e Motorola, respectivamente. O *LM* foca na eliminação de desperdício, definido como algo desnecessário para a produção de um produto ou serviço; e seus objetivos são eliminar desperdícios em cada área do negócio, incluindo as relações com clientes, desenvolvimento de produtos, rede de fornecedores e gestão da fábrica (MONTGOMERY, 2010; PEPPER; SPEDDING, 2010).

O SS, 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 (MONTGOMERY, 2010; PEPPER; SPEDDING, 2010).

Segundo Montgomery (2010) e Pannel (2006), os dois programas de melhoria juntos, compondo o *Lean Six Sigma (LSS)*, são uma forma de alavancar os resultados na empresa, isto porque, ambos têm foco em processos, o *LM* busca reduzir desperdícios no processo e o *SS* busca reduzir variação dos parâmetros do processo que afetam as características de qualidade do produto.

Neste contexto, o objetivo geral desta pesquisa foi demonstrar a aplicação do *LSS*, identificando seus benefícios em um caso real na indústria metalúrgica. Mostra-se a implementação de um projeto de melhoria, com o uso das etapas do DMAIC, do evento *Kaizen* e questões de colaboração no transporte entre as unidades da indústria metalúrgica, seus fornecedores e clientes.

Como objetivos específicos desta pesquisa têm-se:

- Demonstrar a aplicação do *Lean* e *Six Sigma* de forma integrada e as etapas DMAIC em um problema real da indústria;
- Demonstrar a aplicação do *Kaizen* com o uso das etapas DMAIC em um programa de melhoria *LSS*;
- Analisar os resultados da implementação do projeto *LSS* de transporte na empresa em estudo;
- Identificar os benefícios da utilização do programa de melhoria *Lean Six Sigma*, das etapas do DMAIC e do evento *Kaizen*.

Segundo Fernandes; Ramos (2006) e Snee (2010), as empresas estão buscando tornarem-se cada vez mais competitivas perante o mercado mundial. Para isso é preciso implementar soluções eficientes, às quais permitam reduzir os tempos e ciclos, o consumo de recursos naturais e ainda, aumentar a qualidade; a fim de superar os competidores mundiais e conquistar os clientes, cada vez mais exigentes no mercado mundial globalizado.

Muito se tem discutido acerca da implantação de programas de melhoria da qualidade em empresas industriais. Estas buscam, invariavelmente, a maior qualidade ao menor custo. Segundo Hoerl; Gardner (2010), combinar as ferramentas do *Lean* com o *Six Sigma* vem se tornando popular nos últimos anos, daí surgindo o *Lean Six Sigma*.

Na literatura consultada não foi encontrada de forma clara uma estrutura para a implementação do *Lean Six Sigma*; foram consultados periódicos, livros e dissertações que descrevem os possíveis benefícios da junção, mas não ilustram a sua aplicação.

Straatmann (2006) constatou em sua dissertação, que a literatura sobre o *Lean Six Sigma* é ainda muito escassa, principalmente em relação às aplicações práticas nas empresas e a forma que esses processos são utilizados. Este autor complementa que a literatura apresenta uma proposta de treinamento diferenciado para os agentes do *Lean Six Sigma*, com o ensino de conceitos e métodos enxutos junto ao treinamento padrão do *Six Sigma*, o qual pode ou não, ser suficiente para uma operacionalização dos dois processos de melhoria de forma integrada.

É neste contexto que o presente trabalho se justifica, pois demonstra a eficiência de projetos *LSS*, evidenciando a implementação e os ganhos que se podem obter a partir da utilização desta estratégia no esforço de melhoria da organização.

O entendimento de como implementar um projeto *LSS* pela empresa, traz à literatura um conhecimento real das práticas adotadas e dos benefícios da adoção das mesmas. Além disso, o tema tem relevância e atualidade confirmadas pela participação e edição de trabalhos em congressos acadêmicos, nacionais e internacionais, sendo também, objeto de interesse de grandes empresas.

O trabalho está organizado como se segue. A Seção 2 apresenta os principais conceitos e técnicas relativas ao *LM*, *SS*, *LSS* e *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, destacando-se as contribuições do trabalho. Finalmente, na Seção 6, são apresentadas as conclusões, seguidas da bibliografia consultada.

## 2 CONCEITOS BÁSICOS

O *Lean Manufacturing (LM)*, ou manufatura enxuta, 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, buscando fazer cada vez mais com menos (menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço) e, ao mesmo tempo, melhorar o atendimento aos clientes (MONTGOMERY, 2010).

Pepper; Spedding (2010) sintetizaram 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. Este autor citou que as principais ferramentas usadas para colocar em prática os princípios do pensamento enxuto (*Lean Thinking*) são: Mapeamento do Fluxo de Valor; Métricas *Lean*; *Kaizen*; *Kanban*; Padronização; 5S; Redução de *setup*; *Total Productive Maintenance*; Gestão Visual e *Pokayoke*.

Segundo Bossert (2003), o SS é um programa para melhorar a capacidade de processos, usando ferramentas estatísticas para identificar e reduzir ou eliminar a variação dos processos. Vasconcellos *et al.* (2006) explicam que *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. O SS tem, como medida de desempenho e meta para a operação de processos, uma taxa de 3,4 falhas por milhão de atividades ou oportunidades.

O SS 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 SS de melhoria de desempenho de produtos e processos. Para Ha (2007), tanto o *LM* quanto *SS* têm um foco central que tem sido a base para sua estrutura e ferramentas. Conforme Snee (2010), ambos, *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*, são ferramentas que se completam, não competindo entre si. Vários autores defendem que as duas iniciativas devem ser tratadas de forma integrada (ARNHEITER; MALEYEFF, 2005; WERKEMA, 2006; PANNELL, 2006; FERNANDES; RAMOS, 2006; MONTGOMERY, 2010; HOERL; GARDNER, 2010, PEPER; SPEDDING, 2010).

Na opinião de Werkema (2006), o *LM* 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 *SS*, que, por sua vez, não enfatiza a melhoria da velocidade dos processos e a redução do *lead time*, aspectos de destaque do *LM*.

O melhor caminho para aproveitar 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 dos modelos mais amplamente usado para as melhorias é o DMAIC (MONTGOMERY, 2010).

A base de um projeto *Lean Six Sigma (LSS)* é o uso das etapas do ciclo DMAIC, descritas por Montgomery (2010) 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 e 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*.

**Figura 1** – Fases do *Kaizen*

Fases do <i>Kaizen</i>				
<b>Preparação do Evento <i>Kaizen</i></b>		<b>Evento <i>Kaizen</i></b>		<b>Follow-up do Evento <i>Kaizen</i></b>
- 3 a 5 dias		- 5 dias		- 15 a 20 dias
- Dedicção parcial da Equipe (aproximadamente 10%)	⇒	- Dedicção total da Equipe (100%)	⇒	- Dedicção parcial da Equipe (de 10 a 30%)
<b>Máximo de 30 dias</b>				

**Fonte:** Werkema (2006)

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 ilustrado na Figura 1. Primeiramente trabalha-se na sua preparação (10% do tempo de dedicação da equipe), no evento *Kaizen* a equipe trabalha 100% do tempo e por fim há o *follow-up* (10% a 30% do tempo de dedicação) (WERKEMA, 2006; GEORGE *et al.*, 2005).

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho de pesquisa aborda questões de integração do transporte, através da implementação de um projeto LSS. O estudo deste processo foi restrito aos problemas e às ações que tenham soluções que estejam ao alcance da empresa em estudo, sendo que, problemas relacionados aos seus parceiros ou à infra-estrutura do país devem ser tratados em trabalhos futuros.

Uma das técnicas de coleta de dados deste trabalho foi a observação participante, na qual existem oportunidades e limitações. Uma oportunidade muito interessante é a capacidade de perceber a realidade do ponto de vista de alguém de dentro da empresa (Colaborador), e não de um posto de vista externo (Consultor). Outra vantagem desse tipo de atividade relaciona-se à sua habilidade em conseguir permissão para participar de eventos que são, de outro modo, inacessíveis à investigação científica, bem como manipular eventos importantes em um estudo de caso (YIN, 2005).

Yin (2005) também relata as limitações da observação participante: ter menos habilidade para trabalhar como um observador externo e assumir funções contrárias aos interesses das boas práticas científicas; ou poder se tornar um apoiador da organização que está sendo estudada. Neste trabalho de pesquisa buscou-se o equilíbrio entre as oportunidades criadas e os problemas no caso da observação participante.

Enfim, este trabalho de pesquisa é limitado à reprodução dos resultados, uma vez que, as probabilidades de ocorrência dos diferentes eventos citados no estudo de caso foram determinadas por especialistas nos processos analisados.

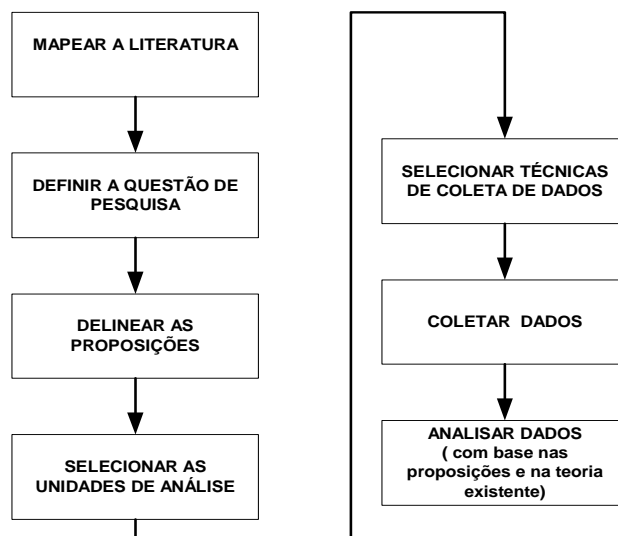
A pesquisa realizada apresenta um caráter exploratório, pois buscou evidenciar como aplicar o LSS e as etapas do DMAIC em um problema real de uma indústria metalúrgica, com uma abordagem quantitativa dos dados, seguindo o procedimento técnico de estudo de caso. As técnicas de coleta de dados utilizadas

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 *LSS* pela empresa em estudo e responder à questão da pesquisa, por meio das proposições levantadas.

O método utilizado segue basicamente o proposto por 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.

O próximo passo é selecionar as unidades de análise, que neste estudo de caso é a empresa metalúrgica estudada, depois são definidas as técnicas de coleta de dados, e realizada a coleta de dados propriamente dita, através dos instrumentos escolhidos. A última etapa é a análise dos dados, procurando um melhor entendimento das variáveis presentes no estudo e da confirmação ou refutação das proposições da pesquisa.

**Figura 2** – Planejamento do estudo de caso



**Fonte:** Adaptado de Miguel (2007)

### **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. Aqui se buscou responder: Como aplicar o *LSS* e as etapas do DMAIC em um problema logístico real dentro de uma indústria metalúrgica? Ainda segundo Yin (2005), cada

proposição direciona a atenção a alguma coisa que deveria ser examinada dentro do escopo de estudo. Assim, 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

A pesquisa foi desenvolvida 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. 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.

As plantas deste processo foram:

- (1) Aratu - BA (planta da empresa em estudo) responsável pela produção de placas;
- (2) Pindamonhangaba – SP (planta da empresa em estudo) responsável pela produção de bobinas de alumínio;
- (3) Camaçari – BA (planta do Cliente) responsável pela produção de latas de alumínio;
- (4) Cubatão – SP (planta do fornecedor) responsável pela produção do coque.

Os produtos envolvidos no processo possuem características, dimensões, formas de carregamento, descarregamento e armazenagem diferentes:

- 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

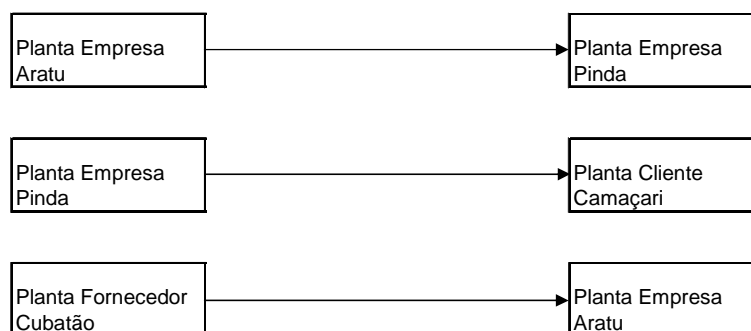


Pindamonhangaba (observe-se que, na Figura 3, esta planta está referenciada como sendo Pinda);

- As Bobinas de Alumínio têm 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);
- O Coque é um produto a granel e é 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.

**Figura 3** - Esquema simplificado do processo de transporte

Origem		Destino		Produto	Toneladas/mês
Aratu – Ba	Empresa	Pinda – SP	Empresa	Placas	5.398
Pinda – SP	Empresa	Camaçari – Ba	Cliente	Bobinas	1.200
Cubatão - SP	Fornecedor	Aratu - Ba	Empresa	Coque	1.498



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 (NF). Todo o processo de transporte (Figura 3) é feito com transportadoras diferentes sem sinergia entre elas.

Na aplicação do LSS na solução de um problema de transporte da indústria metalúrgica foram seguidas as fases do DMAIC, bem como suas técnicas e ferramentas recomendadas, conforme descrito na seqüência.

(a) Fase Definir - Para Montgomery (2010), 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 afetados pelo problema, qual é o processo relacionado ao problema e qual é o impacto econômico do projeto LSS. As ferramentas mais usadas nessa fase objetivam: Documentar as informações chaves sobre o projeto LSS – Contrato do Projeto e Prover a macrovisualização da cadeia de valor usando o SIPOC - *Supplier, Input, Process, Output, Customer*.

Além do Contrato do Projeto LSS e do SIPOC, existe outro aspecto importante nesta fase, que é identificar as necessidades dos principais clientes do projeto, chamado de Voz do Cliente (*Voice of the Customer*). Segundo Goldsby; Martichenko (2005), a Voz do Cliente e o SIPOC são as entradas críticas nesta fase do projeto LSS.

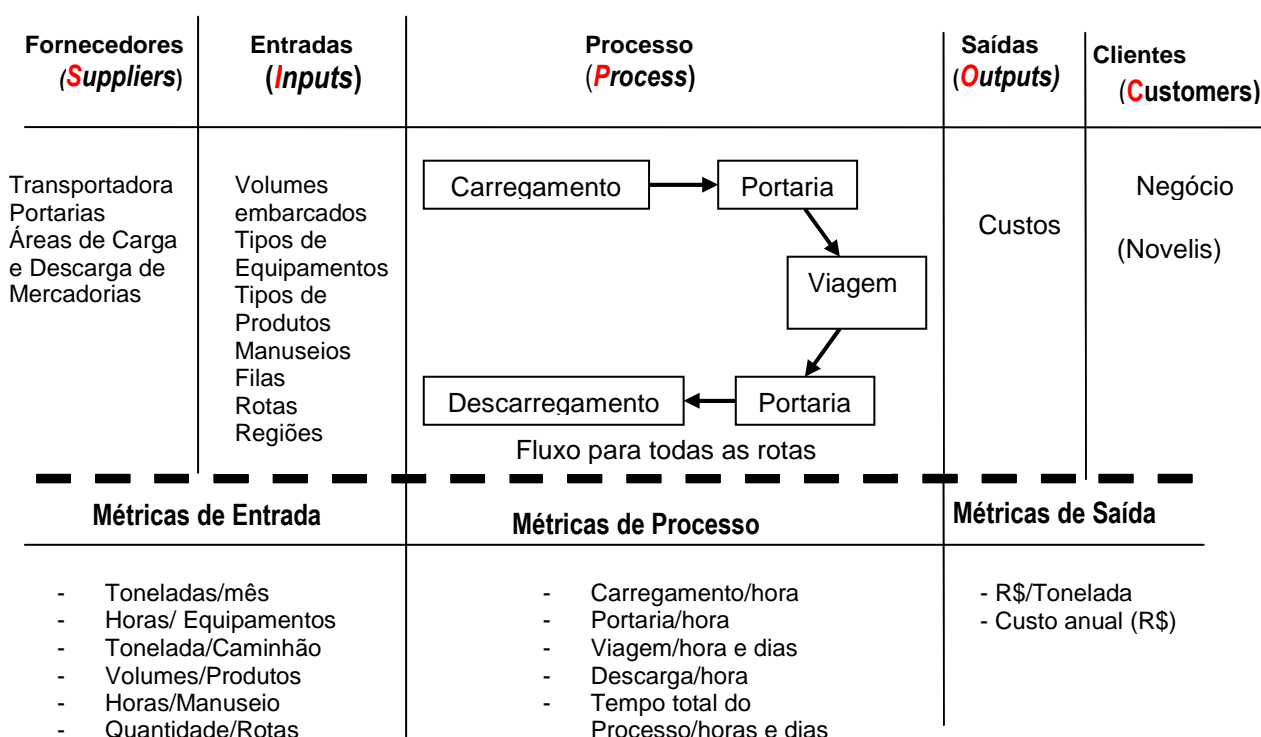
Para Nave (2002), na fase Definir os especialistas começam definindo o processo, perguntam quem são os clientes, quais são seus problemas e identificam as características chaves para o cliente junto ao processo. Então, os especialistas identificam as condições de saída existentes junto aos elementos do processo.

Segundo Werkema (2002), o Contrato do Projeto é constituído basicamente dos seguintes itens: título; descrição do problema; definição da meta; avaliação do histórico do problema; escolha da equipe de trabalho e cronograma preliminar. No Estudo de Caso aqui descrito tem-se:

- **Título** - integrar a Logística de Transporte entre as fábricas envolvidas no processo;
- **Descrição** - 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;
- **Meta** - redução de 10% dos custos de transporte.

No diagrama SIPOC (ver Figura 4) foi identificado o processo, os fornecedores e clientes deste processo. As entradas do processo são as variáveis que abastecem o processo, e são elas que quando modificadas o mudam. As saídas são as variáveis que refletem o resultado do processo. Na Figura 4, abaixo da linha pontilhada, estão os indicadores que medem as variáveis de entrada, do processo e as de saída.

**Figura 4 - Diagrama SIPOC**



Para Goldsby; Martichenko (2005), a Voz do Cliente é um conceito que considera a opinião do cliente sobre os produtos e serviços fornecidos a eles; ela identifica os clientes do processo que será melhorado e as suas exigências críticas, auxiliando na validação do Contrato do Projeto LSS e na declaração do problema.

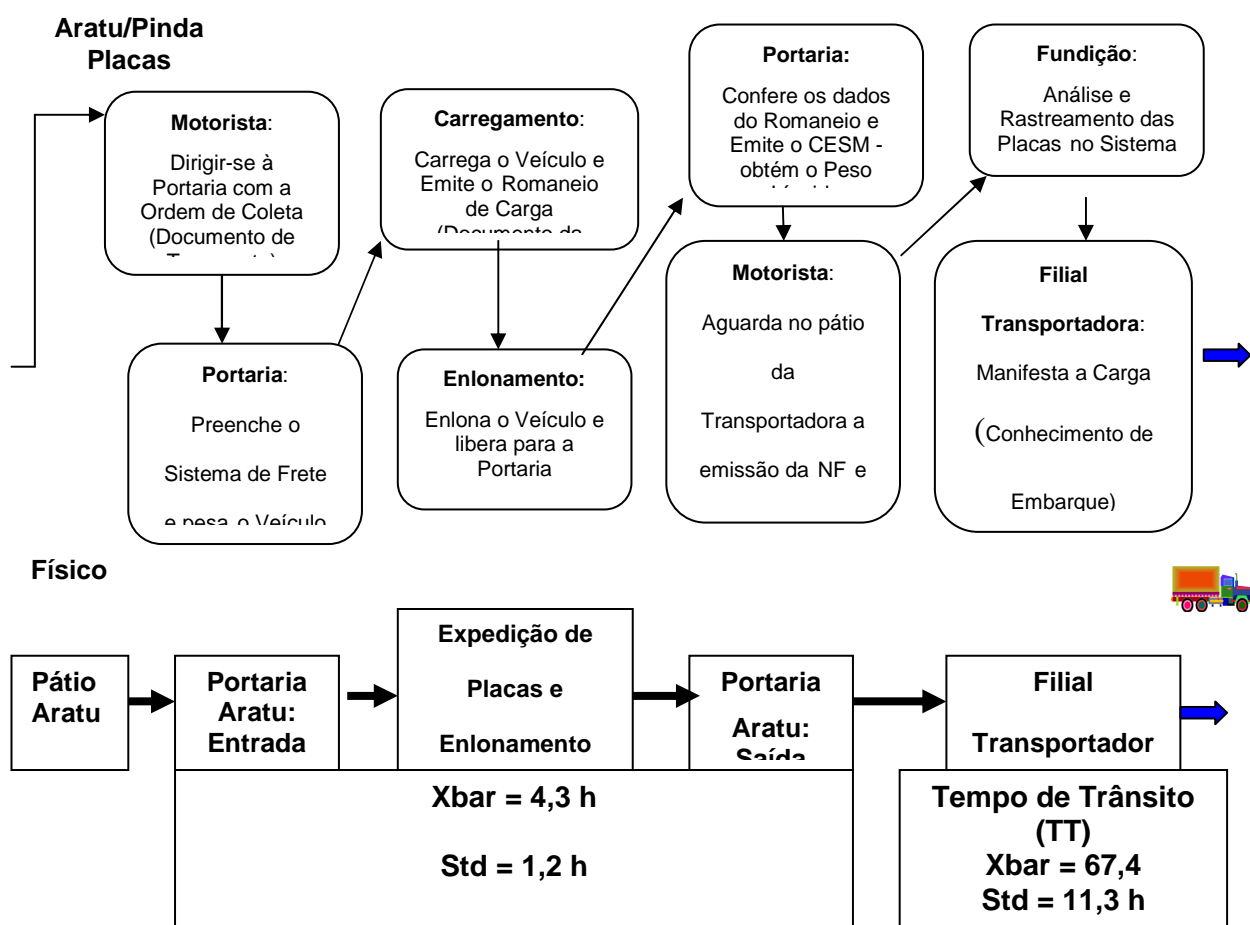
Conforme George (2002), os clientes podem ser: Externos – Indivíduos ou organizações fora do seu negócio; Internos – Áreas dentro da empresa que recebem produtos, serviços, apoio ou informação do seu processo, tais como engenharia, manufatura, qualidade, marketing, finanças, segurança, vendas, aquisição, gerenciamento, acionistas, etc, ou Reguladores – Qualquer órgão governamental que tenha padrões aos quais o processo ou o produto deva estar em conformidade.

Após identificação do cliente, são verificados os requisitos críticos para ele e destes requisitos são determinadas as variáveis chaves de saída deste processo.

O projeto “Integrar a logística de transporte entre plantas da Novelis de Pindamonhangaba-SP, Aratu-BA, cliente e fornecedor” teve como cliente do processo de transporte o próprio negócio. Neste caso, classificou-se o cliente como sendo interno, ou seja, a Novelis foi a maior interessada na realização deste projeto. Os requisitos críticos para o cliente foram os custos de frete, portanto, no modelo DMAIC, o principal objetivo foi reduzir os custos nas contas de frete.

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

**Figura 5 - Fluxo do processo de entrega de placas da Planta de Aratu para Pindamonhangaba**



(b) Fase Medir - Para George (2002), o propósito da fase Medir é obter dados que descrevam a natureza e a extensão do problema. Assim, muitas ferramentas de coleta de dados desta fase também têm uso subsequente, para confirmar as melhorias nas próximas fases, como: técnicas de *brainstorming*, ferramentas de mapeamento de processo e ferramentas para coletar e mostrar diferentes tipos de dados.

No projeto LSS de integração de transporte, a primeira ferramenta utilizada após a fase Definir foi o mapeamento de processo (Figura 5) para o fluxo de Aratu para Pindamonhangada. Estes fluxos de transporte foram mapeados nas diversas plantas envolvidas no projeto. Na parte inferior da Figura 5, abaixo da linha pontilhada, estão os tempos de pátio, portaria, expedição e viagem; na parte superior, acima da linha pontilhada, foram mapeadas as etapas dos processos. Os tempos apresentados no processo são o tempo médio (**Xbar**) e o desvio-padrão (**Std**).

Na fase de Medir, os objetivos são estabelecer uma referência de medição para se poder medir os melhoramentos alcançados pelo projeto LSS. 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 coletas e qual o tamanho das amostras. Nesta fase foi estabelecido o “estado atual” do processo, sendo determinado o que estava realmente acontecendo com o processo no local de trabalho e o seu funcionamento.

**(c) 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, processo sobre gestão da transportadora, decidiu-se pela revisão do escopo.

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

**Figura 6 - MCE - Matriz Causa e Efeito**

<b>Matriz de Causa e Efeito</b>					
<b>Importância para o Cliente</b>			<b>10</b>	<b>10</b>	
	<b>Etapas do Processo</b>	<b>Processo</b>	<b>Custo de Transporte (ton)</b>	<b>Entrega no Prazo</b>	<b>Total</b>
1	<b>Aguardar no Pátio a chamada da Portaria</b>	Fila na Portaria	1	1	<b>20</b>
2		Pernoite dos Caminhões	9	9	<b>180</b>
3	<b>Chamado da Portaria para abrir a Partida</b>	Horário de Funcionamento da Portaria	9	3	<b>120</b>
4	<b>Portaria: Abertura da Partida e pesagem de Caminhão</b>	Sistema Informatizado da Portaria	1	1	<b>20</b>
5		Posicionamento do Caminhão para pesar	3	3	<b>60</b>
6	<b>Portaria: Autorização de entrada para carregamento</b>	Fila no Carregamento	3	9	<b>120</b>
7	<b>Carregamento do Material</b>	Quantidade de Mão de Obra	3	1	<b>40</b>
8		Horário de Funcionamento do Carregamento	3	3	<b>60</b>
9		Concorrência com outros Produtos	1	1	<b>20</b>
10		Montagem da Carga	1	1	<b>20</b>
11		Disponibilidade de Equipamento	3	3	<b>60</b>
12	<b>Descarregamento do Material</b>	Quantidade de Mão de Obra	1	1	<b>20</b>
13		Horário de Funcionamento da Expedição	3	3	<b>60</b>
14		Disponibilidade de Equipamento	1	1	<b>20</b>
15	<b>Portaria: Autorização para Saída</b>	Fila na Saída: mais de um ponto de Carregamento e de Descarregamento	3	3	<b>60</b>
16		Problemas com Sistema de Fechamento de Partida ou Emissão de NF	1	1	<b>20</b>
17	<b>Tempo de Viagem (Transit Time)</b>	Manutenção dos Caminhões	1	1	<b>20</b>
18		Horário de Circulação dos Veículos pelas Estradas	9	9	<b>180</b>
19		Carga de Retorno	9	9	<b>180</b>
20		Falta de Comprometimento dos Motoristas	3	3	<b>60</b>
21		Estradas em Mal Estado de Conservação	3	3	<b>60</b>

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 infraestrutura capaz de absorver o processo integrado, inclusive agregando alguns outros clientes ao fluxo. Em contrapartida, a Novelis 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. Para isso foi utilizada a ferramenta Matriz Causa e Efeito - MCE (Figura 6), a qual possibilita, através das variáveis de entrada do processo, estabelecer quais delas são as mais críticas (com maior impacto no processo). A MCE tem como ponto de partida a definição e o peso das variáveis de saída de importância para o cliente. Neste caso, as variáveis de saída foram o “custo do transporte por tonelada” e a “entrega do produto no prazo”; ambas com peso 10, indicando serem extremamente importantes do ponto de vista do cliente.

Na primeira coluna da Figura 6 (*process step*) foram listadas as etapas do processo, já mapeadas na fase Medir. Na segunda coluna (*process input*) estão identificadas as entradas de cada uma das etapas deste processo.

O grupo de trabalho do projeto *LSS*, envolvendo participantes de diversas áreas de interação com o processo de transporte, atribuiu às entradas do processo notas, considerando-se a variável de saída de importância para o cliente, seguindo a escala 0, 1, 3 ou 9, sendo que, quanto mais crítica a entrada ao processo, maior a nota e quanto menos crítica menor a nota.

Na última coluna da Figura 6, foram multiplicadas as notas dadas às entradas do processo pelo peso da variável de saída de importância para o cliente – “custo do transporte por tonelada” e “entrega do produto no prazo”, estes subtotais foram somados, obtendo o valor apresentado na coluna identificada como Total. A coluna Total estabelece que os maiores valores são as entradas mais críticas do processo. No caso, os itens pernoite dos caminhões, horário autorizado para a circulação dos caminhões nas estradas, carga de retorno, horário de funcionamento da portaria e fila de carregamento, foram identificados como as entradas mais críticas ao processo de integração do transporte.

Após a revisão do escopo foram consideradas as maiores pontuações dentro da MCE que estavam sob a gestão da Novelis. As entradas mais críticas ao

processo, ou 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: Filas nas portarias; Tempo de espera nos pontos de carregamento e descarregamento; Horários de funcionamento das portarias; Horários de funcionamento nos pontos de carga e descarga; Mão-de-obra e disponibilidade de equipamentos e Pernoite dos veículos.

**Quadro 1** - Tempo de carga e descarga de produtos em Aratu

<b>Carregamento da Placa</b>	<b>Tempo (min)</b>
Aguardar na Fila	24
Abrir laterais do caminhão	11
Carga da placa	26
Pregar calços	28
Enlonar	24
Cintar	15
<b>Soma dos tempos</b>	<b>128</b>
<b>Descarga do Coque</b>	<b>Tempo (min)</b>
Tempo de chegada do ajudante	20
Tempo de desenlonamento	6
Tempo para tirar amostra	9
Tempo para preparar o caminhão	5
Tempo de bascular o caminhão	14
Limpeza do caminhão	12
<b>Soma dos tempos</b>	<b>66</b>

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

**(d) Fase Melhorar** - Na Novelis 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: fontes de desperdícios óbvias foram identificadas; o escopo de um problema está claramente definido e



compreendido; o risco da implementação é mínimo; os resultados são necessários imediatamente e é desejável aumentar a velocidade e adquirir credibilidade.

Os *Kaizens*, seguindo o esquema exposto na Figura 1, 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. Primeiramente, houve o trabalho preparatório para facilitar e suportar a atividade da equipe durante o evento *Kaizen*. As pessoas foram definidas, as que ainda não conheciam a metodologia foram treinadas e preparadas para o evento e os objetivos foram definidos claramente. Uma facilidade na fase de definição do evento *Kaizen* é que os dados já haviam sido levantados e analisados no projeto LSS.

No primeiro e segundo dia do evento foi revisado o mapa de fluxo de valor para todas as etapas e tarefas do processo. Os dados já levantados, durante a fase Medir, foram cuidadosamente analisados e checados; e novas medições foram realizadas durante os eventos *Kaizen* na planta de Aratu e Pindamonhangaba. A título de ilustração seguem detalhes sobre o *Kaizen* realizado em Aratu.

### ***Kaizen Aratu***

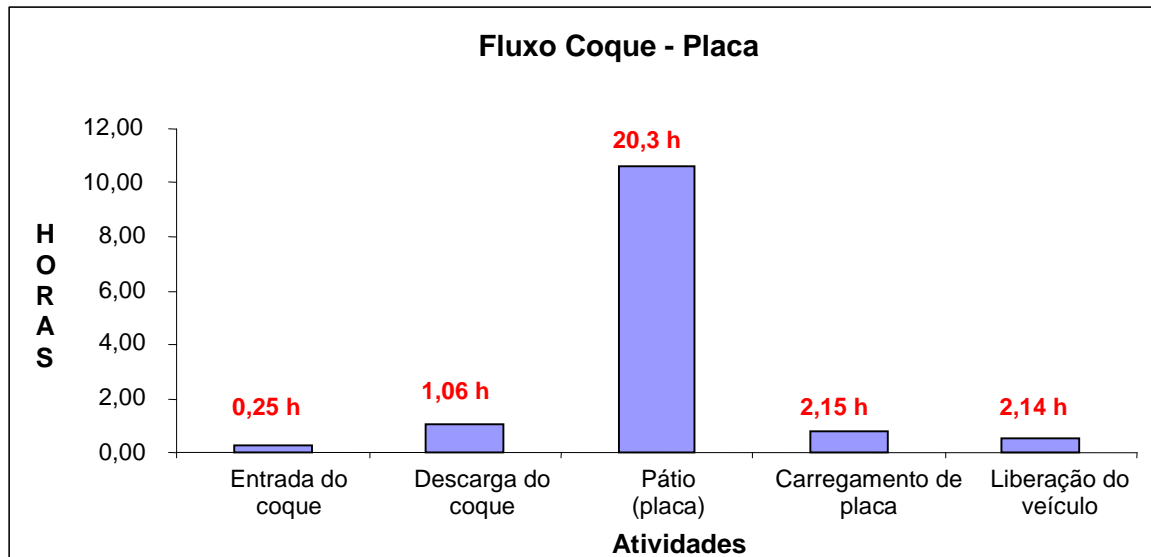
Além dos tempos entre entrada e saída da portaria, foram medidas pelos operadores, as tarefas nos pontos de recebimento e expedição dos produtos. No Quadro 1, apresentam-se os tempos medidos em minutos das etapas de carregamento das placas e descarga do coque na planta de Aratu.

Na planta de Aratu o processo foi mapeado desde a chegada do produto coque para a descarga até a saída do caminhão carregado com placas. O processo está apresentado na Figura 7, onde cada coluna indica uma atividade neste processo; e os números acima das colunas indicam o tempo gasto (em horas) para a execução das mesmas.

As atividades foram listadas e definidas como: Entrada do coque – representa o tempo entre o caminhão entrar na portaria até o início de operação de descarga do coque; Descarga do coque – representa o tempo entre o caminhão iniciar a descarga do produto até a saída pela portaria; Pátio – representa o tempo que o caminhão fica aguardando no pátio para entrar na fábrica e carregar os produtos; Carregamento da placa – representa o tempo entre o caminhão entrar na portaria

até o final do carregamento da placa; e Liberação do veículo – representa o tempo entre o caminhão sair da expedição com placas até a liberação da portaria para viagem.

**Figura 7** – Processo de descarga do coque e carregamento das placas

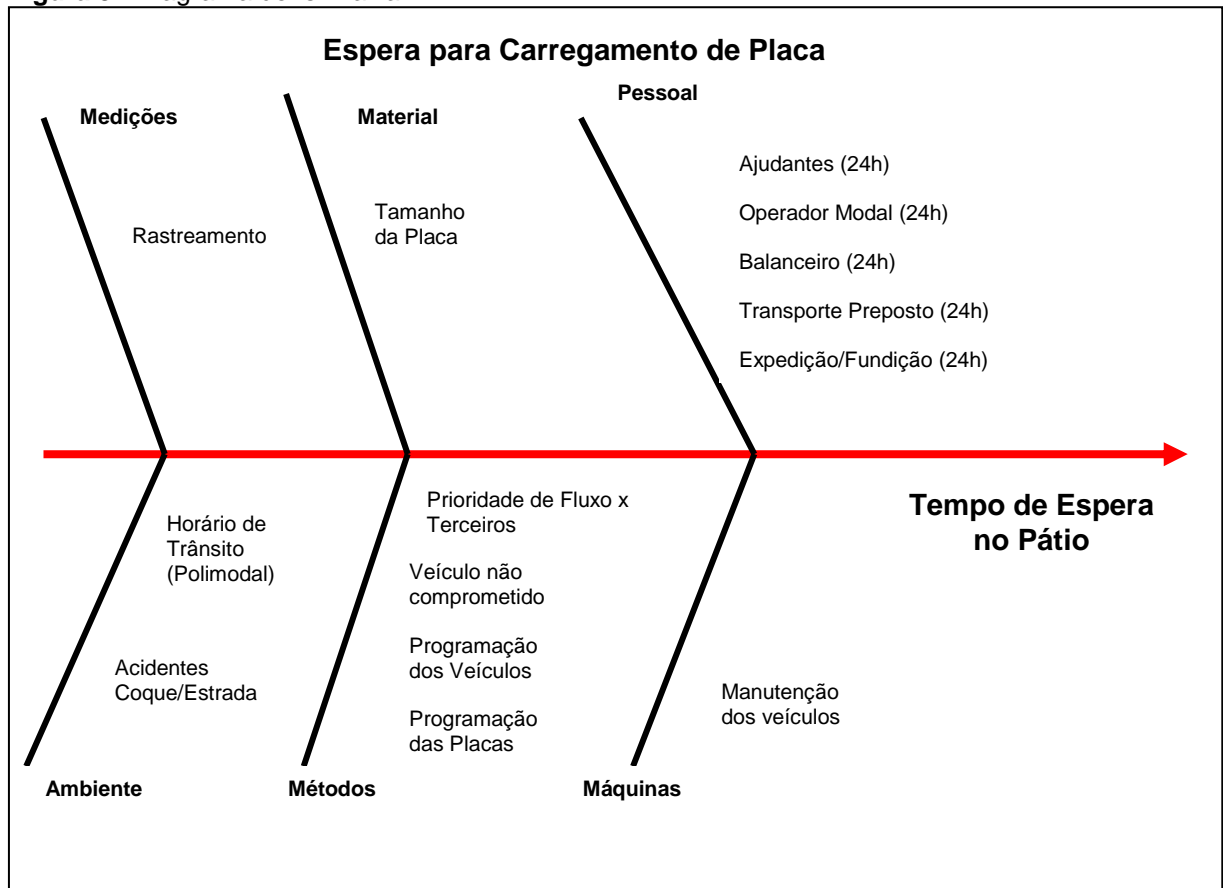


Identificados os problemas e as possíveis soluções, por meio do Diagrama de Ishikawa (Figura 8), realizou-se um plano de ação para a melhoria. Identificadas as causas raízes, o próximo passo foi o uso do *brainstorming* para a geração das soluções. No *brainstorming*, as pessoas deixam a criatividade fluir na busca de idéias e soluções. Essas idéias são escritas sem censura e depois divididas por assunto. A equipe do *Kaizen* seleciona as melhores soluções e cria uma lista de ações para realizar os melhoramentos no processo. 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*.

O principal problema no processo entre a descarga do coque e o carregamento da placa era o tempo que os caminhões permaneciam no pátio, aguardando para entrar na fábrica e carregar material. 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, a ação para a melhoria do problema foi ter as cargas já separadas e identificadas, para não atrasar o carregamento dos caminhões, além de estabelecer janelas de horários de carregamento na expedição.

**Figura 8** - Diagrama de Ishikawa



No que diz respeito à liberação dos veículos para viagem, determinou-se que os mesmos não poderiam 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 (ver Figura 9). Os somatórios dos tempos apresentados na Figura 9 representam os tempos entre a chegada e saída dos caminhões nos locais de recebimento e expedição dos materiais.

**Figura 9** - Redução do tempo de permanência dos caminhões em Aratu

<b>Fluxo de Coque-Placa</b>	<b>Tempo Anterior (h)</b>	<b>Tempo Novo (h)</b>
Entrada do Coque	0,25	0,25
Descarga do Coque	1,06	1,06
Pátio (Placa)	20,30	10,60
Carregamento de Placa	2,15	0,83
Liberção do Veículo	2,14	0,50
Totais	25,90	13,24
<b>Ganho por Veículo (h)</b>	<b>12,66</b>	

Similarmente à planta de Aratu, o mesmo método e ferramentas foram usados no *Kaizen* na fábrica de Pindamonhangaba, conseguindo-se uma melhoria 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 já tinha 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 melhoria nos tempos de carga e descarga do material conseguiu-se um giro melhor dos caminhões e, conseqüentemente, um custo melhor na operação.

**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-se 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 do projeto foi o custo por tonelada transportada de cada produto envolvido no fluxo, mas devido a necessidade de proteger informações confidenciais sobre os custos de transporte da empresa em estudo, este valor não está aqui apresentado.

**Figura 10** - Teste T – Duas Amostras (Placas)

Teste T				
Duas Amostras				
Período	N	Mean	StDev	SE Mean
Antes	12	38,62	1,38	0,40
Depois	8	33,33	2,01	0,71

⇒ (1) Estatística das Amostras

---

Difference = mu (antes) – mu (depois) ⇒ (2) Teste da Igualdade  $\mu_a = \mu_b$

---

Estimate for Difference: 5,292 P < 0,05: Aceita H<sub>1</sub>  
 95% CI for Difference: (3,496; 7,087)

---

T – test of Difference = 0 (vs not = ): **T-Value = 6,49** P-Value = 0,000 DF = 11

↘ **Resultado do Teste**

Houve uma redução significativa no custo de transporte dos produtos, conforme foi comprovado pelos testes de hipóteses realizados (Figura 10). A estatística aplicada no teste de hipótese foi a *t-student*, que é apropriada para amostras pequenas. Para o caso de duas amostras, normalmente aplica-se o Teste T, sendo a hipótese de igualdade a mais utilizada (GEORGE, 2002):

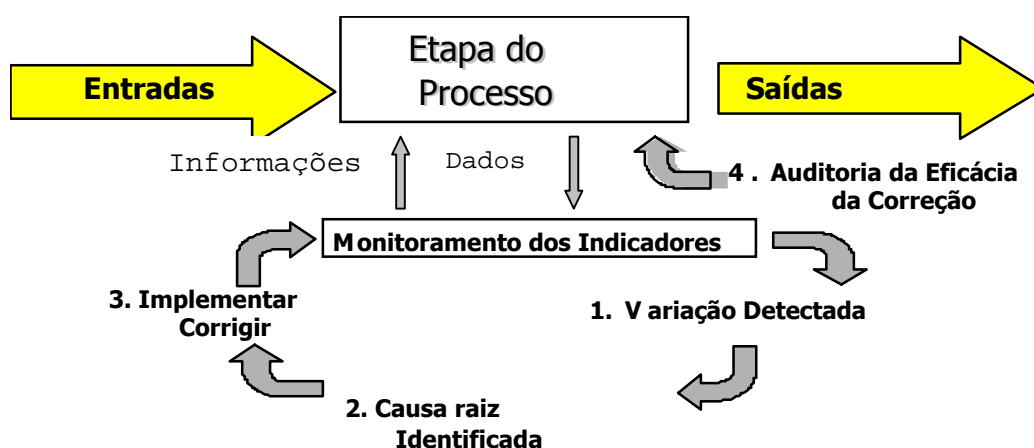
$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Para o cálculo da estatística no projeto LSS foi utilizado o software MINITAB® para o mesmo conjunto de amostras da carta de controle, nomeados de “antes” (valores antes do projeto LSS) e “depois” (valores depois do projeto LSS). Na Figura 10 está ilustrado o resultado do teste de hipótese no MINITAB®. Na primeira caixa pontilhada (1), tem-se a estatística das amostras; na caixa (2), o teste de igualdade, que compara as médias das amostras; e na caixa (3), está o resultado do teste, que analisa se existe diferença estatística significativa entre as duas médias. Antes de iniciar a análise, definiu-se o valor do nível de significância do teste como sendo  $\alpha = 0,05$ . No caso do teste feito para o custo do transporte de placa, o valor *p-value* foi menor que 0,05, rejeitando-se  $H_0$  e aceitando-se a hipótese  $H_1$ . Isto confirmou que, realmente, as amostras testadas eram diferentes e que houve uma mudança no processo.

**(e) Fase Controlar** - A fase controlar foi muito importante para impedir que o problema já resolvido ocorresse novamente no futuro. Nesta fase os processos passaram a serem monitorados, por meio dos planos de controle, e houve uma revisão dos procedimentos existentes, conforme explicado a seguir.

**Figura 11 - Processo de Monitoramento dos Indicadores**



Fonte: Adaptado de George (2002)

O Monitoramento do Processo (ver Figura 11) foi feito através da implementação de indicadores de produtividade em todas as plantas, os quais mediam o tempo de carregamento, descarregamento e as filas no pátio das plantas de Pindamonhangaba e Aratu. A meta do monitoramento dos indicadores é manter os ganhos no longo prazo.

O processo fornece os dados do sistema de medição (implementado por meio de indicadores) e, detectada a variação durante o monitoramento do processo, busca-se pela causa raiz e por fim implementam-se ações para corrigir o problema, e assim sucessivamente.

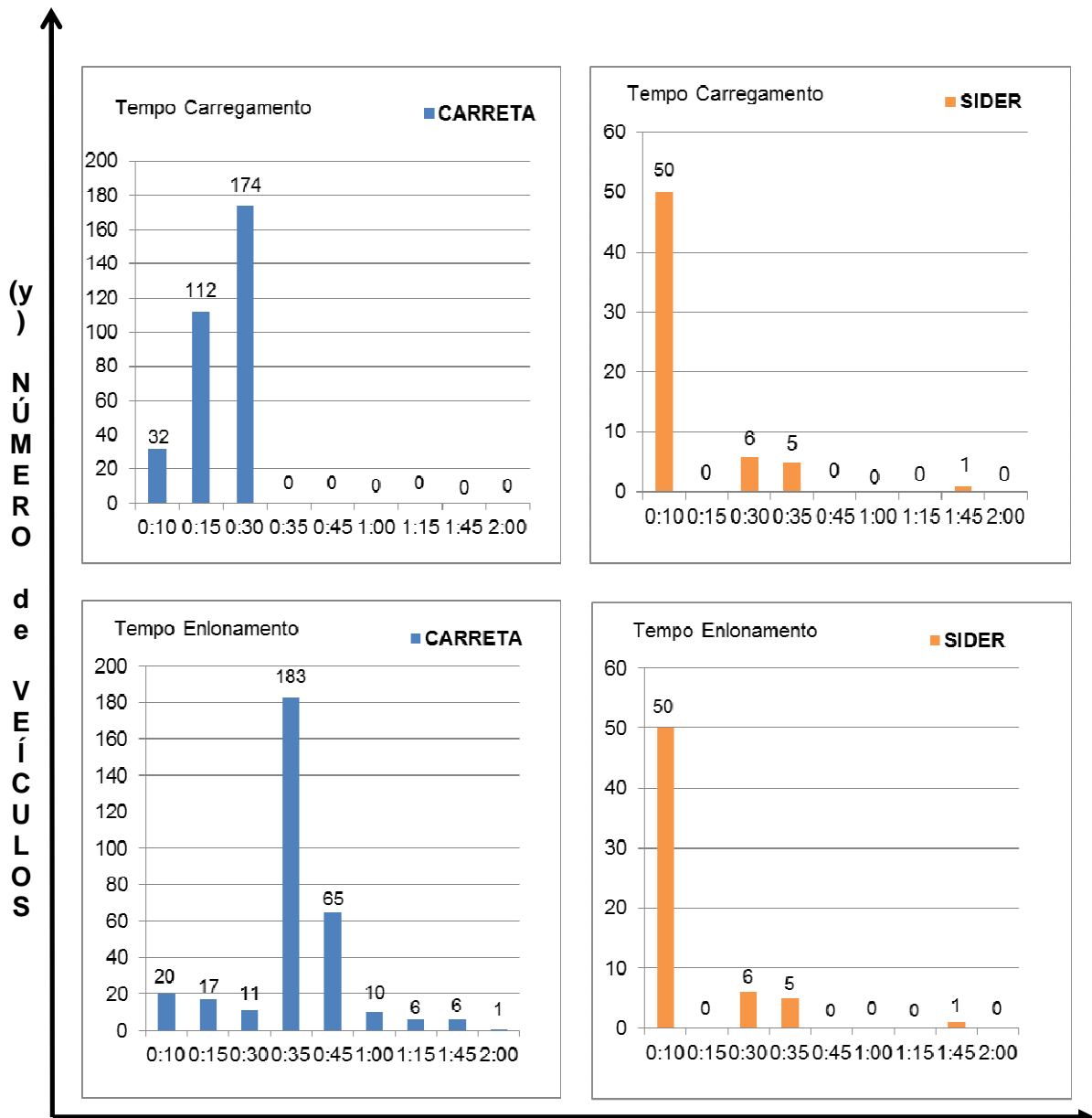
Na Figura 12 está um exemplo do processo de monitoramento, por meio de indicadores, implementado na planta de Pindamonhangaba no período de agosto de 2007 a outubro de 2007. Foram medidos os tempos de carregamento e o tempo de enlonação, por tipo de veículo, utilizado no transporte das bobinas.

No eixo horizontal (x) da Figura 12 é apresentado o carregamento dos veículos de acordo com a grade de tempo: 10 min, 15 min, 30 min, 45 min, 1h, 1h e 15 min, 1h e 30 min, 1h e 45 min e assim por diante. Os veículos foram classificados

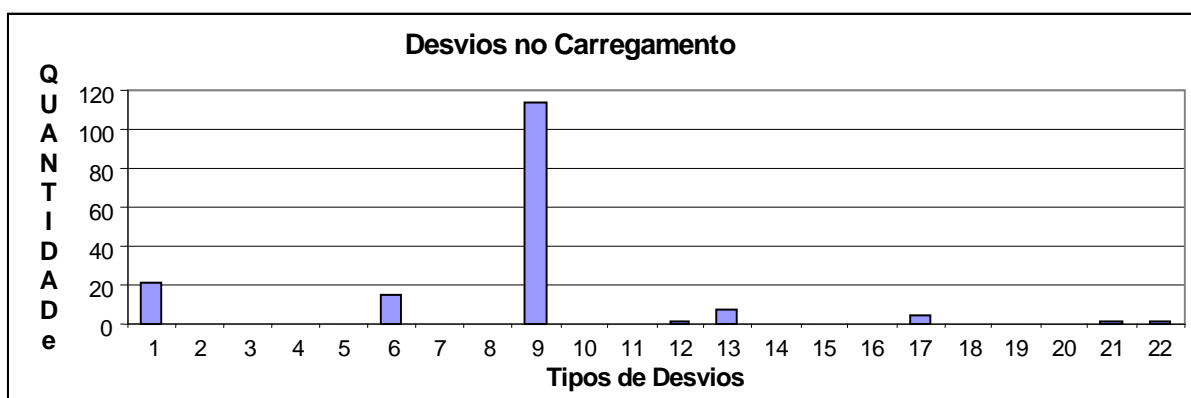
como: (1) carreta (capacidade 27 ton) com lona solta na carroceria e (2) *sider* (capacidade de 27 ton) com estrutura metálica sobre a carroceria que permite um fácil enlonamento da carga. No eixo vertical (y) são apresentadas as quantidades de veículos carregados e enlonados.

(x) Tempo (min)

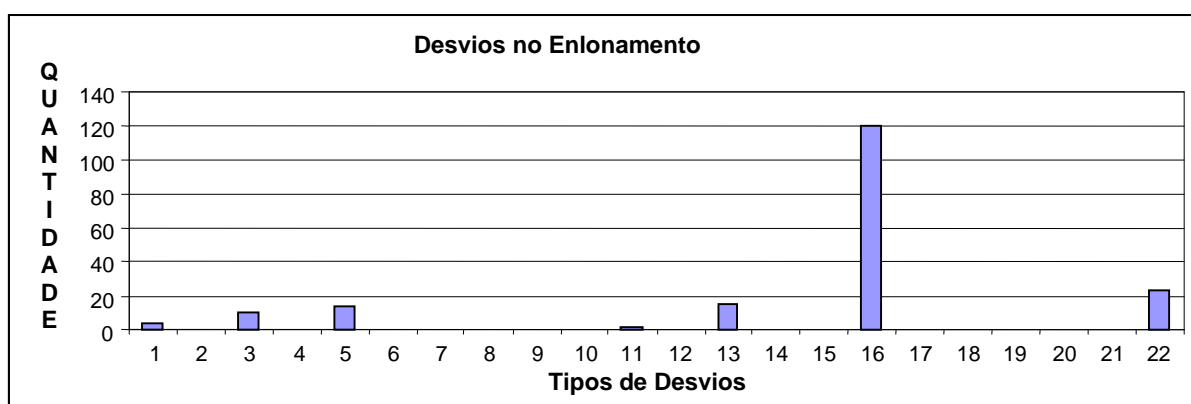
Figura 12 - Tempo de carregamento das bobinas por tipo de veículo



**Figura 13 - Desvios no carregamento e enlonamento das bobinas**



**(a)**



**(b)**

**Quadro 2 -Códigos para as Figuras 13 (a) e 13 (b).**

Código	Desvios
1	Aguardando definição comercial/faturamento
2	Ausência de motorista
3	Demora na emissão da nfiscal
4	Divergência de peso
5	Divergência na Nota Fiscal
6	Divergência na ordem de separação
7	Divergência na ordem de coleta
8	Divergência ou falta de RMA
9	Empilhadeira/ponte com problemas
10	Enlonamento inadequado - falta estrutura
11	Equipamento para travamento da carga inadequado
12	Excesso de materiais na área
13	Excesso de veículos em mesmo horário
14	Falta de operador/conferente
15	Falta lacre para contêiner
16	Lona irregular
17	Material não disponível no depósito
18	Parada de sistema - Oracle
19	Separação com divergência
20	Veículos em condições irregulares
21	Priorização comercial de outros produtos
22	Carregamento em dois pontos de expedição



Por meio dos indicadores, pode-se acompanhar o tempo de carregamento dos veículos, o desempenho da operação e oportunidades de melhoria no processo. Pode-se notar, por exemplo, que os melhores tempos de carregamento e enlonamento são dos veículos tipo *sider*, devido a sua estrutura metálica com lona acoplada na carroceria de veículo.

Outra forma de monitoramento realizada foi relacionada à quantidade de veículos que apresentaram desvios durante o processo de carregamento e enlonamento, conforme Figuras 13 (a) e (b). No eixo horizontal observam-se os tipos de desvios, classificados conforme códigos do Quadro 2, e no eixo vertical, a quantidade de veículos que apresentaram um determinado tipo de desvio.

Ilustrando, a Figura 13 (a) - desvios no carregamento - indica que 114 veículos apresentaram desvios durante o carregamento por problemas de empilhadeira; a Figura 13 (b) - desvios no enlonamento - aponta que 374 veículos estavam com lonas irregulares, dificultando o processo de enlonamento.

Os indicadores para monitoramento do processo de carregamento apresentados neste trabalho foram alguns exemplos de indicadores utilizados na planta de Pindamonhangaba, os quais foram replicados para a planta de Aratu.

Conforme George (2002), a fase Controlar é para se ter certeza que os ganhos conseguidos serão preservados até que novos dados mostrem que há um caminho melhor para operar o processo. O grupo deve transferir o que eles aprenderam para o proprietário do processo e assegurar que todos os que trabalham no processo foram treinados nos novos procedimentos.

Sob a ótica do cliente e negócio, esta é a principal etapa do processo. Mais que realizar melhorias, a expectativa é que elas sejam robustas e permanentes no longo prazo. Por esta razão, o DMAIC tem em sua última fase, a de Controlar, visando atendimento desta necessidade. Esta fase é composta pelas seguintes atividades: implementação das soluções, consolidação dos benefícios do projeto e garantia para perpetuação dos ganhos.

Sobre a Revisão dos procedimentos, de modo geral, cada empresa possui seu sistema de documentação, em sua maioria, subordinada ao modelo de gestão ISO 9000. Sob esta estrutura documental, realizou-se a revisão de todos os documentos relativos à melhoria, buscando sempre objetividade, linguagem adequada e boa ilustração.

É fundamental também assegurar que o nível de conhecimento da nova condição do processo seja uniforme entre os integrantes do processo, exigindo treinamento adequado a todos os membros envolvidos. Consolidadas todas as atividades, a reunião de aprovação para a fase Controlar, pode ser realizada, considerando o projeto *LSS* concluído.

## **5 ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO**

A pesquisa aplicou o programa *LSS*, através da união da filosofia *LM* com a estrutura do programa *SS*, utilizou as fases do DMAIC na solução do problema e abordou os temas: transporte colaborativo e transporte multimodal. O Transporte Colaborativo foi abordado durante a revisão de escopo do projeto na fase Analisar, que inicialmente tratava da integração total do fluxo de transporte. Depois, durante o projeto *LSS*, decidiu-se pela mudança do escopo com o foco em ações que fossem de atuação da empresa em estudo. O Transporte Colaborativo passou a ser um trabalho da transportadora parceira no processo de integração dos fluxos de transporte.

A colaboração na Logística, e mais especificamente no transporte, é muito interessante para as transportadoras porque se pode reduzir a busca por transporte de retorno; longas demoras para as operações de carga e descarga de mercadorias e, portanto diminui a perda de lucratividade. Com a implementação do Transporte Colaborativo, as empresas ganham em frete e detêm o caminhão em seu sistema, gerando vantagem competitiva. O sistema, como um todo, ganha com a implementação da colaboração no transporte.

O Transporte Multimodal foi abordado durante a fase Melhorar, explorando alternativas de modais para os produtos pertencentes ao fluxo de transporte estudado. Frente às dificuldades de investimento na infraestrutura de transporte no Brasil, a utilização dos modais ferroviário e marítimo se mostrou pouco flexível e com várias restrições dentro dos processos de transporte disponíveis. Ver esta análise em Fernandes *et al.* (2008). Por este motivo, durante o projeto *LSS*, optou-se pelo transporte rodoviário.

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 Novelis reduziu seus custos nos fluxos de

transporte citados neste trabalho, em média 15%, superando a meta inicial do projeto LSS. O fato de serem levantados os custos atuais (*baseline*) e comparar os resultados financeiros após a conclusão do projeto, evidencia a contribuição financeira que o LSS trouxe à empresa. Entretanto, os maiores benefícios estiveram na aplicação do programa LSS e, principalmente, na capacitação das equipes para a condução de projetos futuros.

As principais contribuições do trabalho, que foram possíveis de serem atingidas por meio da aplicação da metodologia aqui exposta, referem-se às respostas para as proposições estabelecidas na seção 3 deste artigo:

(P1) *É possível unir o Lean e o Six Sigma de forma integrada na resolução de um problema.*

Sim, pois através do ciclo DMAIC, foi possível utilizar ferramentas do LM, como mapeamento de processo, *brainstorms*, *kaizens*; e ferramentas do SS, como gráficos de controle, teste de hipótese, plano de controle e matriz de causa e efeito. O DMAIC foi utilizado como abordagem padrão para a condução dos projetos de melhoria na junção das duas filosofias LM e SS;

(P2) *O evento Kaizen pode ser usado dentro do programa Lean Six Sigma.*

Sim, durante a fase Melhorar do problema de transporte 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.*

Sim, no estudo de caso desenvolvido, além dos ganhos financeiros, percebeu-se que o problema foi solucionado de forma estruturada. O processo de melhoria proporcionou ao grupo de trabalho um profícuo aprendizado nas ferramentas do LM e SS, 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 (LM e SS).

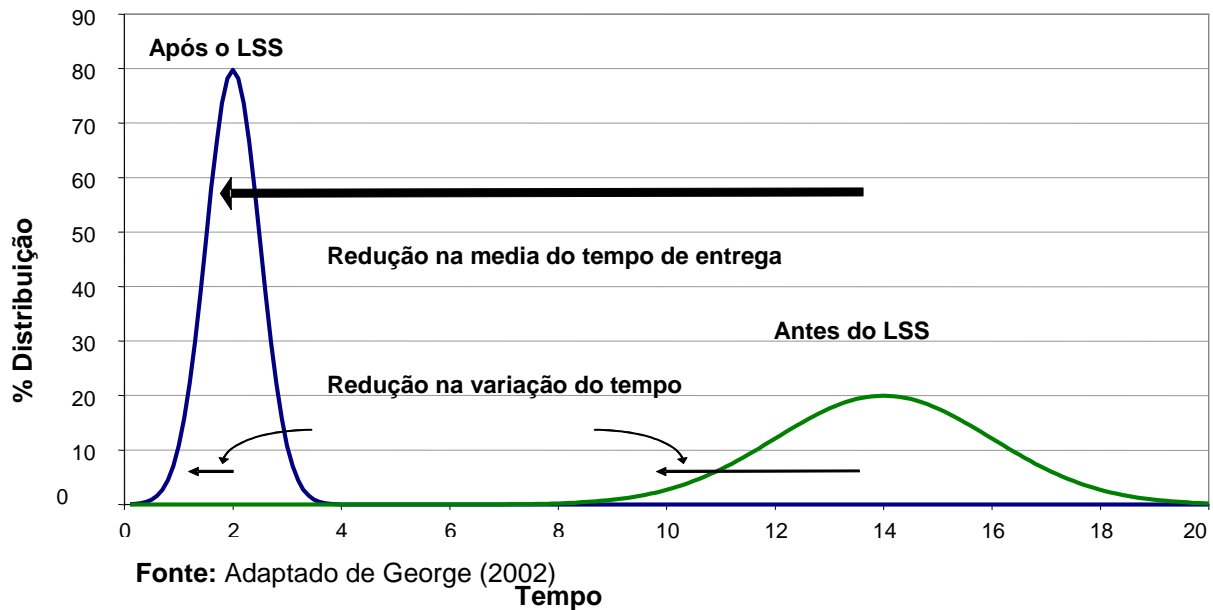
## 6 CONCLUSÕES

O trabalho mostrou um estudo de caso numa empresa metalúrgica trazendo novos elementos para o entendimento de um processo de melhoria com a abordagem integrada do *Lean* e *Six Sigma* (LSS) 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, por meio 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, diferenciando-se de outras metodologias que permitem apenas ganhos pontuais em alguns setores da empresa, permitindo a redução de valores médios dos parâmetros de controle de processos, bem como reduzindo a sua variabilidade (ilustração na Figura 14). Isto é possível, pois o LSS faz uso do método DMAIC do *Six Sigma* aliado às técnicas do *Lean*, melhorando significativamente os processos produtivos, além de eliminar perdas e garantir o máximo de lucratividade para a empresa.

A Figura 14 ilustra como o *Six Sigma* e o *Lean Manufacturing*, podem contribuir conjuntamente, para a melhoria dos processos produtivos ou transacionais dentro das empresas. Os dados utilizados na Figura 14 são meramente exemplificativos, nela a curva à esquerda mostra como o *Six Sigma* pode agir para a redução da variação do processo, inicialmente, de 8 a 20 dias para de 0 a 4 dias; e a curva à direita exemplifica como o *Lean Manufacturing* pode contribuir para redução do tempo médio de entrega do processo, de 14 para 2 dias.

**Figura 14** – Resultados da contribuição do *Lean* e *Six Sigma* usados conjuntamente



Como sugestão para futuros trabalhos, foram identificados alguns tópicos listados abaixo:

1. Verificação de outras formas de aplicação do *Lean Six Sigma*, por outras empresas, e em diferentes tipos de problemas. Isso será importante para um aprofundamento no entendimento das diferentes formas possíveis de se realizar um projeto sob essa ótica;
2. Utilização de outras ferramentas na resolução de problemas de integração no transporte de cargas de grande volume, como, por exemplo, o uso de softwares de simulação. Aqui se apresentou uma solução para redução do tempo de permanência dos caminhões na Novelis por meio da realização de *Kaizens*, sendo necessário um aprofundamento, sobre o funcionamento dos processos de transporte e roteirização realizado por transportadoras. Com o uso da simulação, espera-se um melhor entendimento sobre os processos de transporte e suas variações;
3. Verificação do uso da multimodalidade como alternativa para outras empresas. Este tema é muito discutido na atualidade e está em constante desenvolvimento, devido aos investimentos e estudos que vem sendo realizados nesta área. A pesquisa concluiu pela opção pelo transporte rodoviário, mas não se pode generalizar isto.

## REFERÊNCIAS

- ARNHEITER, E. D.; 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, S. T.; MARINS, F. A. S.; LIMA, J. P.; LIMA, R. S.. Estudo comparativo entre custos associados com a utilização de sistemas multimodais de transportes. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 22, 2008. **Anais...**Rio de Janeiro: ANPET, 2008. p. 295-306.
- FERNANDES, P. M. P.; RAMOS, A. W.. Considerações sobre a integração do Lean Thinking com o Seis Sigma. In: ENEGEP, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, CE: UNIFor, 2006.
- GEORGE, M. L.. **Lean six sigma**: combining six sigma quality with lean production speed. EUA: McGraw-Hill Companies, 2002. 322 p.
- \_\_\_\_\_ et al.. **The lean six sigma pocket toolbox**. EUA: McGraw-Hill Companies, 2005. 282 p.
- GOLDSBY, T.; MARTICHENKO, R.. **Lean six sigma logistics**. EUA: J. Ross Publishing, 2005. 282 p.
- HA, S. M.. Continuous processes can be lean. **Manufacturing Engineering**, v.138, n.6, p.103-109, Jun. 2007.
- HOERL, R. W.; GARDNER, M. M.. Lean six sigma, creativity, and innovation. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 1, p. 30-39, 2010.
- 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.
- MONTGOMERY, D. C.. A Modern framework for achievement enterprise excellence. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 1, p. 56-65, 2010.
- NAVE, D.. How to compare six sigma, lean and theory of constraints. **Quality Progress**, v.35, n.3, p.73-78, Mar. 2002.
- 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.
- PEPPER, M. P. J.; SPEDDING, T. A.. The evolution of lean six sigma. **International Journal of Quality & Reliability Mangement**, v. 27, n. 2, p. 138-155, 2010.
- SNEE, R. D.. Lean six sigma – getting better all the time. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 1, p. 9-29, 2010.

VASCONCELLOS, L. H. R.; CATTINI JUNIOR, O.; CHAP, C. R.. A aplicação da metodologia seis sigma em serviços: um estudo de caso de uma instituição financeira. In: 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.

Womack, J. P.. **Mentalidade enxuta nas empresas**: lean thinking, 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004, 432 p.

Yin, R. K.. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.



Artigo recebido em 19/08/2010 e aceito para publicação em 28/03/2012.