



ADOÇÃO DO SEIS SIGMA E *LEAN PRODUCTION* EM UMA EMPRESA DE MANUFATURA

SIX SIGMA AND LEAN PRODUCTION ADOPTION IN A MANUFACTURING COMPANY

Alisson Christian Scheller* E-mail: alisson.christianscheller@gmail.com

Paulo A Cauchick Miguel* E-mail: cauchick@deps.ufsc.br

*Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC

Resumo: A junção dos conceitos do *Lean Production* com as práticas do Seis Sigma, originou a metodologia conhecida como *Lean Seis Sigma*, focada na eliminação de desperdícios e variação nos processos. Esta metodologia se desenvolveu de diferentes formas nas empresas e não existe um consenso em relação a sua estrutura organizacional e implementação. Com propósito de identificar e analisar as características relevantes na adoção e integração da metodologia *Lean Seis Sigma*, o presente trabalho tem como objetivos demonstrar a adoção do *Lean Production* e Seis Sigma. O estudo de caso foi realizado em uma empresa de manufatura que adota ambas as práticas. Os resultados obtidos evidenciam dois aspectos importantes da metodologia *Lean Seis Sigma*: a adoção do mapeamento do fluxo de valor como ferramenta central e o uso do DMAIC nas ações de melhoria. O estudo indica que apesar das dificuldades de se implementar o *Lean Seis Sigma*, a metodologia oferece benefícios para a empresa que a adota da forma.

Palavras-chave: *Lean Thinking*. Seis Sigma. *Lean Seis Sigma*. Melhoria contínua. Qualidade.

Abstract: The connection among Lean Production with Six Sigma originated the Lean Six Sigma methodology, focused on processes variation and waste reduction. This methodology was developed on different ways in the companies and there is no consensus over its structure and its implementation. In this context, this paper aims to identify and analyze the main characteristics on the adoption and integration of Lean Six Sigma methodology through a case study conducted in a manufacturing company that adopts lean production and six sigma. The results show two important aspects of the Lean Six Sigma methodology. One of them is the adoption of the value stream mapping as a central tool on Lean Six Sigma. The other is the use of DMAIC for improvements actions. The study indicates that despite the difficulties on Lean Six Sigma implementation, the methodology offers benefits to the company that adopts it in the suitable way.

Keywords: Lean Thinking. Six Sigma. Lean Six Sigma. Continuous improvement. Quality.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade atual do aumento de produtividade e qualidade conduz a busca constante pela melhoria contínua. Segundo Salah et al. (2010), a eficácia de como as metodologias de melhoria contínua são implementadas compõe a chave para o sucesso de uma organização. Entre estas metodologias, o *Lean Production* e o Seis Sigma estão entre as mais amplamente utilizadas por empresas de diferentes setores industriais (SALAH et al., 2010). As práticas do *Lean Production*

correspondem ao conjunto de ações contínuas a fim de especificar adequadamente o valor sob a ótica do cliente final, eliminando atividades que geram desperdício e fazendo com que as que agregam valor ocorram em um fluxo contínuo puxado pelo cliente (WOMACK; JONES, 1996). O Seis Sigma surgiu da conexão entre a percepção da relação entre qualidade e redução de custos (HENDERSON; EVANS, 2000). É uma metodologia ampla visando o alcance, sustentação e maximização do sucesso do negócio; suas práticas são orientadas pelo entendimento adequado dos requisitos dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análise estatística, e pela atenção diligente ao gerenciamento, melhoria e reinvenção dos processos de negócios (PANDE et al., 2000).

A junção do *Lean Production* com o Seis Sigma forma uma das mais eficazes práticas de melhorias de processos disponível (GEORGE et al., 2004). Ainda segundo o autor citado, esta prática emprega as ferramentas das duas metodologias para a resolução de diversos tipos de problemas a fim de reduzir desperdícios e variabilidade nos processos de negócios. O sucesso desta integração depende de uma visão holística da empresa (SALAH et al., 2010) e alguns fatores críticos de sucesso tais como o compromisso da liderança e a cultura organizacional da empresa (JEYARAMAN; TEO, 2010). Por se tratar de um tema relativamente recente, existem algumas lacunas a respeito da metodologia integrada do *Lean Seis Sigma*. Segundo Bendell (2006), o conceito do *Lean Seis Sigma* como uma abordagem para a melhoria de processos ainda não está totalmente maduro na pesquisa acadêmica. Muitas empresas adotam o *Lean Seis Sigma*, mas nem todas recebem os benefícios desta metodologia devido a aspectos de sua implementação (JEYARAMAN; TEO, 2010). Nesse contexto, uma questão de pesquisa ainda não totalmente endereçada é como as empresas usam em conjunto as práticas do *Lean Production* e Seis Sigma. Nesse sentido, o objetivo desse artigo é demonstrar os resultados de um trabalho de campo cujo propósito foi identificar os fatores importantes para a implementação do Seis Sigma combinado com os princípios do *Lean Production*. Inicialmente, são apresentados os principais conceitos relacionados ao *Lean Seis Sigma*. Em seguida, é demonstrado o trabalho de campo realizado em uma multinacional do ramo de refrigeração. Por fim, esta análise é comparada com a teoria existente de forma a se chegar aos resultados finais e conclusões do trabalho.

2 LEAN SEIS SIGMA

Dentre as várias metodologias de melhoria contínua, o *Lean Production* e o Seis Sigma são provavelmente as mais populares e mais comumente usadas por

várias empresas (GEORGE, 2002; SALAH et al., 2010). A ideia de unir estas metodologias não é nova, a visão *do Lean Production* e do Seis Sigma trabalhando em um mesmo processo de melhoria teve seu início na década de 90, quando as empresas começaram a empregá-los de forma paralela. Essa decisão começou a ocasionar alguns problemas e dificuldades (SMITH, 2003), pois as duas metodologias possuem objetivos distintos (apesar de complementares) e formas distintas de implementação.

A percepção de que o *Lean Production* e o Seis Sigma têm uma relação complementar é amplamente aceita hoje em dia e cada vez mais empresas vem aderindo a estas metodologias, especialmente após a demonstração de resultados em empresas como a GE e a Toyota (SALAH et al., 2010). Existe uma relação entre o Seis Sigma, que foca na correção dos processos individuais, e o *Lean Production*, que corrige as conexões entre eles (ARTHUR, 2007). Ambas as metodologias dão ênfase no fluxo de processos e operações. Antony (2010) retrata uma comparação sobre cada metodologia: o *Lean Production* foca na redução de desperdícios, aumento de produtividade e agilidade do fluxo, elimina as atividades que não agregam valor a fim de diminuir custos; o Seis Sigma foca na redução da variabilidade e o combate sistemático à produção de itens de baixa qualidade para reduzir os custos. A integração entre as metodologias resulta no *Lean Seis Sigma*, uma metodologia que atua na eliminação de desperdício e variação nos processos, seguindo a estrutura DMAIC, a fim de atingir a satisfação dos clientes (SALAH et al., 2010). A metodologia foca na melhoria de processos e melhor desempenho financeiro para a empresa, além de todos os benefícios gerados pela junção destas práticas relativos à qualidade, custo, redução do *lead time* e satisfação dos clientes.

2.1 Integração do *Lean Production* e Seis Sigma

É esperado que o Seis Sigma seja trabalhado em conjunto com outras metodologias de melhoria contínua (ANTONY, 2004). Com relação ao *Lean Production*, Hines et al. (2004) indicam que também é possível integrá-lo com outras abordagens sem contradizer seus objetivos de entregar valor ao cliente. O *Lean Production* e o Seis Sigma não devem ser usados em paralelo, mas simultaneamente para que a sinergia entre ambos seja obtida, evitando ainda dificuldades como priorizar iniciativas e alocar de recursos (SALAH et al., 2010). A integração é o caminho para que a organização aumente o seu potencial de melhoria (BHUIYAN, BAGHEL, 2005). Segundo Smith (2003), esta integração permite alcançar a melhoria contínua, atingir zero defeitos e entrega rápida a baixo custo. A tentativa de trabalho com ambas as metodologias atuando em paralelo nem

sempre é bem sucedida, uma vez que as ferramentas para resolução de problemas são aplicadas separadamente (SALAH et al., 2010).

Um dos requisitos fundamentais para sucesso nos esforços de melhoria contínua em uma organização é a disponibilidade de um conjunto comum de ferramentas para a resolução de problemas (CHAPMAN; HYLAND, 1997). As ferramentas utilizadas no *Lean Production* e no Seis Sigma podem ser pensadas como uma caixa de ferramentas, onde, dependendo da natureza do problema e sua origem, é possível escolher a mais apropriada entre elas (MCADAM; DONEGAN, 2003) de modo a usá-las tanto de forma rápida com eventos *Kaizen*, como também em análises aprofundadas em projetos mais complexos. Segundo Antony (2010), esta integração oferece resultados superiores do que quando utilizadas em separado. O autor citado afirma ainda que, enquanto o *Lean Production* busca eliminar os desperdícios e atividades que não agregam valor na organização, o Seis Sigma, por meio de técnicas e ferramentas estatísticas, leva a melhoria de performance e maior capacidade dos processos.

Salah et al. (2010) listam 6 possibilidades de aplicação relacionados ao *Lean Seis Sigma* encontrados nas organizações:

1. O *Lean Production* como metodologia principal e o Seis Sigma como ferramenta complementar em eventos *Kaizen*.
2. O Seis Sigma como metodologia principal e as ferramentas do *Lean Production* aplicadas dentro da estrutura DMAIC.
3. O *Lean Production* e o Seis Sigma aplicados separadamente para tratar de diferentes problemas de acordo com a classificação do projeto.
4. O *Lean Production* e o Seis Sigma usados em paralelo para a resolução dos mesmos problemas, porém separadamente.
5. Aplicação do *Lean Production* e do Seis Sigma continuamente para atacar os mesmos problemas.
6. Aplicação do *Lean Production* e do Seis Sigma simultaneamente.

George (2002) indica que organizações que começam a integrar o *Lean Production* e o Seis Sigma passam por três estágios: (i) definição de metas, (ii) seleção de pessoas e projetos, e (iii) implementação (que inclui treinamentos e disseminação de cultura). Segundo o autor citado, o plano de disseminação da metodologia inclui: foco no processo, estrutura organizacional, medidas, premiações e ferramentas. O *Lean Seis Sigma* divide opiniões e ainda não existe um modelo claro estruturado para sua aplicação, principalmente porque muitas empresas já trabalham com o *Lean Production* ou com o Seis Sigma, o que dificulta a criação de

um modelo único de implementação. O tópico seguinte apresenta um modelo integrado do *Lean Seis Sigma* através do uso do Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) como ferramenta central e seguindo o DMAIC nas ações de melhorias.

2.2 Aplicação do *Lean Seis Sigma*

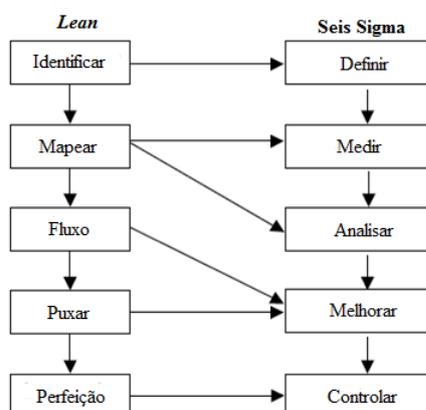
Salah et al. (2010) colocam que o sucesso da integração destas metodologias depende de as organizações terem uma visão holística de melhoria contínua em que o *Lean Production* e o Seis Sigma mutuamente reforçam um ao outro. Os mesmos autores afirmam que apesar do DMAIC ter sua origem no Seis Sigma, este pode ser generalizado como um modelo global para a melhoria contínua. Segundo George (2002), as ações de melhoria que não seguem o DMAIC ocorrem mais lentamente. O DMAIC propicia ao Seis Sigma uma característica única de conectar e sequenciar as ações de melhoria de uma forma global (SNEE, 2004). Mader (2008) também sugere que o *Lean Seis Sigma* se desenvolveu de diferentes formas nas organizações, mas que a maioria utiliza o MFV como um ponto de partida. Um projeto que utiliza a metodologia DMAIC deve se referir a um problema de desempenho organizacional, o qual tem uma solução desconhecida (CLETO; QUINTEIRO, 2011). Segundo os autores citados, deve haver um conjunto de objetivos mensuráveis ligados a indicadores bem definidos e que correspondam à oportunidade de solução, dentro de uma perspectiva de melhoria contínua. Montgomery (2010) sugere que apesar de as ferramentas utilizadas diferirem entre as fases, o uso do modelo DMAIC é tão efetivo no *Lean Production* quanto é no *Six Sigma*. Segundo dados colhidos por George (2002), as ações de melhoria que não seguem o DMAIC se dão muito lentamente e de forma desestruturada,

Snee (2005) e Antony (2010) afirmam que as ferramentas do *Lean Production* são muito eficazes no primeiro estágio de implementação de melhorias. Ainda segundo os autores citados, muitas empresas que usam o método integrado, aplicam no início ferramentas e técnicas básicas como MFV, 5s, trabalho padronizado, etc. Desta forma, é possível eliminar desperdícios do sistema e simplificar processos. As ferramentas do *Lean Production* também são mais fáceis de entender do que as do Seis Sigma e, assim, começar com o *Lean Production* ajuda a engajar os membros da equipe mais facilmente através de ganhos mais rápidos (ANTONY, 2010). Em um segundo estágio, ferramentas e técnicas do Seis Sigma podem ser utilizadas para oferecer soluções mais poderosas para problemas crônicos do sistema que tomam mais tempo e não necessitam de uma solução imediata (SNEE, 2005; ANTONY, 2010).

Uma abordagem integrada do *Lean Seis Sigma* deve usar o mapeamento do estado atual (MFV) como base para aplicação das ferramentas do *Lean Production* e do Seis Sigma, seguir o modelo DMAIC para atingir o estado futuro e, desta forma, mudar a estrutura do processo (SNEE, 2004). O modelo proposto por Salah *et al.* (2010) segue esta linha, ou seja, a integração deve atingir uma fusão adequada entre a filosofia *Lean Production* de eliminação de desperdício com a mentalidade Seis Sigma de produzir em busca da perfeição.

O modelo integrado apresentado por Salah *et al.* (2010) deve seguir os 5 princípios do *Lean Production* junto com a estrutura DMAIC, conforme ilustra as relações na Figura 1. De acordo com os autores, a primeira fase, “Definir”, é onde a identificação de o que é valor para o cliente é formada. O mapeamento do estado atual (pelo MFV) faz parte da segunda fase, “Medir”. Conforme os dados são coletados para verificar o funcionamento do processo e sugestões de melhorias são propostas, chega-se a terceira fase, “Analisar”, onde a integração com o *Lean Production* faz com que as etapas de medir e analisar sejam mais próximas entre si. A quarta etapa, “Melhorar”, ocorre quando o processo é ajustado de modo a fazer o valor fluir de uma maneira melhor e atingir o estado futuro, assim introduzindo o conceito de puxar a produção. Finalmente, a quinta etapa, “Controlar”, é ligada a busca de perfeição do processo de modo a estabelecer controles e procedimentos para garantir que as melhorias não apenas permaneçam, mas que sejam continuamente revisadas de modo a se ter a melhoria contínua do sistema (SALAH *et al.*, 2010). Os mesmos autores destacam que a integração entre o *Lean Production* e o Seis Sigma exige o uso da estrutura DMAIC como base. O DMAIC é amplamente aceito como um modelo compreensivo e robusto que acredita adaptar-se muito bem à proposta de integração de Salah *et al.* (2010). O próximo tópico detalha o funcionamento deste modelo dentro do *Lean Seis Sigma*.

Figura 1 – Relação entre as fases do *Lean* e do Seis Sigma (SALAH *et al.* 2010).



2.3 O método DMAIC aplicado no *Lean Seis Sigma*

Salah et al. (2010) recomendam sempre seguir a estrutura DMAIC ao realizar qualquer projeto de *Lean Seis Sigma*. Além disso, é esperado que o MFV seja frequentemente o primeiro passo para a implementação da metodologia. Segundo os autores, em casos em que as ferramentas do *Lean Production* são mais utilizadas, não existe a necessidade de passar tão detalhadamente pelas cinco etapas da metodologia, projetos diferentes podem ter diferentes abordagens, desde que sigam esta estrutura. Para se ter sucesso na aplicação do Seis Sigma é necessário saber exatamente onde, por que, quando e como suas ferramentas são aplicadas no DMAIC (ANTONY, 2004). Para o *Lean Production*, deve funcionar da mesma maneira e o sucesso consiste em saber exatamente onde cada ferramenta se encaixa (SALAH et al., 2010).

Baseado na estrutura utilizada em empresas como Delphi, Xerox Consulting, General Electric e nos trabalhos de George (2002), Antony (2004), Snee (2005), Moscone (2007), Mendoza (2007), Mader (2008), *The American Society for Quality*, e *The Lean Sigma Institute*, Salah et al. (2010) apresentam uma proposta de como uma abordagem integrada do *Lean Seis Sigma* deve seguir através da estrutura do DMAIC. Sua adoção adequada é muito importante para o sucesso das iniciativas do *Lean Seis Sigma* em uma organização. Além disso, existe uma série de fatores que são críticos para seu sucesso, descritos a seguir.

2.4 Fatores de Sucesso para o *Lean Seis Sigma*

De acordo com Achanga et al. (2006), muitas empresas adotam as práticas do *Lean Seis Sigma*, mas não necessariamente são beneficiadas por esta adoção. Os autores argumentam que as empresas carecem de dados relativos aos custos de implementação, resultados e benefícios tangíveis gerados o que pode ocasionar o fracasso de sua implementação. Jeyaraman e Teo (2010), baseados em estudos feitos por outros autores (e.g. ANTONY e BANUELAS, 2002 e ACHANGA *et al.*, 2006), identificaram 25 fatores críticos para o sucesso da implementação do *Lean Seis Sigma*. Estes fatores representam os ingredientes essenciais sem os quais as iniciativas têm poucas chances de sucesso. Pepper e Spedding (2010) e Martin (2007) acrescentam alguns outros fatores para o sucesso do *Lean Seis Sigma*. O Quadro 1 apresenta uma síntese dos fatores críticos de sucesso da implementação do *Lean Seis Sigma*. Observar-se no quadro citado que alguns fatores críticos apresentam maior convergências entre os autores listados, enquanto que outros são mais específicos a uma ou duas publicações.

É perceptível que, apesar das opiniões e proposta de diferentes autores ainda inexistem um consenso sobre os fatores de sucesso e um modelo padrão de aplicação do *Lean Seis Sigma*, que possa ser seguido e aplicado a qualquer organização. De acordo com Proudlove *et al.* (2008), muitos pesquisadores acreditam que é possível integrar o *Lean Production* com o Seis Sigma sem contradizer suas ideias centrais, porém não existe consenso em como isso deve ser feito e a metodologia integrada ainda não é amplamente aceita.

Quadro 1 – Fatores Críticos de Sucesso de acordo com diferentes autores.

Jeyaraman e Teo (2010)	Pepper e Spedding (2010)	Matin (2007)
Compromisso e dedicação da liderança	Estratégico e focado no processo	Suporte da liderança
Sistema de premiação e reconhecimento	Balanceado entre a complexidade e sustentabilidade da abordagem	Escolha das pessoas certas
Cultura organizacional	Balanceado entre as duas metodologias	Seleção dos projetos certos
Comunicação frequente e avaliação dos resultados do programa	Estruturado de acordo com o tipo de problema	Comunicação efetiva
Priorização, seleção, revisão e acompanhamento do programa	-	Características efetivas de mudanças
Programa de treinamento efetivo	-	-
Compartilhamento de melhores práticas de projetos	-	-
Capacidade financeira da empresa	-	-
Definição do funcionamento do programa e sua ligação com a empresa	-	-
Competência dos <i>Master Black belts</i> e <i>Black belts</i>	-	-

3 MÉTODOS ADOTADOS

Neste tópico, pretende-se fornecer uma visão geral sobre a abordagem metodológica de pesquisa utilizada no presente trabalho, bem como uma justificativa para a seleção dos métodos e técnicas empregados para a coleta e análise dos dados. A importância da abordagem metodológica de um trabalho pode ser justificada pela necessidade de embasamento científico adequado, usualmente buscando-se a melhor abordagem metodológica para se atingir os objetivos de um projeto de pesquisa, assim como seus respectivos métodos e técnicas para seu planejamento e condução (CAUCHICK MIGUEL, 2007). No presente trabalho, a abordagem metodológica adotada foi a de estudo de caso, que permite aproximar o pesquisador das circunstâncias que envolvem o fenômeno que se deseja estudar, abordando-o de forma mais ampla, uma vez que se utilizam múltiplas fontes para coleta de dados, sendo recomendado quando o pesquisador tem baixo controle

sobre os eventos observados (BRYMAN, 1989; YIN, 2005). O presente trabalho apresenta características relacionadas a estes fatores, justificando assim a escolha dessa abordagem metodológica. Além disso, esta abordagem de pesquisa deve ser aplicada com o objetivo de se aprofundar o conhecimento de um problema ainda não muito bem definido (MATTAR, 1996), como se apresenta o tema do presente estudo, uma vez que a metodologia *Lean Six Sigma* ainda não se encontra plenamente consolidada sob o ponto de vista empírico. Em linhas gerais, o presente estudo é estruturado em cinco etapas, apresentadas na Figura 2 e descritas na sequência.

Figura 2 – Etapas para o desenvolvimento do trabalho



A primeira etapa aborda a definição do tema do estudo, referente ao *Lean Seis Sigma* e a junção dos conceitos do *Lean Production* com as práticas do Seis Sigma. O objetivo desta etapa é realizar uma revisão do conteúdo disponível sobre a metodologia do *Lean Seis Sigma* para, posteriormente, analisar a aplicação *Lean Production* e do Seis Sigma na empresa selecionada. A segunda etapa consiste na revisão da literatura existente sobre o *Lean Seis Sigma*. Apesar de o *Lean Seis Sigma* já ter certo desenvolvimento, ainda apresenta lacunas relacionadas à sua estrutura como metodologia integrada (PROUDLOVE, 2008) e operação nas empresas (SALAH et al., 2010).

Na terceira etapa foi realizado um levantamento das principais empresas de manufatura no estado de Santa Catarina com o objetivo de identificar objetos de estudo em potencial. Estabeleceu-se então contatos com algumas delas para identificar aquelas que atenderiam a alguns requisitos mínimos para a realização do trabalho: porte (em termos de faturamento), acesso (empresas com histórico de dados, documentos e informações disponíveis sobre a aplicação, funcionamento, estrutura e resultados do *Lean Production* e Seis Sigma) e grau de amadurecimento (empresas que adotassem as duas metodologias com certa evolução). A empresa escolhida foi a Alpha, de grande porte, que possui as práticas do *Lean Production* implementadas há quase 7 anos e que permitiu acesso aos dados e estrutura organizacional. Em relação ao Seis Sigma, as práticas ainda estão em

amadurecimento devido a reformulação do programa na empresa, detalhado mais a frente.

A quarta etapa consiste na coleta, triagem e análise dos dados de campo. De acordo com Cauchick Miguel (2007), nesta fase devem-se determinar os métodos e técnicas tanto para a coleta quanto para a análise dos dados e, nesse sentido, devem ser empregadas múltiplas fontes de evidência. Considerou-se então: entrevistas com funcionários, aplicação de questionário e acesso a apresentações disponibilizadas pela empresa. Foram realizadas entrevistas com pessoas chave da empresa na aplicação da metodologia (*Black Belts*, *Master Black Belts* e gerente da área de Qualidade), entre março e agosto de 2012. Para a coleta de dados, as entrevistas foram gravadas para posteriormente serem transcritas (por volta de duas horas de duração por entrevista). O objetivo das entrevistas foi capturar as informações mais relevante para a implementação e integração do *Lean Production* e do *Six Sigma*. Na parte inicial das entrevistas, os autores buscaram abordar de forma abrangente a caracterização dos programas *Six Sigma* e *Lean Production* na companhia. Em um momento seguinte, abordaram os pontos principais dos programas, tais como seus benefícios, dificuldades, razões que levaram a implementação, etc. Esta análise teve a função de retratar a situação atual do objeto de estudo em relação às práticas do *Lean Production* e do Seis Sigma.

A quinta e última etapa do trabalho consistiu na transformação dos dados coletados em uma estrutura lógica, passível de ser confrontada com a literatura, resultando em um relatório de pesquisa estreitamente relacionado à teoria, conforme recomendado por Cauchick Miguel (2007). Nesta etapa, procura-se descrever a operação do *Lean Production* e do Seis Sigma na Alpha de maneira que as duas práticas possam ser analisadas. A análise teve por finalidade compreender o nível de amadurecimento das metodologias e verificar, baseado na teoria, o que é possível de ser feito para a integração de ambas no objeto de estudo.

3.1 Contexto do Trabalho - Objeto de Estudo

A empresa Alpha opera no Brasil como uma unidade de negócios de uma grande corporação americana, atuando no projeto e produção de refrigeração doméstica e comercial, sendo líder mundial do mercado de compressores herméticos. A empresa produz também outros componentes utilizados na montagem de unidades condensadoras e seladas, bem como sistemas eletrônicos para eletrodomésticos. A empresa foi fundada em 1971 e possui aproximadamente 12.000 colaboradores no mundo, distribuídos em fábricas no Brasil e em outros países, com uma capacidade produtiva da ordem de dezenas de milhões de

compressores ao ano. Por se tratar de uma empresa líder mundial no seu setor, a Alpha precisa se manter competitiva e investir continuamente em metodologias de melhoria para que mantenha sua posição no mercado. As seções seguintes apresentam o contexto das práticas organizacionais relacionadas ao *Lean Production* e Seis Sigma no objeto de estudo.

4 LEAN PRODUCTION NA EMPRESA ALPHA

A Alpha iniciou a implantação das práticas do *Lean Production* em 2005, tendo como primeiro passo, um trabalho de sensibilização de toda a liderança. A primeira planta da Alpha a implementar as iniciativas do *Lean Production* foi no Brasil. Até o final de 2007, todas as plantas da empresa já haviam implantado estas práticas (com exceção da planta do México que foi fundada em 2010). O Quadro 2 sintetiza os eventos principais da implementação do *Lean Production* Empresa Alpha.

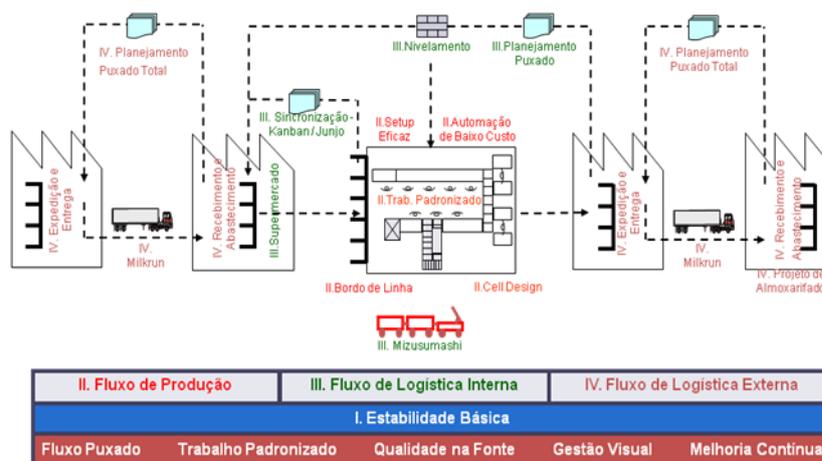
Quadro 2 - Implementação do *Lean Production* na Empresa Alpha.

Data	Eventos
Ano 1 – Agosto	Início das iniciativas do <i>Lean Production</i> na planta do Brasil
Ano 1 - Setembro	Sensibilização de lideranças e diretoria
Ano 1 - Novembro	Treinamento e MFV de linha piloto
Ano 1 - Dezembro	Primeiro <i>Workshop de Kaizen</i>
Ano 2 – Janeiro	Segundo <i>Workshop de Kaizen</i>
Ano 2 - Setembro	Primeiro <i>Workshop de Cell Design</i> na linha de montagem
Ano 2 - Dezembro	Total de 82 <i>Kaizens</i> realizados até o final de 2006
Ano 3 – Março	Início das iniciativas do <i>Lean Production</i> na planta da China
Ano 3 – Abril	Início das iniciativas do <i>Lean Production</i> na sede dos EUA
Ano 3 – Julho	Início das iniciativas do <i>Lean Production</i> na planta da Slovakia
Ano 3 - Novembro	Início das iniciativas do <i>Lean Production</i> na planta da Itália
Ano 4	<i>Workshop Global Lean</i> , Lançamento do ALS
Ano 4	Primeiro <i>Gap Assessment</i> (Avaliação das práticas do <i>Lean Production</i> nas plantas da empresa)
Ano 6	Início do projeto Gestão da Rotina (Sustentação dos resultados)

O *Lean Production* e suas ferramentas passaram a fazer parte da estratégia da organização gerando assim a necessidade da criação de um sistema para auxiliar na gestão da rotina dos fluxos de manufatura, lançado em 2008. Este sistema consiste em um conjunto de fundamentos, padrões e métricas que aplicados de uma maneira sistêmica aos processos da Alpha, promovem e viabilizam o alcance da excelência em operações por meio das pessoas e buscam a integração de toda a cadeia de valor, dentro de uma sequência metodológica. Esta sequência metodológica segue o “*Lean Thinking Model*” (COIMBRA, 2009), ilustrado na Figura 3, que retrata a base conceitual do sistema, apresentando os seus quatro

fundamentos e a sequência de evolução durante a transformação, migrando do modelo tradicional para o conceito enxuto. O sistema visa atuar na cadeia de valor e busca a sincronização do fluxo com o objetivo de reduzir o *lead time* e melhorar o nível de serviço para o cliente ao menor custo na cadeia. Este sistema (Figura 3) foi desenhado para ser suportado por fundamentos do *Lean Production* tais como: “fluxo puxado”, “trabalho padronizado”, “gestão visual” e “melhoria contínua”.

Figura 3 – Lean Thinking Model



Fonte: Apresentação da empresa em 2011; construída com base em Coimbra (2009).

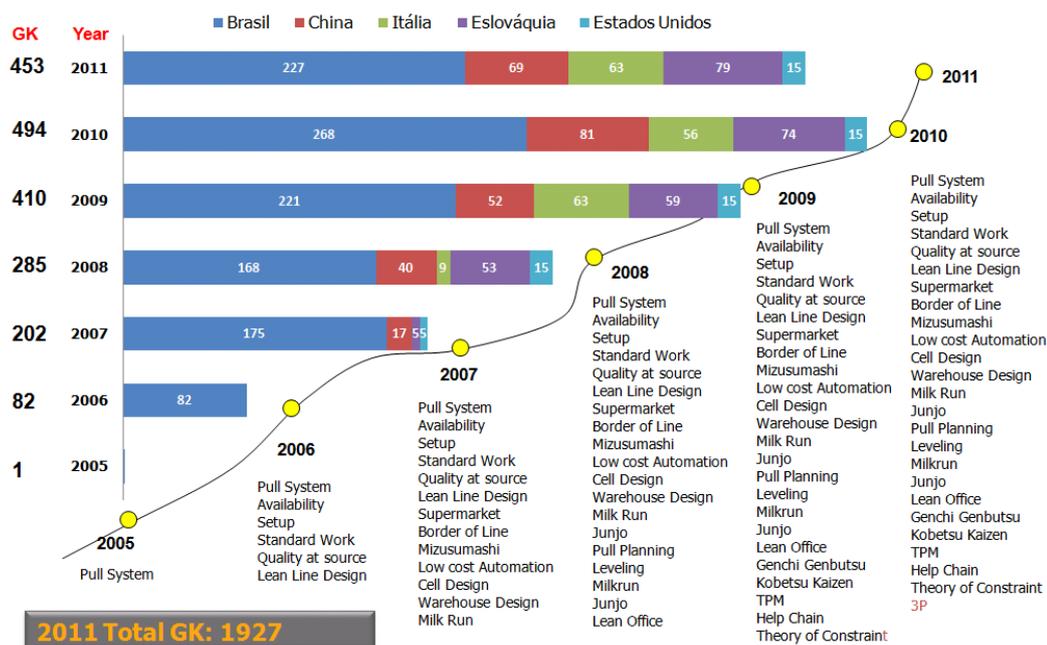
O sistema contempla ferramentas, métodos e padrões, apresentados no Quadro 3, separados de acordo com a etapa do *Lean Thinking Model* em que são utilizados. Este conteúdo possibilita a gestão da manufatura e a melhor compreensão da sequência operacional, não mais de forma isolada por células de componentes, mas sim enxergando por fluxo de família de produto desde a entrada da matéria prima a ser processada, montagem, teste, e expedição para o cliente. O sistema visa propiciar um aprendizado sobre as ferramentas do *Lean Production*, a disseminação da cultura e seu uso na gestão da rotina para suportar o programa de melhoria contínua e buscar a sustentabilidade dos resultados alcançados com os *Gemba Kaizens*.

Quadro 3 – Práticas utilizadas no sistema *lean production* da empresa.

Fase 1 - Estabilidade Básica	Fase 2 - Fluxo de Produção
Cadeia de Ajuda	<i>Cell Design</i>
Trabalho Padronizado	Troca Rápida de Ferramentas
TPM – <i>Total Productive Maintenance</i>	Trabalho Padronizado
Diagrama de Ishikawa	Bordo de Linha
<i>Kanban</i>	Automação de Baixo Custo
Fase 3 - Fluxo de Logística Interna	Fase 4 - Fluxo de Logística Externa
Planejamento Puxado	<i>Warehouse Design</i>
Sincronização (<i>Kanban/Junjo</i>)	<i>Inbound e Outbound</i>
Nivelamento da Produção	<i>Milkrun</i>
Supermercado	<i>Total Pull Planning</i>
<i>Mizusumashi</i>	

A aplicação destas práticas e a realização de eventos *Gemba Kaizen* evoluíram consideravelmente ao longo dos anos na Empresa Alpha. Até 2010, em menos de 5 anos após o início das atividades do *Lean Production*, a empresa realizou mais de 1.400 *Kaizens* utilizando mais de 25 diferentes práticas. A Figura 4 apresenta a evolução do número de *Gemba Kaizens* nas plantas da Alpha e também destaca as práticas utilizadas.

Figura 4 - Evolução das práticas e número de *Gemba Kaizens* realizados na Alpha.



Fonte: Apresentação do *Lean Corporativo* de 2012.

4.1 Resultados do *Lean Production* na Empresa

Desde 2005, foram obtidos resultados expressivos com a implementação do *Lean Production* na empresa Alpha. Parte desses resultados são confidenciais e, por essa razão, não podem ser detalhados nesse trabalho. Estes estão relacionados com a redução do *lead time* dos produtos, de estoques de matéria prima, material em processo e produto acabado, aumento da produtividade e de produção, diminuição de defeitos em ppm, melhoria no ambiente de trabalho e reduções de custos em geral. Muitas melhorias ligadas ao programa também estão relacionadas à melhoria de outras áreas e sistemas tornando difícil a mensuração dos seus resultados individualmente. O Quadro 4 apresenta alguns ganhos resultantes de eventos *Gemba Kaizens* entre 2006 e 2010. É importante destacar o fato de que para cada R\$1 investido em ações originadas de *Gemba Kaizens* obteve-se R\$8,73 de retorno.

Quadro 4 - Resultados de *Gemba Kaizens* entre 2006 e 2010.

Forma de medição	Resultados
Aumento da Produtividade Global	17,64%
Ações de Qualidade (uso de <i>poka-yoke</i> , <i>andon</i> , trabalho padronizado)	2308
Ações de Ergonomia ou Segurança (melhorias gerais nos pontos de trabalho)	1514
Ações de 5s (produtivo e administrativo)	3041
Ações de Acessibilidade (voltadas para operadores especiais)	44
Aumento na capacidade de produção global entre 2006 e 2012	43%
Aumento da taxa de produção global entre 2006 e 2012	50%

Fonte: Apresentação do *Lean* Corporativo de 2012.

O tópico seguinte ilustra a importância da área de qualidade na empresa junto com as práticas do Seis Sigma.

5 SEIS SIGMA NA EMPRESA ALPHA

A percepção da importância dos conceitos da qualidade na Alpha evoluiu a partir da década de 1980 com a implementação de certificações (ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 19001, QC 080.000), programas (5s, Seis Sigma, CCQ – Círculos de Controle da Qualidade), ferramentas (Controle Estatístico de Processo, QC *Story*, ferramentas do Seis Sigma), e sistemas de gestão (Gerenciamento pelas Diretrizes e Gerenciamento da Rotina), conforme sintetizado na Figura 5.

Figura 5 - Evolução dos Sistemas de Gestão da Qualidade na Empresa Alpha

1990		2000	
1987	Controle Estatístico de Processo	2000	Certificação ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental)
1991	Criação do comitê de planejamento de ações para Qualidade (PAQ) - Carta de Vila Verde	2001	Certificação ISO 9001: 2000 (Sistema de Gestão da Qualidade)
1992	ISO 9001 Início de Implementação da Qualidade Total	2002- 2004	Projeto Operar Robusto Gerenciamento da Rotina + Ferramentas 6 sigma RTY (<i>Rolled Throughput Yield</i>)
1993	QC Story (MASP) Programa 5S Gerenciamento da Rotina Padronização – Certificação M.O	2005	Certificação OHSAS 18001 (Saúde e Segurança Ocupacional) Análise Crítica da dimensão qualidade
1995- 1997	Gerenciamento pelas Diretrizes Manutenção Autônoma Programa CCQ	2006	Certificação ISO 14001: 2004
1998	Programa 6Sigma (Green Belt / Black Belt)	2007	Certificação QC 080.000 (Controle de Substâncias Nocivas)
		2010	Certificação ISO 9001: 2008 (Sistema de Gestão da Qualidade)

Fonte: apresentação da empresa de 2012.

O programa Seis Sigma teve início em 1998 com a introdução da capacitação de *belts* (*Green belt*, *Black belt* e *Champion*), voltada para a realização de projetos. Os funcionários, indicados pela liderança e selecionados de acordo com alguns critérios definidos pela empresa poderiam se inscrever para cursos de certificação nos *belts* e desenvolver projetos Seis Sigma para redução de custos, melhoria da qualidade ou aumento da produtividade. Com relação aos projetos Seis Sigma, esses eram classificados visando decidir sobre sua aceitação dependendo de alguns critérios, tais como: atratividade, duração, escopo e retorno esperado. Foram encontrados dados de 435 projetos Seis Sigma cadastrados no sistema de gestão de projetos da empresa Alpha entre 1998 e 2004. Estes projetos envolviam diversas áreas da empresa, incluindo áreas operacionais e administrativas (Qualidade, Manutenção, Logística, Desenvolvimento de Produto, Marketing, Vendas e Recursos Humanos). A classificação dos *status* dos projetos na ocasião é apresentada no Quadro 5.

Os motivos pelos quais o programa foi descontinuado não foram identificados na coleta de dados. Na realidade, existem poucas informações sobre os dados

referentes ao programa durante aquele período. Apesar de o Seis Sigma ter se extinguido na ocasião, seus métodos de resolução de problemas e suas ferramentas estatísticas permaneceram em uso visando a redução de defeitos e a variabilidade de processos. Até maio de 2011, as ferramentas do Seis Sigma eram utilizadas, sem uma gestão central definida, apenas para a resolução de problemas de qualidade na produção, sendo utilizado como uma aplicação de métodos e ferramentas e não de forma estratégica, com uso limitado apenas ao chão de fábrica.

Quadro 5 - Classificação dos projetos Seis Sigma na Empresa Alpha..

Status	Número de projetos	%
Aperfeiçoar	29	7%
Concluídos	94	22%
Em Análise	98	23%
Em Andamento	150	34%
Rejeitados	64	15%
TOTAL	435	100%

Fonte: Intranet - Seis Sigma na Empresa Alpha (última atualização em 2004).

Em 2011, o Seis Sigma foi re-introduzido e, atualmente, encontra-se nos passos iniciais para voltar a ser um programa estratégico da empresa. O programa utiliza o modelo de resolução de problemas e a estrutura de *belts* do Seis Sigma, porém, recebe o nome de Programa de Melhoria da Qualidade (*Quality Improvement Program*). O programa atual, descrito a seguir, não aproveitou os trabalhos feitos entre 1998 e 2004 e recebe este nome justamente para não remeter às práticas utilizadas naquele período.

A equipe de gestão da planta coleta semanalmente os principais indicadores da qualidade (ppm de clientes - externo, ppm em campo - interno, reclamações de clientes, custo de falhas, etc.). Através desses indicadores é feita uma análise dos principais problemas e dos possíveis projetos de melhorias de qualidade. Os projetos gerados dessas análises são divididos em um portfólio de projetos de melhoria da qualidade podendo ser dos seguintes tipos: "projetos seguindo o método de resolução de problemas através do PDCA", "*kaizens* de qualidade" ou "introdução de novos produtos e processos". Com a definição do formato de projeto, é definida a equipe, os recursos necessários e as responsabilidades. O método atual de resolução de problemas da qualidade é detalhado no próximo tópico.

O acompanhamento, a análise crítica e o desdobramento dos resultados dos projetos são feitos em duas reuniões semanais. Uma reunião envolve as equipes

dos projetos e a gestão da planta, a outra envolve as equipes dos projetos e o comitê da qualidade (equipe responsável pelo monitoramento dos indicadores e garantia da qualidade). O desdobramento dos resultados e acompanhamento dos principais indicadores (KPIs) é feito mensalmente com os diretores e vice-presidentes e trimestralmente com a presidência. O programa de melhoria garante o envolvimento da alta gestão e caráter estratégico dentro da organização. Dentre os benefícios identificados com este programa pode-se citar:

- Aumentar a velocidade e melhorar o andamento dos métodos de resolução de problemas de qualidade (muitos problemas de qualidade na empresa passam anos sem ser resolvidos, muitas vezes leva-se um ano para resolver um problema que poderia ser resolvido em 3 ou 4 meses).
- Aumentar a sinergia dentro e entre as plantas, ao alocar os mesmos recursos para dar suporte e investigar problemas similares de qualidade. O uso de um método padrão de resolução de problemas pode acelerar a troca de conhecimentos e a padronização de soluções.
- Atingir as metas da qualidade e de satisfação do cliente. A ideia é deixar visível como os principais problemas de qualidade que afetam os custos e a satisfação dos clientes estão sendo resolvidos em cada planta. Os projetos de melhoria da qualidade devem ser monitorados semanalmente para um acompanhamento adequado de seu progresso.
- Maior apoio e comprometimento da liderança, definindo atribuições claras para o gestor responsável por cada problema de qualidade de acordo com o método de resolução de problemas. Também foi necessário conectar os problemas resolvidos pelo método com as economias com custo de falhas (internas e externas).

O programa de melhoria utiliza um método de resolução de problemas sugerido por Falconi (2006) conhecido como *QcStory*, que segue o ciclo PDCA. Porém, é similar ao DMAIC utilizado na maioria das empresas que adotam o Seis Sigma. Segundo a equipe de qualidade, o modelo utilizado (PDCA) abrange, na fase de Planejamento (*Plan*), as etapas de Definir (*Define*), Medir (*Measure*) e Analisar (*Analyse*) do DMAIC. Pelo fato de a empresa já adotar o ciclo PDCA há alguns anos, optou-se por não adotar outra nomenclatura. Desta forma, o ciclo PDCA é utilizado, porém similar a forma com que o DMAIC propõe. A Figura 6 apresenta os estágios deste ciclo, seus objetivos e as ferramentas utilizadas.

Figura 6 - Ciclo PDCA no Controle da Qualidade na Empresa Alpha

PDCA	FLUXO	ESTÁGIO	OBJETIVO	FERRAMENTAS BÁSICAS
P	1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	Defina claramente o problema e reconheça sua importância	Pareto / Gráfico de Controle / Histograma / Diagrama de Causa e Efeito / Folha de Verificação de Dados / Gráfico de Fluxo
	2	OBSERVAÇÃO	Investigue o problema sob vários pontos de vista, baseado em fatos e dados	Histograma / Gráfico de Controle / Folha de Verificação de Dados / Gráfico de Fluxo / Diagrama de Correlação / Pareto / Diagrama de Causa e Efeito
	3	ANÁLISE	Encontre as causas raiz	Pareto / Histograma / Diagrama de Causa e Efeito / Gráfico de Controle / Folha de Verificação de Dados / Gráfico de Fluxo / Diagrama de Correlação
	4	PLANO DE AÇÃO	Desenvolver plano para atacar as causas raiz	5 W 1H
D	5	AÇÃO	Atacar as causas raiz	
C	6	CHECAGEM	Checar a efetividade do ataque às causas raiz	Gráfico de Controle / Folha de Verificação de Dados / Histograma / Diagrama de correlação / Pareto
	?	CAUSAS BLOQUEADAS?		
A	7	PADRONIZAÇÃO	Prevenir a recorrência de problemas	
	8	CONCLUSÃO	Rever processo de solução de problemas e planejar trabalhos futuros	Pareto / Histograma

Fonte: apresentação interna da empresa de 2012; o conteúdo é adaptado de Falconi (2006).

De forma a relacionar este modo de condução de projetos com os resultados e dados do programa Seis Sigma, o próximo tópico apresenta uma visão geral deste programa na empresa.

5.1 Visão Geral do Seis Sigma na Alpha

Com base em um questionário do trabalho de Andrietta e Cauchick Miguel (2007) são apresentados, em linhas gerais, alguns dados relacionados a adoção do Seis Sigma na empresa Alpha. O questionário foi respondido pelo *Master Black Belt* da empresa (naquele momento há um ano na empresa e com sete anos de experiência em Seis Sigma). É importante destacar que o questionário não leva em consideração os resultados do programa Seis Sigma durante 1998 até 2004, mas a partir de 2011. Os dados coletados sobre este período foram apresentados anteriormente, mas a maior parte das informações desta época era desconhecida pelas pessoas entrevistadas e não foi possível identificar outros profissionais que participaram diretamente do programa naquele período. Os dados do Seis Sigma na Alpha a partir de 2011 são então comparados com os dados coletados por Andrietta e Cauchick Miguel (2007) que sintetiza os resultados de 78 empresas que aplicam o Seis Sigma no Brasil. Estes dados são apresentados nos Quadros 6, 7 e 8; deve-se levar em consideração nessa comparação o fato de o trabalho de Andrietta e Cauchick Miguel (2007) ter sido realizado há mais tempo, mas considera-se que o trabalho citado serve como uma referência analítica para este trabalho.

Quadro 6 – Caracterização do Grupo de Empresas da *Survey* e da Empresa Estudada.

Características	Dados Coletados no Levantamento tipo Survey de Andrietta e Cauchick Miguel (2007)	Dados Coletados na Empresa Alpha
Localização geográfica (estados da federação)	50% localizadas no estado de São Paulo	Sede em Joinville
Setor industrial	Quase 40% do segmento automotivo	Refrigeração
Número de funcionários	Mar de 65% das empresas de grande porte (acima de 500 funcionários)	Aproximadamente 5.800 funcionários no Brasil
Faturamento anual	60% das empresas estão entre as 500 maiores do Brasil (Exame, 2005)	Faturamento da ordem de bilhões de reais
Posição no mercado que atuam	41% são líderes de mercado	Líder de mercado

Os dados apresentados nos Quadros 6, 7 e 8 mostram algumas diferenças e semelhanças entre as 78 empresas do estudo de Andrietta e Cauchick Miguel (2007) e a Alpha. Alguns dados relacionados aos resultados e a quantidade de profissionais envolvidos no programa são difíceis de serem comparados devido ao fato de o programa Seis Sigma ser reiniciado na Alpha. A empresa estudada possuía 3 projetos concluídos na época (na área de manufatura, porém sem mensuração quantitativa de resultados), com outros 23 em andamento (todos na área de manufatura), sendo que a perspectiva é de aumento. Os resultados dos projetos não foram mensurados e, por esta razão, não possibilitam comparações com dados de outras empresas.

Em relação ao número de profissionais qualificados, a perspectiva também é de crescimento. Atualmente, considerando-se todas as plantas atuando diretamente com o programa de melhoria existem: 1 *Master Black Belt* com 100% de dedicação ao programa, 2 *Black Belts* com 60% de dedicação e 13 *Green Belts* em treinamento com 40% de dedicação ao programa. Existe uma meta de dobrar o número de *Green Belts* e *Black Belts* em curto prazo. O número de profissionais qualificados no programa poderia ser maior caso fossem aproveitados todos os profissionais já certificados (*Green* e *Black Belts*) na empresa. Muitos profissionais da Alpha foram certificados pela empresa no período de 1998 até 2004, porém não atuam mais com o programa Seis Sigma.

Quadro 7 – Implementação do Programa Seis Sigma.

Característica	Dados coletados na <i>survey</i> de Andrietta e Cauchick Miguel (2007)	Dados Coletados na Empresa Alpha
Ano da implantação do programa	A partir do ano 2000 observa-se crescimento significativo	2011
Motivo da implantação do programa Seis Sigma	Quase 75% foi como uma "estratégia da empresa" e em mais de 50% como "uma decisão da matriz"	Estratégia da Empresa
Áreas da empresa que iniciaram a implantação do programa Seis Sigma	Alta administração (50%) e qualidade (40%)	Qualidade Corporativa
Áreas da empresa em que efetivamente o programa Seis Sigma foi aplicado	70% dos casos indicaram "em toda a empresa"	Manufatura e posteriormente Desenvolvimento de Produtos
Quanto a "personalização" do programa Seis Sigma	Ocorreu em mais de 75% das empresas respondentes	Programa adaptado, "personalizado" nos moldes da empresa
Critérios de escolhas dos profissionais	Mais de 75% são por indicação	Plano de carreira e principalmente indicação
Coordenadores específicos para a condução do programa Seis Sigma	Presentes em quase 95% das empresas respondentes	Sim
Qualificação dos profissionais	Master <i>Black Belts</i> em quase 40% das empresas, <i>Black Belts</i> , em quase 80%, <i>Green Belts</i> , em mais de 50%	<i>Master Black Belt, Black Belts e Green Belts</i>
Treinamento dos profissionais (tempo médio de horas de treinamento)	Aproximadamente 65% dos <i>Black Belts</i> tem de "201 a 400 horas" de treinamento e mais de 80% dos <i>Green Belts</i> tem "1 a 200 horas"	<i>Master Black Belt</i> acima de 400 horas, <i>Black Belts</i> entre 100 e 200 horas, <i>Green Belts</i> entre 1 e 100 horas.
Reconhecimento concedido aos profissionais	Presente em mais de 50% das empresas	Nenhum
Tipos de reconhecimento	Em mais de 50% das empresas "impulso na carreira"	Considera-se que as atividades estão dentro do escopo de trabalho do funcionário

Quadro 8 – Resultados com a Aplicação do Programa Seis Sigma na Empresa Estudada.

Característica	Dados coletados na <i>survey</i> de Andrietta e Cauchick Miguel (2007)	Dados Coletados na Empresa Alpha
Critérios para seleção de projetos	Em mais de 90% dos casos "relação com as metas estratégicas da empresa"	Alinhado com a estratégia da área de qualidade. Atuação nos principais problemas (Pareto)
Profissionais envolvidos na definição dos critérios para a seleção dos projetos Seis Sigma	"gerentes" em mais de 75% e os "diretores" em cerca de 70%	<i>Master Black Belt, Black Belt</i> , diretor da área de qualidade, gerentes da área de qualidade
Quantidade e o tempo médio de duração dos projetos Seis Sigma executados nas empresas	1 a 5 projetos por ano em cerca de 23% das empresas; 17% dos respondentes executam acima de 50 projetos anuais	3 projetos implantados, 23 acontecendo, duração média de 6 meses
Benefícios que o programa Seis Sigma está proporcionando para as empresas	Em cerca de 90% "redução dos desperdícios" e "aumento da produtividade" em quase 85%	Ainda não quantificados
Escalas adotadas para medir o ganho em qualidade de produtos e de processos na utilização do Seis Sigma	ppm (partes por milhão) em quase 70%	ppm
Benefícios financeiros (média por projeto)	"R\$ 51000 à R\$ 100000" em cerca de 30%, "acima de 200000" em cerca de 20%	Ainda não quantificados
Proporção dos projetos Seis Sigma na área produtiva e administrativa	71% a 90% dos projetos são orientados para área produtiva em quase 30% das empresas	100% área produtiva
Validação dos ganhos financeiros pela área contábil da empresa	Confirmado por 80% das empresas	Ainda não quantificados
Perspectivas do programa Seis Sigma nas empresas pesquisadas	80% das empresas pretendem "prosseguir mantendo ou aumentando os investimentos no programa"	Ampliação, programa ainda esta nos passos iniciais
Tratamento dos dados estatísticos	Mais de 95% dos respondentes utilizam o Minitab®	Statistica®
Utilização dos "métodos de melhoria"	DMAIC para 95% das empresas	PDCA

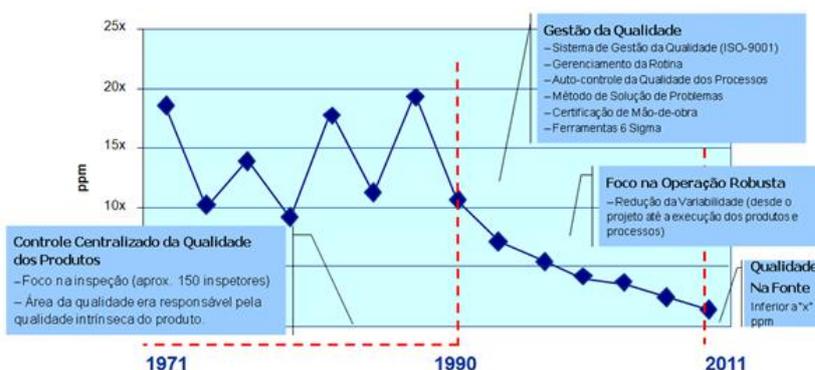
A maior parte dos dados coletados mostra que o programa Seis Sigma na Alpha, apesar de relativamente novo, segue um padrão similar ao adotado pelas outras empresas. Destacam-se três pontos que fogem deste padrão observado: (i) utilização do PDCA ao invés do DMAIC; (ii) utilização do *software* Statistica® ao invés do Minitab®; e (iii) não reconhecimento aos profissionais envolvidos. Considera-se que o tipo de *software* não seja um fator de influência no programa, visto que este é apenas uma ferramenta de suporte. Aspectos metodológicos como o uso do PDCA ao invés do DMAIC e aspectos culturais como o reconhecimento dos

profissionais envolvidos, merecem mais atenção e são discutidos no tópico seguinte, que também apresenta os resultados obtidos pelo Seis Sigma e com a gestão da qualidade na Alpha.

5.2 Resultados do Seis Sigma e da Qualidade na Empresa Alpha

Desde 1990, a empresa vem obtendo resultados significativos com o uso das ferramentas e práticas descritas anteriormente. A Figura 7 apresenta a evolução do principal indicador de qualidade na empresa (ppm global). A figura ilustra também a evolução da adoção de ferramentas, métodos e práticas (incluindo o Seis Sigma) na Alpha. Por se tratar de um número confidencial, este índice foi relativizado. Pode-se notar que no período de 1990 a 2011 houve uma redução no índice de mais de 10 vezes do seu valor inicial.

Figura 7 - Evolução do “Índice de Rejeição de Produtos no Cliente” na Alpha



Fonte: apresentação interna da empresa de 2012

A Figura 7 também indica a importância das iniciativas da gestão da qualidade e do Seis Sigma na Alpha, a partir do final de 1990. Antes disso, os processos eram controlados pelo Controle Estatístico de Processo, porém, a análise de dados e identificação de causas era corretiva, com o foco nas inspeções. Desta forma, os processos apresentavam certa variabilidade. Este cenário começou a mudar com a implementação da gestão da qualidade e das práticas do Seis Sigma reduzindo, em um curto período, 5 vezes o número de ppm externo.

Diversas iniciativas foram feitas para melhorar o controle do processo, reduzir risco em função da implementação de melhorias em produtos e processos e melhorar a eficácia da qualidade em geral, através de treinamento de *belts* e avaliações de CTQ's. Os resultados alcançados com estas iniciativas foram relacionados a: redução de rejeição de produtos em linha (ppm interno), redução de

rejeição de produtos no cliente (ppm externo), diminuição do custo de falhas externas e tempo de resposta para reclamações de clientes.

Os dados apresentados neste tópico retratam o histórico, a estrutura e os resultados do *Lean Production* e do Seis Sigma na Empresa Alpha. É possível perceber que ambas as metodologias são relevantes na empresa. Esta importância existe pelo fato de as metodologias serem capazes de proporcionar resultados significativos para a organização. O tópico seguinte discute estas práticas com base na teoria sobre o *Lean Seis Sigma*.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

É esperado que tanto o *Lean Production* como o Seis Sigma, sejam integrados com outras abordagens e metodologias de melhoria contínua para que a organização aumente seu potencial de melhoria (ANTONY, 2004; HINES et al., 2004; BHUIYAN, BAGUEL, 2005). O *Lean Production* e o Seis Sigma devem ser usados simultaneamente para aproveitar a sinergia entre ambos e evitar dificuldades como priorizar iniciativas e alocar recursos (SALAH et al., 2010). Apesar de esta integração ser benéfica, é difícil de ser alcançada. A Alpha utiliza o *Lean Production* e o Seis Sigma de modo separada por meio de dois sistemas de gestão diferentes, discutido neste tópico.

6.1 Adoção das Práticas do Lean Production e do Seis Sigma

Com relação as seis categorias de aplicação do *Lean Seis Sigma* encontrados nas organizações (SALAH et al., 2010), a empresa se situa na categoria 3: “*Lean Production* e o Seis Sigma em separado para tratar de diferentes problemas de acordo com a classificação do projeto”. A empresa não tem definido nem o *Lean Production* e nem o Seis Sigma como metodologia principal e também não aplica suas práticas e ferramentas de forma integrada. As duas metodologias são trabalhadas separadamente. Os projetos e métodos de resolução de problemas são utilizados de acordo com sua necessidade, podendo ser trabalhos de *Kaizen* pelo meio do *Lean Production* ou projetos Seis Sigma seguindo o método de resolução de problemas do PDCA do sistema da qualidade. Geralmente, os eventos de *Kaizen* são mais simples, de curta duração (por volta de uma semana, mais algumas reuniões de preparação) e envolvem melhorias e mudanças em processos. Os projetos Seis Sigma, em geral, envolvem problemas mais complexos considerando uma análise estatística, com duração média de 6 meses, mais associados a problemas de qualidade e variabilidade de processo.

Em relação a ordem de aplicação das metodologias, de acordo com a classificação de Arnheiter e Maleyeff (2005), a empresa Alpha se classifica como: “empresa com o *Lean Production* que adere ao Seis Sigma”. Se for considerado o período de 1998 a 2004 em que a organização adotou o Seis Sigma, esta poderia se enquadrar como “empresa com Seis Sigma que adere ao *Lean Production*”. Porém, como as práticas do *Lean Production* tiveram início apenas em 2005, período em que já não havia mais o Seis Sigma na empresa, considera-se de acordo com a primeira classificação. Os benefícios dessa sequência de aplicação ocorrem com a eliminação da variabilidade dos processos. Segundo Arnheiter e Maleyeff (2005), quando um defeito é identificado em um sistema que adere as práticas do *Lean Production*, ocorrem uma série de desperdícios ocultos. Esses desperdícios podem ser resolvidos eliminando a variação e mantendo o processo centrado por meio da adoção das práticas do Seis Sigma (SALAH et al., 2010).

A empresa não utiliza o Seis Sigma como um conjunto de ferramentas dentro do *Lean Production* e nem o utiliza como um conjunto de ferramentas inserido no Seis Sigma. Segundo Hines (2004), a adoção do *Lean Seis Sigma* desta forma (apenas como um conjunto de ferramentas) é um problema, pois impede que os benefícios do DMAIC sejam aproveitados. Ainda de acordo com o autor citado, o *Lean Production* e o Seis Sigma devem ser tratados através de uma visão holística em que um reforça o outro mutuamente. O próximo tópico discute a metodologia integrada do *Lean Seis Sigma* na empresa.

6.2 Integração do Lean Seis Sigma na Empresa

De acordo com George (2002), as ações de melhoria que não seguem o DMAIC ocorrem mais lentamente. O DMAIC propicia ao Seis Sigma uma característica única de conectar e sequenciar as ações de melhoria de uma forma global (SNEE, 2004). Segundo o autor supra-citado, uma abordagem integrada do *Lean Seis Sigma* deve trabalhar com o MFV, realizar o mapeamento do estado atual com base para a aplicação das ferramentas do *Lean Production* e do Seis Sigma e seguir o DMAIC para atingir o estado futuro e, desta forma, mudar a estrutura do processo. Mader (2008) ainda sugere que o *Lean Seis Sigma* se desenvolveu de diferentes formas nas organizações, mas que a maioria utiliza o MFV como um ponto de partida. É possível perceber uma grande convergência das afirmações dos autores citados e dois aspectos principais para a adoção das práticas do *Lean Seis Sigma*: (i) iniciar a integração das práticas do *lean production* e do Seis Sigma através do MFV e (ii) seguir as ações de melhoria através do modelo do DMAIC. Estes dois aspectos são analisados em relação a empresa nos próximos tópicos.

6.2.1 Integração do *Lean Production* e Seis Sigma pelo MFV

O MFV é uma das ferramentas mais importantes para se identificar os desperdícios. Entende-se por "desperdícios" não somente os de processo e produtividade, mas também problemas de qualidade, manutenção, segurança, ergonomia e até mesmo ambientais (desperdício de água, energia, etc.). Estes desperdícios são obstáculos que prejudicam o fluxo da produção e a eliminação destes permite atender os clientes com mais rapidez (menor *lead time*) e qualidade.

O MFV mostra uma "fotografia" da manufatura, e nesta é possível identificar os mais diversos problemas de produtividade no fluxo de materiais e informações, bem como os problemas pontuais nas operações. O MFV é uma ferramenta de grande importância na Alpha, é utilizado em todas as plantas da empresa (cada fábrica possui o seu mapa), atualizado mensalmente e revisado completamente a cada ano em um "workshop do MFV", com duração de uma semana. Neste *workshop*, o mapa do estado atual e do estado futuro são redesenhados e uma lista de eventos *Gemba Kaizen*, escolhidos de acordo com os desperdícios existentes, é planejada para o próximo período de um ano.

Como Salah et al. (2010) afirmam, é esperado que o MFV seja frequentemente o primeiro passo para a implementação do *Lean Seis Sigma*. De acordo estes autores, o MFV deve seguir dentro da estrutura DMAIC: na fase "Definir" realiza-se a preparação para o mapeamento; na fase "Medir" é feito o desenho do mapa junto com a identificação dos desperdícios e possíveis melhorias; na fase "Analisar" é feita a análise do estado atual e criação do estado futuro. Na fase "Melhorar" são realizadas as ações de melhoria, que podem ser através de *Gemba Kaizens* ou Projetos Seis Sigmas e uso de ferramentas estatísticas; na última fase, "Controlar" é feito o plano de controle para evitar que os erros voltem a acontecer. Enfatiza-se o fato de que apesar de estrutura similar, a empresa estudada não adota o DMAIC.

Ao se comparar a teoria com o que é adotado pela empresa, percebe-se que a principal diferença está na fase "Melhorar". As ações de melhoria desta fase consistem apenas em eventos *Gemba Kaizen*, sendo que os projetos Seis Sigma e outras ações de melhoria não estão integradas com o MFV. Apesar de o Programa de Melhoria da Qualidade possuir, em seu portfólio, tanto projetos Seis Sigma, como também "*kaizens* de qualidade", não existe qualquer relação deste programa com o MFV.

A Alpha possui iniciativas de redesenhar o "workshop do MFV" de forma a integrá-lo com todos os sistemas e, desta forma, usar o MFV como um guia não apenas para *kaizens* (como é feito atualmente), mas também para todas as ações e

projetos de qualidade, saúde e segurança, manutenção, desenvolvimento de produto e até sustentabilidade. O MFV permite que se visualize a fábrica e seus problemas como um todo; portanto, seu objetivo deve ser maior que gerar apenas um plano de *kaizens*. Assim, a empresa pretende usar o MFV como uma ferramenta central da organização com o objetivo de gerar um plano global de projetos de melhorias, alinhado com o que a teoria do *Lean Seis Sigma* propõe.

6.2.2 O DMAIC do *Lean Seis Sigma* e o Modelo PDCA da Empresa

Salah et al. (2010) recomendam seguir a estrutura DMAIC ao conduzir os projetos de *Lean Seis Sigma*, mas é necessário saber exatamente onde, por que, quando e como as ferramentas devem ser inseridas nas fases (ANTONY, 2004). Como já destacado, a Alpha utiliza um método conhecido como *QCStory*, adaptado de Falconi (2006), que segue a estrutura do PDCA, sendo que as metodologias são similares. Por meio de entrevistas com o *Master Black Belt* da empresa, verifica-se que o *QCStory* abrange as fases do DMAIC conforme ilustra a Figura 8. Apesar de ter a sequência de fases semelhante, a metodologia da Alpha carece de maior rigor estatístico no que diz respeito às suas ferramentas. A maioria delas possui caráter simplificado se comparado com as ferramentas estatísticas mais complexas disponíveis no *Seis Sigma*.

Figura 8 – Associação entre o DMAIC e a Estrutura da Alpha

PDCA	FLUXO	ESTÁGIO	OBJETIVO	FERRAMENTAS BÁSICAS	
P	1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	Defina claramente o problema e reconheça sua importância	Pareto / Gráfico de Controle / Histograma / Diagrama de Causa e Efeito / Folha de Verificação de Dados / Gráfico de Fluxo	D M A
	2	OBSERVAÇÃO	Investigue o problema sob vários pontos de vista, baseado em fatos e dados	Histograma / Gráfico de Controle / Folha de Verificação de Dados / Gráfico de Fluxo / Diagrama de Correlação / Pareto / Diagrama de Causa e Efeito	
	3	ANÁLISE	Encontre as causas raiz	Pareto / Histograma / Diagrama de Causa e Efeito / Gráfico de Controle / Folha de Verificação de Dados / Gráfico de Fluxo / Diagrama de Correlação	
	4	PLANO DE AÇÃO	Desenvolver plano para atacar as causas raiz	5W 1H	
D	5	AÇÃO	Atacar as causas raiz		I
C	6	CHECAGEM	Checar a efetividade do ataque às causas raiz	Gráfico de Controle / Folha de Verificação de Dados / Histograma / Diagrama de correlação / Pareto	C
	?	CAUSAS BLOQUEADAS?			
A	7	PADRONIZAÇÃO	Prevenir a recorrência de problemas		
	8	CONCLUSÃO	Rever processo de solução de problemas e planejar trabalhos futuros	Pareto / Histograma	

Fonte: adaptado da apresentação interna da empresa de 2012

A principal diferença entre o modelo DMAIC e o utilizado pela Alpha, é a não integração das práticas do *Lean Production*, como o uso do MFV e eventos *Gemba Kaizens*, dentro do *QCStory*. A primeira etapa para a integração dos conceitos do *Lean* e do *Seis Sigma* em uma metodologia *Lean Seis Sigma* na Alpha, seria o uso do MFV como ferramenta central para a melhoria de processos. A segunda etapa

Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.14, n. 4, p.1316-1347, out./dez. 2014.

consistiria na integração do MFV junto com o *QCStory*. Para isso, as etapas do MFV devem ser adicionadas ao *QCStory*, juntamente com as ferramentas e técnicas utilizadas pelo *Lean Production* nos eventos *Gemba Kaizen*. Com estas ações, seria possível tornar o modelo de gestão utilizado pela empresa próximo ao modelo do *Lean Seis Sigma* proposto por Salah et al. (2010).

6.3 Fatores de Sucesso para o *Lean Seis Sigma* na Empresa

Conforme Achanga et al. (2006), muitas empresas carecem de dados relativos a custos de implementação, resultados e benefícios tangíveis gerados tanto pelo *Lean Production* como pelo Seis Sigma, podendo ocasionar no fracasso de sua implementação. O trabalho de Jeyaraman e Teo (2010) estabelece 10 fatores críticos de sucesso para a implementação das práticas do *Lean Seis Sigma*. Estes fatores são novamente listados no Quadro 10 em relação às práticas da Alpha. Muitos desses fatores listados são difíceis de ser mensurados ou exigem uma análise mais profunda sobre a empresa e sua cultura organizacional, além do escopo deste estudo. Alguns fatores são destacados nas conclusões, junto com algumas recomendações. Estes fatores merecem atenção especial visto que são críticos para o sucesso das práticas do *Lean Seis Sigma*.

Quadro 10 – Fatores Críticos de Sucesso do *Lean Seis Sigma* e seu nível na Empresa Alpha

Fatores Críticos de Sucesso (JEYARAMAN, TEO, 2010)	Nível do fator na empresa de acordo com o presente autor	Evidências
1. Compromisso e dedicação da liderança.	Moderado	Grande foco em resultados, porém, aparentemente falta maior acompanhamento do funcionamento do <i>Lean Thinking</i> e Seis Sigma dentro da empresa
2. Sistema de premiação e reconhecimento.	Fraco	Não existe sistema de premiação para resultados relacionados ao <i>Lean Thinking</i> ou ao Seis Sigma.
3. Cultura organizacional.	Moderado	A organização possui cultura de melhoria contínua, porém aparentemente focada no curto prazo
4. Comunicação frequente e avaliação dos resultados do programa.	Moderado	Apesar dos resultados serem divulgados e comunicados, falta maior acompanhamento dos mesmos
5. Priorização, seleção, revisão e acompanhamento de projetos.	Moderado	Projetos são definidos no MFV, falta acompanhamento se o que foi planejado foi realmente feito
6. Programa de treinamentos efetivo.	Fraco	Falta de um centro de treinamentos ou uma universidade dentro da empresa, os treinamentos são dados quando surge a necessidade. Existem pessoas trabalhando com projetos Seis Sigma sem ser <i>Green belt</i> .
7. Compartilhamento de melhores práticas de projetos.	Forte	Apresentações semanais do resultados dos <i>gemba kaizens</i> realizados e reuniões mensais para troca de práticas entre as plantas.
8. Capacidade financeira da empresa.	Moderado	Recursos limitados devido ao excessivo foco em redução de custos da empresa.
9. Definição do funcionamento do programa e sua ligação com a estratégia da empresa.	Moderado	Projeto em andamento do gerenciamento da rotina para padronizar a atuação do <i>Lean Thinking</i> e Seis Sigma e ligar metas estratégicas às operacionais
10. Competência dos <i>Master Black belts</i> e <i>Black belts</i> .	Moderado	Apesar da competência, existe apenas um <i>Master black belt</i> e muito poucos <i>Black belts</i>

7 CONCLUSÕES

Primeiramente, cabe destacar que, devido ao objeto de estudo não adotar o *Lean Seis Sigma* de forma integrada, não foi possível analisar a sua operação por completo. No entanto, o fato de a empresa adotar o *Lean Production* e o Seis Sigma em separado possibilitou a comparação entre o que a teoria do *Lean Seis Sigma* propõe como ideal e o que seria necessário para alcançá-la. Desta forma, considera-se que foi possível fazer uma análise satisfatória do estado atual da organização e também da forma com que a metodologia do *Lean Seis Sigma* deveria funcionar. Apesar de não possuir a metodologia integrada, a empresa possui iniciativas de integração de pessoas, áreas e sistemas, de forma que é possível verificar potencial para a integração metodológica em direção ao *Lean Seis Sigma*.

Em relação a integração, é possível concluir que o *Lean Production* e o Seis Sigma podem e devem, quando possível, ser trabalhados de forma conjunta,

adequando-se a realidade dos projetos, como demonstrado no estudo realizado. Mesmo que esperado, foi constatado na empresa que diferentes tipos de projetos necessitam de diferentes abordagens e ferramentas, dependendo da natureza do problema e sua complexidade. Foi possível ainda observar a existência de dois aspectos principais na adoção do *Lean Seis Sigma*. Primeiramente, o uso do Mapeamento do Fluxo de Valor deve ser o passo inicial para a integração metodológica e deve servir como um guia para as ações de melhoria. O outro aspecto (mais esperado) é o uso do modelo DMAIC para a condução de projetos *Lean Seis Sigma*. As ações de melhoria devem passar pelas cinco fases do modelo, e este deve estar diretamente ligado ao MFV. A empresa estudada possui iniciativas de utilizar o MFV como ferramenta central de forma a guiar os diversos projetos de melhoria. Além disso, utiliza uma metodologia muito similar ao DMAIC para a condução de projetos Seis Sigma. O desafio futuro consiste em unir o MFV como o DMAIC para obter os benefícios que a integração metodológica do *Lean Seis Sigma* pode oferecer.

Ao gerenciar as metodologias por meio de duas metodologias, é possível que surjam limitações e os potenciais de melhoria não sejam alcançados. Como normalmente existem mais projetos de melhorias do que recursos disponíveis para realiza-los, a gestão do *Lean Production* e do Seis Sigma de forma separada, pode gerar a concorrência de recursos, tanto humanos como financeiros. No entanto, por limitações na coleta de dados, não foi possível obter evidências nesse sentido, na organização estudada. Ao se trabalhar com as práticas em separado, torna-se mais difícil priorizar entre elas, quais são os projetos de melhorias mais importantes. Desta forma, conclui-se que a prática da empresa apresenta algumas limitações. Finalmente, destaca-se o fato de que os resultados da análise do estudo estão alinhados ao que a teoria sobre o tema propõe. Desta maneira, considera-se este confronto entre a teoria e a prática possibilitou analisar, preliminarmente, a operação do *Lean Seis Sigma*. No entanto, o presente trabalho é limitado a um caso único, o que restringe a generalização dos resultados.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos revisores da Produção OnLine pelas sugestões e recomendações que sem dúvida contribuíram para a melhoria do texto. Finalmente, os autores agradecem a empresa que possibilitou que a presente investigação fosse realizada. No entanto, cabe destacar que o trabalho reflete a visão dos autores e não a perspectiva da empresa estudada.

REFERÊNCIAS

- ACHANGA, P.; SHEHAB, E.; ROY, R.; NELDER, G. Critical success factors for lean implementation within SMEs. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.17, n.4, p. 460-71, 2006. <http://dx.doi.org/10.1108/17410380610662889>
- ANDRIETTA, J.M.; CAUCHICK MIGUEL, P.A. Aplicação do programa seis sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo *survey* exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, v.14, n.2, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200002>
- ANTONY, J.; BANUELAS, R. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects. **The TQM Magazine**, v.14 n.2, p.92-99, 2002. <http://dx.doi.org/10.1108/09544780210416702>
- ANTONY, J.; BANUELAS, R. Key Ingredients for the effective implementation of six sigma program. **Journal of Measuring Business Excellence**, v. 6, n.4, p.20-27, 2002. <http://dx.doi.org/10.1108/13683040210451679>
- ANTONY, J. Some Pros and Cons of Six Sigma: an Academic Perspective. **The TQM Magazine**, v.16, n.4, p.303-306, 2004. <http://dx.doi.org/10.1108/09544780410541945>
- ANTONY, J. Some perspectives from leading academics and practitioners. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v.60, n.2, 2010.
- ARNHEITER, E.D.; MALEYEFF, J. The integration of lean management and six sigma. **The TQM Magazine**, v.17, n.1, p.5-18, 2005. <http://dx.doi.org/10.1108/09544780510573020>
- ARTHUR, J. **Lean Six Sigma Demystified**. New York: McGraw-Hill, 2007.
- BENDELL, T. A Review and comparison of six sigma and the lean organizations. **The TQM Magazine**, v.18 n.3, p.255-262, 2006. <http://dx.doi.org/10.1108/09544780610659989>
- BHUIYAN, N.; BAGHEL, A. An Overview of continuous improvement: from the past to the present. **Management Decision**, v. 43 n.5, p.761-771, 2005. <http://dx.doi.org/10.1108/00251740510597761>
- CAUCHICK MIGUEL, P.A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v.17, n.1, p.216-229, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132007000100015>
- CHAPMAN, R.L.; HYLAND, P.W. Continuous improvement strategies across selected Australian manufacturing sectors. **Benchmarking for Quality Management & Technology**, v.4, n.3, p.175-188. 1997. <http://dx.doi.org/10.1108/14635779710181415>
- CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva. **Revista Produção Online**, v.11, n.1, p.210-239, 2011. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v11i1.640>
- COIMBRA, E.A. **Gestão do fluxo total**. São Paulo: Kaizen Institute, 2009.
- FALCONI, V.P. **Gestão da rotina do dia-a-dia**. São Paulo (SP): EDG, 2006.

GEORGE, M.L. **Lean six sigma, combining six sigma quality with lean speed**. New York: McGraw-Hill, 2002.

GEORGE, M.L.; ROWLANDS, D.; KASTLE, B. **What is six sigma?** New York: McGraw-Hill, 2004.

HENDERSON, M.H.; EVANS, J.R. Successful implementation of six sigma: benchmarking general electric company. **Benchmarking: an International Journal**, v.7, n.4, p.260-281, 2000.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations & Production Management**, v.24, n.10, p.994-1011, 2004. <http://dx.doi.org/10.1108/01443570410558049>

JEYARAMAN, K.; TEO, L. K. A Conceptual framework for critical success factors of lean six sigma – implementation on the performance of electronic manufacturing service industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3, p.191-215, 2010. <http://dx.doi.org/10.1108/20401461011075008>

MADER, D.P. Lean Six Sigma's evolution: integrated method uses different deployment models. **Quality Progress**, v.41, p.40-48, 2008.

MARTIN, J.W. **Lean Six sigma for supply chain management, the 10-step solution process**. New York: McGraw-Hill, 2007.

MCADAM, R.; DONEGAN, S. A comparative analysis of trilateral and concurrent business improvement methodologies in the high technology sector. **International Journal of Manufacturing Technology and Management**, v. 5 n.3, p.210-31, 2003. <http://dx.doi.org/10.1504/IJMTM.2003.003413>

MENDOZA, G. Competitive Manufacturing. **Proceedings of the 8th Annual IQPC Six Sigma Summit**. Miami, 2007.

MONTGOMERY, D. C. A modern framework for achieving enterprise excellence. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.1, p.56-65, 2010. <http://dx.doi.org/10.1108/20401461011033167>

MOSCONI, D. Lean Six Sigma at GE. **Proceedings of the 8th annual IQPC Six Sigma Summit**. Miami, 2007.

PANDE, P.S.; NEUMAN, R.P.; CAVANAGH, R. **The Six Sigma Way: how GE, Motorola and other top companies are honing their performance**. New York: McGraw-Hill, 2001.

PEPPER, M.P.J.; SPEDDING, T.A. The evolution of lean six sigma. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.27, n.2, p.138-155, 2010. <http://dx.doi.org/10.1108/02656711011014276>

PROUDLOVE, N.; MOXHAM, C.; BOADEN, R. Lessons for lean in healthcare from using six sigma in the NHS. **Public Money & Management**, v.28, n.1, p.27-34, 2008.

SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J.A. The Integration of six sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3, p.249-274, 2010. <http://dx.doi.org/10.1108/20401461011075035>

SMITH, B. Lean and Six Sigma – a one-two punch. **Quality Progress**, v.36 n.4, p.37-41, 2003.

SNEE, R.D. Six-sigma: the evolution of a 100 years of business improvement methodology. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v.1, n.1, p.4-20, 2004.
<http://dx.doi.org/10.1504/IJSSCA.2004.005274>

SNEE, R.D. When worlds collide: lean and six sigma. **Quality Progress**, v.36, n.9, p.63-65, 2005.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

YANG, C.C. An Integrated model of TQM and ge-six sigma. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v.1, n.1, p.97-111, 2004.
<http://dx.doi.org/10.1504/IJSSCA.2004.005280>



Artigo recebido em 13/08/2013 e aceito para publicação em 08/05/2014
DOI: [http://dx.doi.org/ 10.14488/1676-1901.v14i4.1652](http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v14i4.1652)