

Seis Sigma: dificuldades, limitações, fatores críticos de sucesso e perspectivas futuras

Six Sigma: Problems, Limitations, Critical Success Factors and Future Prospects

Paulo Mazieiro Pohlmann¹ - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Ambiental
Marco Antônio Ferreira² - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Ambiental

RESUMO O Seis Sigma é uma metodologia baseada na tomada de decisão objetiva e na resolução de problemas, visando alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial por meio da compreensão e do atendimento das necessidades dos clientes. A visualização desta metodologia como uma poderosa ferramenta na redução da variabilidade e na melhoria da qualidade desperta o interesse da realização deste estudo bibliográfico, cuja finalidade foi avaliar os fatores críticos de sucesso e as perspectivas futuras desta. Foi realizado um levantamento visando verificar quais os principais fatores críticos de sucesso da implantação da metodologia nas organizações, dentre os quais destacaram-se a seleção adequada dos projetos, a ligação do projeto com a estratégia de negócio, o foco no cliente, os recursos financeiros, humanos e de infra-estrutura, o envolvimento da alta gerência, a capacitação dos profissionais e a mudança cultural.

Palavras-chave Seis Sigma. Fatores Críticos de Sucesso. Qualidade. Redução da Variabilidade.

ABSTRACT *Six Sigma is a business strategy based on objective decision making and problem solving in order to achieve, maintain and maximize business success through understanding and meeting the needs of customers. The visualization of this methodology as a powerful tool in reducing variability and improving quality led to the interest in performing this bibliographical study, whose purpose was to assess the critical success factors and future prospects of this managerial system. A survey was conducted in order to discover the main critical success factors of the implementation of the methodology in organizations, among which stood out the proper selection of projects, connecting the project with the business strategy, customer focus, financial, human and infrastructure resources, the involvement of senior management, professional training, and cultural change.*

Keywords *Six Sigma. Critical Success Factors. Quality. Reducing Variability.*

1. Av. dos Pioneiros, 3131, Jardim Morumbi, Londrina - PR, 86036-370, ppohlmann@klabin.com.br
2. adm.marcoferreira@gmail.com

POHLMANN, P. M.; FERREIRA, M. A. Seis Sigma: dificuldades, limitações, fatores críticos de sucesso e perspectivas futuras. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 10, nº 4, out-dez/2015, p. 85-99.

DOI: 10.15675/gepros.v10i4.1244

1. INTRODUÇÃO

A competitividade e consciência acerca da qualidade nos mercados globais tem crescido significativamente, tornando indispensável a adoção de técnicas eficientes que possibilitem o atendimento das necessidades e expectativas dos clientes (SAHOO *et al.*, 2008). Como consequência, as organizações buscam continuamente estratégias de melhoria da qualidade dos processos, dos produtos e a diferenciação frente aos concorrentes, visando aumentar a satisfação dos consumidores e o crescimento das receitas (BUYUKOZKAN; OZTURKCAN, 2010).

A implementação bem sucedida e o interesse sobre o Seis Sigma cresceu rapidamente ao longo dos últimos anos, como resultado da eficácia no combate aos problemas de qualidade e no alcance da satisfação dos clientes (BRU, 2011; GOH, 2002; KWAK; ANBARI, 2006). A metodologia é amplamente aceita como um estratégia de qualidade para melhorar a rentabilidade dos negócios e atingir a excelência dos serviços, através da aplicação eficaz de ferramentas estatísticas e não estatísticas (ANTONY *et al.*, 2007).

O Seis Sigma foi desenvolvido pela Motorola, em meados dos anos 1980, como uma iniciativa para combater as insatisfações e as frustrações dos consumidores, motivadas principalmente pela baixa qualidade dos produtos. Neste contexto, os elevados custos operacionais e a perda de participação no mercado frente aos produtos japoneses comprometiam a saúde financeira da empresa (LARSON, 2003). Em decorrência da análise dos processos internos da Motorola, concluiu-se que grande parte do custo de fabricação estava associado às perdas e falhas na produção, resultando em um acréscimo no preço final dos produtos (PANDE *et al.*, 2000; RAISINGHANI *et al.*, 2005).

De acordo com Pande *et al.* (2000), ao longo da primeira década desde a implantação do Seis Sigma (1987–1997), a Motorola apresentou crescimento de cinco vezes nas vendas, elevação de 20% ao ano do lucro, economia acumulada de US\$ 14 bilhões e, por fim, aumento dos ganhos nos preços das ações a uma taxa de 21,3% ao ano. Na AlliedSignal/Honeywell, a implementação do programa resultou na redução dos custos de consertos de defeitos, no aumento da produtividade em 6% e do lucro em 13%, ambos em 1998. Contudo, o Seis Sigma popularizou-se apenas após os resultados positivos obtidos pela General Electric, que tornou a metodologia o foco central de sua estratégia de negócios em 1995. A implantação desta metodologia resultou na economia de bilhões de dólares para as empresas desde o início da década de 1990 (YANG; EL-HAIK, 2003). Segundo Goh (2002) diversas empresas atribuíram à metodologia ganhos substanciais, coincidentemente em um período de amplo crescimento para a economia dos Estados Unidos da América (EUA).

Embora o número de aplicações do Seis Sigma em empresas de manufatura reduziu consideravelmente, em outras áreas como finanças, saúde, tecnologia e setor bancário, cresceu significativamente e vem ganhando espaço no âmbito acadêmico e organizacional (ANTONY, 2007; ANTONY, 2011). Corroborando esta realidade, o Seis Sigma tem sido relatado na literatura como uma metodologia eficaz no alcance e na manutenção da excelência operacional em diversas áreas da economia, como indústria (ANTONY; DESAI, 2009; SU; CHOU, 2008; THOMAS; BARTON, 2006), serviços (ANTONY, 2006; CHAKRABARTY; TAN, 2007), saúde (FRINGS; GRANT, 2005; TANER *et al.*, 2007; FENG; MANUEL, 2008), setor financeiro (HECKL *et al.*, 2010), bibliotecas (KIM *et al.*, 2010; KUMI; MORROW, 2006), entre outros. Zu *et al.* (2008) verificaram que uma grande parcela dos casos de implementação desta estratégia de qualidade são recentes, fato considerado compreensível, já que o método é relativamente novo.

A visualização da metodologia Seis Sigma como uma poderosa ferramenta na redução da variabilidade dos processos produtivos, na melhoria da qualidade, no alcance da satisfação dos consumidores e as possibilidades de aplicação nos diversos setores da economia, desperta o interesse

da realização deste estudo bibliográfico, cuja finalidade foi avaliar os fatores críticos de sucesso e as perspectivas futuras desta estratégia gerencial, com base nas experiências descritas na literatura. Inúmeros autores buscaram avaliar e compreender estes conceitos, destacando-se: Kwak e Anbari (2006), Linderman *et al.* (2003, 2006), Koch *et al.* (2004), Schroeder *et al.* (2008), Brady *et al.* (2006), Raisinghani *et al.* (2005), Antony *et al.* (2007), Coronado e Antony (2002), Nonthaleerak e Hendry (2008) e Goh (2002). O foco principal deste estudo é verificar quais os principais fatores críticos de sucesso (FCS) da implantação da metodologia Seis Sigma nas organizações.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse trabalho pode seguir a classificação tipologia de pesquisa disponível em Vergara (2012) e é classificado como uma pesquisa descritiva bibliográfica. Os procedimentos para a seleção dos artigos foram baseados em Lage Junior e Godinho Filho (2010) sendo adaptadas as necessidades específicas desse artigo. Esses se encontram divididos em cinco passos, sendo eles:

Passo 1: Realização de um levantamento bibliográfico sobre os artigos com a temática *six sigma*, valendo-se da consulta a uma base de dados *Scopus*. Com a palavra-chave: *six sigma*. Após a leitura do resumo dos artigos, foram excluídos os trabalhos que não se relacionavam ao escopo desse artigo. Assim para efeito dessa sistematização foram considerados 63 artigos.

Passo 2: Proposição de uma sistemática para a classificação da literatura, quatro parâmetros: autores, ano da publicação, principais fatores críticos de sucesso e classificação dos trabalhos perante os principais fatores críticos de sucesso.

Passo 3: Classificação da literatura sobre fatores críticos de sucesso em *six sigma*.

Passo 4: Estruturação da revisão da literatura.

Passo 5: Análise do tema. As saídas da sistematização são um maior conhecimento do tema, a visualização da evolução das pesquisas e lacunas de pesquisa.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Identificar e selecionar adequadamente o projeto no âmbito da iniciativa da metodologia é um dos grandes desafios para as empresas. A seleção de projetos inadequados acontece frequentemente, mesmo nas organizações mais bem administradas e com melhor desempenho, comprometendo o sucesso e a credibilidade do programa Seis Sigma (KUMAR *et al.*, 2009). A seleção do projeto é, portanto, um dos fatores críticos para o sucesso da implementação do Seis Sigma nas organizações e representa, sem dúvida, uma importante decisão (KUMAR *et al.*, 2009; YANG; HSIEH, 2009). As organizações precisam desenvolver diretrizes de seleção de projetos, sempre com referência em sua estratégia de negócio (PARAST, 2011). Além disso, a revisão do projeto deve ser realizada periodicamente, a fim de avaliar o desempenho e os recursos necessários para a conclusão bem sucedida do mesmo (KUMAR *et al.*, 2009). Raisinghani *et al.* (2005) alerta que a execução desta estratégia de negócios em projetos errados pode ter consequências negativas. Kumar *et al.* (2007) afirma que esta é uma das principais razões para o fracasso da iniciativa de melhoria da qualidade. Segundo Su e Chou (2008), uma boa decisão para a geração do projeto não prevê exclusivamente o lucro, mas também a satisfação dos clientes.

Banuelas *et al.* (2005) considerou como fatores críticos de sucesso o envolvimento e o compromisso da gestão, a seleção do projeto e sua relação com os objetivos do negócio, a capacitação da equipe de trabalho e o monitoramento do andamento do projeto. Carvalho *et al.* (2007) verificou que para as empresas pesquisadas o fator-chave na implantação do programa Seis Sigma foi o envolvimento e o comprometimento da alta administração. Antony *et al.* (2007) afirma que os fatores críticos de sucesso envolvem o foco no cliente, as habilidades de gerenciamento do projeto, o compromisso e envolvimento da gestão, a infraestrutura organizacional, a gestão da mudança cultural, de formação e educação, o incentivo ao programa e o compromisso de toda a empresa. Kwak e Anbari (2006) incluem o envolvimento e o comprometimento organizacional, a mudança cultural e a formação contínua. Zu *et al.* (2008) acreditam que a cooperação com os clientes externos e com os fornecedores continua altamente relevante, da mesma forma que nas demais estratégias de qualidade. Segundo os autores, o apoio da alta gerência também é de fundamental, pois os gerentes devem estar dispostos a alocar recursos para adaptar a estrutura organizacional, as políticas e os processos de acordo com a nova estratégia de qualidade adotada. Na pesquisa realizada por Antony *et al.* (2005) com pequenas e médias empresas de manufatura, alguns dos principais fatores críticos de sucesso apontados foram a participação e o envolvimento da gerência, a ligação do Seis Sigma com os consumidores e a ligação do seis sigma com a estratégia de negócio.

A implementação do Seis Sigma na *Down Chemical Company* é um dos importantes casos de sucesso descritos na literatura. Os envolvidos com o projeto consideram que a liderança top-down, o rigor financeiro, a captura de dados e a gestão do conhecimento são algumas das principais razões pelo sucesso obtido. A empresa investiu fortemente na construção e na manutenção de um banco de dados para subsidiar a tomada de decisão e estabeleceu uma equipe de analistas para analisar e validar os benefícios financeiros de seus projetos, por acreditar que o rigor financeiro oferece transparência e credibilidade para a aplicação do Seis Sigma nas organizações (MOTWANI *et al.*, 2004).

Há, porém, a necessidade da realização de uma análise econômica e não econômica para avaliar as alternativas de melhoria da qualidade. De acordo com os autores, frequentemente as empresas tem acelerado a implementação de melhorias da qualidade para os processos existentes, sem quantificar as consequências econômicas, valendo-se exclusivamente dos resultados de outros empreendimentos. As experiências demonstram que muitas destas empresas não foram bem sucedidas ou não obtiveram benefícios mensuráveis após a implantação de estratégias de qualidade (KUMAR *et al.*, 2008).

Através deste estudo buscou-se realizar um levantamento dos principais Fatores Críticos de Sucesso (FCS) para a implementação da metodologia Seis Sigma descritos na literatura internacional e avaliar quais apresentam maior relevância. Para tal, utilizou-se a metodologia descritiva com relação aos fins e bibliográfica com relação aos meios. A metodologia empregada segue as seguintes fases de estudo:

- 1) Levantamento dos principais artigos na base de dados *Scopus* com foco na análise dos FCS da implementação da metodologia Seis Sigma nas organizações. Os artigos foram codificados, conforme apresentado no Quadro 1, para facilitar as análises na quarta etapa da metodologia;
- 2) Levantamento dos FCS listados nos artigos selecionados na primeira etapa da metodologia;
- 3) Agrupamento dos FCS listados em 20 categorias, de acordo com a temática. As categorias foram codificadas, conforme apresentado no Quadro 2, para facilitar o cruzamento dos dados na quarta etapa da metodologia;
- 4) Cruzamento dos dados dos FCS citados pelos autores dos artigos selecionados, conforme apresentado no Quadro 3 obtendo-se uma relação de quais são os principais fatores críticos de sucesso para o alcance da eficiência, eficácia e efetividade da metodologia Seis Sigma.

Os principais FCS descritos na literatura internacional foram listados e estão apresentados no Quadro 2. É importante destacar que a nomenclatura dos FCS pode variar conforme o autor, porém, o conceito é mantido. Por exemplo, Antony *et al.* (2007) cita como fator crítico de sucesso o “Foco no Cliente” enquanto que Coronado & Antony (2002) a “Ligação do Seis Sigma” com os consumidores. Apesar utilizarem nomenclaturas distintas, ambos são semelhantes conceitualmente e foram agrupados na categoria 3.

Em outros casos, acreditou-se ser conveniente separar um mesmo fator crítico de sucesso em categorias distintas. Diversos autores, como Antony (2006), listam as “Habilidades de Gestão e Seleção de Projetos” enquanto que outros, dentre os quais Coronado & Antony (2002) e Kim *et al.* (2010), listam as “Habilidades de Gestão” e a “Seleção de Projetos” como FCS distintos.

Quadro 1 – Autores selecionados na base de dados *Scopus*.

AUTORES		SETOR
A	Aboelmaged (2010)	-
B	Antony (2006)	Serviços
C	Antony <i>et al.</i> (2007)	Serviços
D	Antony & Desai (2009)	Indústria
E	Antony <i>et al.</i> (2005)	Manufatura
F	Brady & Allen (2006)	-
G	Brun (2011)	Multiplos ¹
H	Chakrabarty & Chuan (2009)	Serviços
I	Chakrabarty & Tan (2007)	Serviços
J	Coronado & Antony (2002)	-
K	Heckl <i>et al.</i> (2010)	Financeiro
L	Kim <i>et al.</i> (2010)	Biblioteca
M	Kwak <i>et al.</i> (2010)	-
N	Mahanti & Antony (2006)	Indústria
O	Snee (2005)	-

1. Pequenas e médias empresas Italianas de diversos setores.

Quadro 2 – Principais Fatores Críticos de Sucesso.

CATEGORIA	FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO
1	Compromisso e participação da gestão
2	Infra-estrutura organizacional
3	Ligação do Seis Sigma com os clientes ¹
4	Ligação do Seis Sigma com a estratégia de negócios ²
5	Liderança com foco no Seis Sigma
6	Habilidades de gerenciamento de projetos
7	Mudança cultural
8	Ligação do Seis Sigma com os fornecedores
9	Ligação do Seis Sigma com os funcionários
10	Seleção dos membros da equipe
11	Compreensão das ferramentas e técnicas dentro do Seis Sigma
12	Seleção de projetos
13	Integração do Seis Sigma com a responsabilidade financeira
14	Treinamento, formação e educação
15	Monitoramento e revisão de projetos
16	Compromisso e envolvimento de toda a empresa
17	Comunicação
18	Indicadores de desempenho claros
19	Foco nos Benefícios financeiros
20	Quantidade e qualidade dos dados coletados

1. Foco no Cliente; 2. Foco na estratégia de negócio.

Quadro 3 – Principais Autores e Fatores Críticos de Sucesso por eles citados.

FCS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x		12
2	x		x	x	x		x			x						6
3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		12
4	x	x	x	x	x		x			x	x			x		9
5				x											x	2
6	x	x	x	x	x		x			x						7
7	x	x	x		x		x	x	x	x			x			9
8	x			x	x		x			x				x		6
9	x			x	x		x			x						5
10		x				x									x	3
11	x	x	x	x	x		x			x				x		8
12	x	x	x	x	x	x	x			x		x	x	x	x	12
13			x													1
14	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	13
15			x								x					2
16						x		x				x	x			4
17	x						x			x	x			x		5
18									x							1
19									x							1
20						x					x					2
	12	9	11	10	11	7	12	5	6	12	5	3	5	8	4	

A análise do Quadro 3 permite verificar que os FCS listados com maior frequência na literatura internacional, considerando os 15 dos principais artigos relacionados à temática contidos na base de dados *Scopus*, envolvem as categorias: Compromisso e Participação da Gestão, Ligação do Seis Sigma com os Consumidores, Seleção de Projetos e Treinamento, Formação e Educação.

A análise criteriosa da metodologia utilizada pelos autores nos artigos selecionados e apresentados no Quadro 1 possibilitou a verificação de que há uma tendência na literatura internacional em utilizar uma revisão de literatura para o levantamento dos principais FCS da implementação da metodologia Seis Sigma nas organizações. Neste sentido, pode-se diferenciar as metodologias utilizadas pelos autores dos artigos selecionados em 3 grupos distintos e classificá-los conforme o Quadro 4.

- G1: Utilizam uma revisão de literatura para listar os principais fatores críticos de sucesso;
- G2: Utilizam uma revisão de literatura para listar os principais FCS e, posteriormente, verificam quais são mais relevantes em suas áreas de estudo através de entrevistas, questionários e outros métodos;
- G3: Listam os FCS da implementação do Seis Sigma nas organizações com base em estudos de casos, sem utilizar um levantamento sistematizado da literatura.

Quadro 4 – Classificação dos artigos selecionados quanto à metodologia.

GRUPO	AUTORES
G1	Antony (2006), Brady & Allen (2006), Chakrabarty & Tan (2007).
G2	Antony & Desai (2009), Antony <i>et al.</i> (2005), Antony <i>et al.</i> (2007), Brun (2011), Chakrabarty & Chuan (2009), Mahanti & Antony (2009).
G3	Coronado & Antony (2002), Heckl <i>et al.</i> (2010), Kim <i>et al.</i> (2010), Kwak & Anbari (2006), Snee (2005).

Diversos autores têm utilizado a literatura internacional para selecionar os principais FCS e avaliar quais apresentam maior relevância, através de entrevistas e questionários, em suas respectivas áreas de estudo. Eles utilizam uma metodologia semelhante, através da qual os entrevistados são solicitados a classificar os FCS em uma escala crescente de importância de 1 à 5, conforme as experiências no ambiente de trabalho (1: irrelevante; 2: pouco importante; 3: importante; 4: muito importante; 5: crucial). O Quadro 5 apresenta os resultados obtidos por Antony & Desai (2009), Antony *et al.* (2007) e Brun (2011) para os FCS selecionados.

Quadro 5 – Resultados da classificação dos FCS conforme a relevância.

Fatores críticos de sucesso (FCS)	Antony & Desai (2009) ¹	Antony <i>et al.</i> (2005) ²	Brun (2011) ³
Envolvimento e participação da gestão	4,2	4,5	4,5
Infra-estrutura organizacional	4,2	4,0	3,4
Mudança Cultural	3,6	3,6	4,0
Treinamento	3,7	3,9	3,6
Ligação do S. Sigma com os Consumidores	4,1	4,3	3,8
Ligação do S. Sigma com a E. de negócio	4,0	4,4	4,0
Ligação do S. Sigma com os Funcionários	3,2	2,6	3,4
Ligação do S. Sigma com os Fornecedores	3,3	3,4	3,3
Compreensão do Seis Sigma	3,8	3,9	3,7
Habilidades de Gerenciamento de Projetos	3,6	3,6	3,7
Seleção de Projetos	3,8	3,8	3,7

1. Setor Industrial; 2. Manufatura; 3. Pequenas e médias empresas Italianas de diversos setores.

A padronização das metodologias utilizadas pelos autores é de grande importância, pois permite a comparação dos resultados obtidos pelos autores em seus respectivos estudos e torna possível visualizar quais os FCS são mais importantes conforme o ambiente de estudo.

Através dos FCS listados no Quadro 3 e dos resultados apresentados pelo Quadro 5 é possível verificar que, dentre os FCS apresentados na literatura, aqueles que destacam-se pela maior relevância na implementação da metodologia Seis Sigma nas organizações são:

- Envolvimento e participação da gestão;
- Ligação do Seis Sigma com os consumidores (foco no cliente);
- Ligação do Seis Sigma com a Estratégia de negócio (foco na estratégia de negócio);
- Seleção de projetos;
- Compreensão das técnicas e ferramentas dentro da metodologia Seis Sigma;
- Treinamento e educação;
- Mudança cultural.

Apresentar as principais definições para os temas da pesquisa, identificar e apontar as variáveis da pesquisa e elencar e discutir estudos anteriores similares ao seu, a fim de suportar e alicercar as discussões dos resultados da sua pesquisa.

4. RESULTADOS

Embora o número de aplicações do Seis Sigma em empresas de manufatura apresentou redução, em outros setores como finanças, saúde, tecnologia da informação, bancário, cresceu significativamente nos últimos anos (ANTONY, 2007; ANTONY, 2011). Na realidade, as investigações de Antony *et al.* (2007) demonstraram que a corrente e o foco futuro do Seis Sigma é justamente nos setores financeiros e de saúde.

Alguns autores verificaram as similaridades e as diferenças entre o Seis Sigma, o *Lean* e o TQM (ANTONY, 2009; DAHLGAARD; DAHLGAARD-PARK, 2006). Outros avaliaram as possibilidades de integração destas estratégias de qualidade em um mesmo projeto (ANDERSSON *et al.*, 2006; ANTONY, 2011). Há, ainda, aqueles cuja preocupação é analisar se o Seis Sigma é um método novo ou se apenas uma nova versão de métodos previamente conhecidos (NASLUNG, 2008).

Zu *et al.* (2008) acreditam que as organizações podem explorar como o Seis Sigma interage com o *Lean* na criação de uma única abordagem para a excelência organizacional, enquanto que Antony e Desai (2009) acreditam que esta união pode proporcionar uma vantagem competitiva considerável. Antony (2011) afirma que a integração entre as duas metodologias pode conseguir melhores resultados em comparação com qualquer um dos métodos isoladamente. Enquanto as estratégias de *Lean* desempenham um papel importante na eliminação dos resíduos e das atividades que não agregam valor em toda a organização, o Seis Sigma eleva o nível de desempenho do processo e a sua capacidade.

Apesar da iniciativa de alguns autores, Bendell (2006) verificou que a literatura sobre a compatibilidade e a combinação destas estratégias de qualidade é limitada. Andersson *et al.* (2006) recomendam a integração entre o Seis Sigma, o *Lean* e a Gestão da Qualidade Total (TQM) já que, de acordo com os autores, os dois primeiros são complementares e podem ser utilizados para fortalecer os valores da TQM dentro da organização.

Black e Revere (2006) consideram que o Seis Sigma é uma poderosa expansão do TQM, pois reformula dos principais princípios e adiciona importantes conceitos e ferramentas. Cheng (2008) afirma que o TQM enfatiza ações corretivas para reduzir as taxas de defeitos e o Seis Sigma baseia-se na minimização das causas variação, mas que os conceitos de melhoria e metas das duas metodologias são as mesmas.

Antony (2006) lista alguns aspectos do Seis Sigma que foram pouco abordadas nas iniciativas de qualidade anteriores, dentre os quais destacam-se:

- Foco claro na obtenção mensurável e quantificável de retornos financeiros para as organizações;
- Integração de elementos humanos (mudança de cultura, foco no cliente, cinto de infra-estrutura do sistema) e elementos de processos (gestão de processos, análise estatística de dados, análise e medição do sistema) para a melhoria;
- Aplicação de ferramentas e técnicas para correção de problemas dos processos de forma sequencial e disciplinada;
- Ênfase na importância dos dados e na tomada de decisão baseada nos dados estatísticos, evitando palpites e suposições;
- Incentivo à aplicação de ferramentas estatísticas e técnicas de redução de defeitos através de métodos para a redução da variabilidade.

Banuelas e Antony (2004) afirmam que inicialmente o Seis Sigma centrou-se na melhoria de processos já existentes, através de uma metodologia bem estruturada e posteriormente começou a ser utilizada na etapa projeto e reprojeto de processos, com uma estrutura diferenciada. Considera-se que esta seja uma das principais perspectivas futuras para o Seis Sigma, trabalhar não apenas de forma paleativa, solucionando defeitos operacionais, mas ser utilizado como uma ferramenta no projeto e reprojeto dos processos.

Finalmente, a valorização das questões ambientais e da sustentabilidade dos processos produtivos, bem como, a visualização do Seis Sigma como uma metodologia para o alcance da excelência, abre caminho para a utilização do programa na área ambiental. As iniciativas voltadas para esta temática ainda são restritas e envolvem a gestão adequada de recursos, a redução dos desperdícios e o controle da poluição, destacando-se os estudos realizados por Sadraoui *et al.* (2010), Tsonis *et al.* (2011), Kaushik e Khanduja (2008, 2009), Calia *et al.* (2009).

Calia *et al.* (2009) verificou que as empresas com uma implantação sólida do Seis Sigma tiveram melhor desempenho na prevenção e redução da poluição em comparação com empresas nas quais a metodologia é pouco expressiva. Segundo os autores, isto evidencia que a estratégia de qualidade aumentou a capacidade do programa de prevenção da poluição em reduzir a fonte de poluição.

Há diversas outras tentativas de utilizar o Seis Sigma em áreas que estão fora do campo tradicional, como a construção civil (HAN *et al.*, 2008; PHENG; HUI, 2004), indústria de software (HONG; GOH, 2003; MAHANTI; ANTONY, 2009), laboratórios (ELDER, 2008), entre outras. Estas experiências ilustram a credibilidade e a confiança depositada pelos gerentes e pesquisadores sobre a metodologia na redução da variabilidade e dos defeitos, na melhoria da qualidade e na satisfação dos consumidores, bem como, o interesse sobre a melhoria do desempenho de seus processos e organizações.

5. CONCLUSÕES

O estudo bibliográfico possibilitou visualizar o crescimento dos casos de implementação do Seis Sigma e a diversificação dos setores nos quais a metodologia é utilizada. Considera-se que esta é uma tendência natural, fortalecida pelos inúmeros casos de sucesso descritos na literatura e pela necessidade da melhoria contínua da qualidade dos produtos e dos processos nas organizações.

Esta metodologia está consolidada nos setores industriais e de manufatura como uma importante ferramenta no alcance e na manutenção da excelência operacional e organizacional. Contudo, alguns autores, dentre os quais Antony (2006), Goh (2002) e Kwak e Anbari (2006) verificaram algumas limitações e dificuldades quanto à aplicação do Seis Sigma em outras áreas da economia. Estes obstáculos são considerados naturais e somente podem ser eliminados ou minimizados pela continuidade das pesquisas relacionadas à temática e pelo desenvolvimento de novas abordagens.

Os diversos autores analisados destacam como principais fatores críticos de sucesso para implementação da metodologia Seis Sigma nas organizações a seleção adequada dos projetos, a relação do projeto com a estratégia de negócio, o foco no cliente, os recursos financeiros, humanos e de infra-estrutura, o envolvimento da alta gerência, a capacitação dos profissionais e a mudança cultural.

Nota-se o crescimento do interesse acerca da temática ambiental, a visualização do Seis Sigma como uma importante ferramenta no controle operacional e as experiências restritas na literatura, porém, não foram encontradas referências literárias suficientes para sua efetiva análise, assim essa área postula-se como um tema para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- ABOELMAGED, M. G. Six Sigma quality: A structured review and implications for future research. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 27, n. 3, p. 269-318, 2010.
- ANDERSSON, R.; ERIKSSON, H.; TORSTENSSON, H. Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. **TQM Magazine**, v. 18, n. 3, p. 282-296, 2006.
- ANTONY, J. Some pros and cons of six sigma: An academic perspective. **TQM Magazine**, v. 16, n. 4, p. 303-306, 2004.
- ANTONY, J. Six sigma for service processes. **Business Process Management Journal**, v. 12, n. 2, p. 234-248, 2006.
- ANTONY, J. Is six sigma a management fad or fact? **Assembly Automation**, v. 27, n. 1, p. 17-19, 2007.
- ANTONY, J. What is the role of academic institutions for the future development of Six Sigma? **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 57, n. 1, p. 107-110, 2008.
- ANTONY, J. Six Sigma vs TQM: Some perspectives from leading practitioners and academics. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 58, n. 3, p. 274-279, 2009.
- ANTONY, J. Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 60, n. 2, p. 185-190, 2011.

- ANTONY, J.; ANTONY, F. J.; KUMAR, M.; CHO, B. R. Six sigma in service organizations: Benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 24, n. 3, p. 294-311, 2007.
- ANTONY, J.; DESAI, D. A. Assessing the status of six sigma implementation in the Indian industry: Results from an exploratory empirical study. **Management Research News**, v. 32, n. 5, p. 413-423, 2009.
- ANTONY, J.; KUMAR, M.; MADU, C. N. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 22, n. 8, p. 860-874, 2005.
- BANUELAS, R.; ANTONY, J. Six sigma or design for six sigma? **TQM Magazine**, v. 16, n. 4, p. 250-263, 2004.
- BANUELAS, R.; ANTONY, J.; BRACE, M. An application of Six Sigma to reduce waste. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 21, n. 6, p. 553-570, 2005.
- BENDELL, T. A review and comparison of six sigma and the lean organizations. **TQM Magazine**, v. 18, n. 3, p. 255-262, 2006.
- BLACK, K.; REVERE, L. Six Sigma arises from the ashes of TQM with a twist. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 19, n. 3, p. 259-266, 2006.
- BRADY, J. E.; ALLEN, T. T. Six Sigma literature: A review and agenda for future research. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 22, n. 3, p. 335-367, 2006.
- BRUN, A. Critical success factors of Six Sigma implementations in Italian companies. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 158-164, 2011.
- BUYUKOZKAN, G.; OZTURKCAN, D. An integrated analytic approach for Six Sigma project selection. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 8, p. 5835-5847, 2010.
- CALIA, R. C.; GUERRINI, F. M.; CASTRO, M. The impact of Six Sigma in the performance of a Pollution Prevention program. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 15, p. 1303-1310, 2009.
- CARVALHO, M. M.; HO, L. L.; PINTO, S. H. B. Six Sigma program implementation and diffusion in Brazil. **Produção**, v. 17, n. 3, p. 486-501, 2007.
- CHAKRABARTY, A.; CHUAN, T. K. An exploratory qualitative and quantitative analysis of Six Sigma in service organizations in Singapore. **Management Research News**, v. 32, n. 7, p. 614-632, 2009.
- CHAKRABARTY, A.; TAN, K. C. The current state of six sigma application in services. **Managing Service Quality**, v. 17, n. 2, p. 194-208, 2007.
- CHENG, J.-L. Implementing Six Sigma via TQM improvement: An empirical study in Taiwan. **TQM Journal**, v. 20, n. 3, p. 182-195, 2008.
- CORONADO, R. B.; ANTONY, F. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations. **TQM Magazine**, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.

- DAHLGAARD, J. J.; DAHLGAARD-PARK, S. M. Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. **TQM Magazine**, v. 18, n. 3, p. 263-281, 2006.
- ELDER, B. L. Six Sigma in the Microbiology Laboratory. **Clinical Microbiology Newsletter**, v. 30, n. 19, p. 143-147, 2008.
- FENG, Q.; MANUEL, C. M. Under the knife: A national survey of six sigma programs in US health-care organizations. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 21, n. 6, p. 535-547, 2008.
- FRINGS, G. W.; GRANT, L. Who moved my sigma... effective implementation of the six sigma methodology to hospitals. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 21, n. 3, p. 311-328, 2005.
- GOH, T. N. A strategic assessment of Six Sigma. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 18, n. 5, p. 403-410, 2002.
- GOH, T. N.; XIE, M. Improving on the six sigma paradigm. **TQM Magazine**, v. 16, n. 4, p. 235-240, 2004.
- HAN, S. H.; CHAE, M. J.; IM, K. S.; RYU, H. D. Six sigma-based approach to improve performance in construction operations. **Journal of Management in Engineering**, v. 24, n. 1, p. 21-31, 2008.
- HECKL, D.; MOORMANN, J.; ROSEMANN, M. Uptake and success factors of Six Sigma in the financial services industry. **Business Process Management Journal**, v. 16, n. 3, p. 436-472, 2010.
- HONG, G. Y.; GOH, T. N. Six Sigma in software quality. **TQM Magazine**, v. 15, n. 6, p. 364-373, 2003.
- KAUSHIK, P.; KHANDUJA, D. DM make up water reduction in thermal power plants using Six Sigma DMAIC methodology. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 67, n. 1, p. 36-42, 2008.
- KAUSHIK, P.; KHANDUJA, D. Application of six sigma DMAIC methodology in thermal power plants: A case study. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 20, n. 2, p. 197-207, 2009.
- KIM, D.-S. Eliciting success factors of applying Six Sigma in an academic library: A case study. **Performance Measurement and Metrics**, v. 11, n. 1, p. 25-38, 2010.
- KIM, Y.; KIM, E. J.; CHUNG, M. G. A Six Sigma-based method to renovate information services: Focusing on information acquisition process. **Library Hi Tech**, v. 28, n. 4, p. 632-647, 2010.
- KUMAR, M.; ANTONY, J.; ANTONY, F. J.; MADU, C. N. Winning customer loyalty in an automotive company through Six Sigma: A case study. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 23, n. 7, p. 849-866, 2007.
- KUMAR, M.; ANTONY, J.; CHO, B. R. Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma. **Business Process Management Journal**, v. 15, n. 5, p. 669-686, 2009.

KUMAR, M.; ANTONY, J.; MADU, C. N.; MONTGOMERY, D. C.; PARK, S. H. Common myths of Six Sigma demystified. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 25, n. 8, p. 878-895, 2008.

KUMAR, U. D.; NOWICKI, D.; RAMIREZ-MARQUEZ, J. E.; VERMA, D. On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation. **International Journal of Production Economics**, v. 111, n. 2, p. 456-467, 2008.

KUMAR, U. D.; SARANGA, H.; RAMIREZ-MÁRQUEZ, J. E.; NOWICKI, D. Six sigma project selection using data envelopment analysis. **TQM Magazine**, v. 19, n. 5, p. 419-441, 2007.

KUMI, S.; MORROW, J. Improving self-service the six sigma way at Newcastle University Library. **Program**, v. 40, n. 2, p. 123-136, 2006.

KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. **Technovation**, v. 26, n. 5-6, p. 708-715, 2006.

LAGE-JUNIOR, M.; GODINHO-FILHO, M. Variations of the kanban system: Literature review and classification. **International Journal Production Economics**, v. 125, p. 13-21, 2010.

LARSON, A. **Demystifying Six Sigma: A Company-Wide Approach to Continuous Improvement**. AMACOM, New York. 2003.

LINDERMAN, K.; SCHROEDER, R. G.; ZAHEER, S.; CHOO, A. S. Six Sigma: A goal-theoretic perspective. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 2, p. 193-203, 2003.

LINDERMAN, K.; SCHROEDER, R. G.; CHOO, A. S. Six Sigma: The role of goals in improvement teams. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 6, p. 779-790, 2006.

MAHANTI, R.; ANTONY, J. Six sigma in the Indian software industry: Some observations and results from a pilot survey. **TQM Journal**, v. 21, n. 6, p. 549-564, 2009.

MOTWANI, J.; KUMAR, A. ANTONY, J. A business process change framework for examining the implementation of six sigma: A case study of Dow Chemicals. **TQM Magazine** v. 16, n. 4, p. 273-283, 2004.

NONTHALEERAK, P.; HENDRY, L. Exploring the six sigma phenomenon using multiple case study evidence. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 28, n. 3, p. 279-303, 2008.

PANDE, P.; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R. **Estratégia seis sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. Qualitymark. 442 p., 2011.

PARAST, M. M. The effect of Six Sigma projects on innovation and firm performance. **International Journal of Project Management**, v. 29, n. 1, p. 45-55, 2011.

PHENG, L. S.; HUI, M. S. Implementing and applying six sigma in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 130, n. 4, p. 482-489, 2004.

- RAISINGHANI, M. S.; ETTE, H.; PIERCE, R.; CANNON, G.; DARIPALY, P. Six Sigma: Concepts, tools, and applications. **Industrial Management and Data Systems**, v. 105, n. 4, p. 491-505, 2005.
- SADRAOUI, T.; AFEF, A.; FAYA, J. Six Sigma: A new practice for reducing water consumption within Coca Cola industry. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**. v. 6, n. 1-2, p. 53-76, 2010.
- SAHOO, A. K.; TIWARI, M. K.; MILEHAM, A. R. Six Sigma based approach to optimize radial forging operation variables. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 202, n. 1-3, p. 125-136, 2008.
- SCHROEDER, R. G.; LINDERMAN, K.; LIEDTKE, C.; CHOO, A. S. Six Sigma: Definition and underlying theory. **Journal of Operations Management**, v. 26, n. 4, p. 536-554, 2008.
- SNEE, R. D. Leading business improvement: A new role for statisticians and quality professionals. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 21, n. 3, p. 235-242, 2005.
- SU, C.-T.; CHOU, C.-J. A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry. **Expert Systems with Applications**, v. 34, n. 4, p. 2693-2703, 2008.
- TANER, M. T.; SEZEN, B. An application of Six Sigma methodology to turnover intentions in health care. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 22, n. 3, p. 252-265, 2009.
- TANER, M. T.; SEZEN, B.; ANTONY, J. An overview of six sigma applications in healthcare industry. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 20, n. 4, p. 329-340, 2007.
- THOMAS, A.; BARTON, R. Developing an SME based six sigma strategy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 4, p. 417-434, 2006.
- TSONIS, P. N.; BESSERIS, G. J.; STERGIOU, C. Application of Six Sigma methodology in efficiency enhancement and scrap reduction in a water-bottling company. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**. v. 6, n. 4, p. 301-320, 2011.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 15^a ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- YANG, T.; HSIEH, C.-H. Six-Sigma project selection using national quality award criteria and Delphi fuzzy multiple criteria decision-making method. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 4, p. 7594-7603, 2009.
- YANG, K.; EL-HAIK, B. **Projeto para seis sigma: um roteiro para o desenvolvimento do produto**. Educator, 675 p, 2008.
- ZU, X.; FREDENDALL, L. D.; DOUGLAS, T. J. The evolving theory of quality management: The role of Six Sigma. **Journal of Operations Management**, v. 26, n. 5, p. 630-650, 2008.

