

Identificação Dos Fatores De Implantação Do Seis Sigma Em Empresas No Brasil

Identification Of Six Sigma Implementation Factors In Companies In Brazil

Brena Bezerra Silva¹, Ricardo Coser Mergulhão¹, Júlio César Pereira¹, Luiz Carlos de Faria¹, Jorge Luís Faria Meirelles¹, Aline Patrícia Mano²

¹ Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Brasil. ² Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC, Brasil

Correspondência: Brena Bezerra Silva. Jardim Guanabara, CEP 13.565-905, São Carlos, SP, Brasil. Telefone: +55 (16) 3351-8236. E-mail: bezerra.brena@gmail.com.

Recebido: 13 de janeiro de 2017 Aceito: 14 de novembro de 2017 Publicado: 31 de maio de 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.21714/1679-18272017v15n2.p519-529>

Resumo

O programa Seis Sigma tem recebido atenção das organizações devido aos relatos dos ganhos financeiros obtidos com sua implantação. Porém, os fatores de implantação que norteiam esse programa ainda não são consensuais entre pesquisadores ao redor do mundo. Diante desse contexto, essa pesquisa objetiva identificar os fatores associados à implantação do Seis Sigma em empresas que operam no Brasil. A coleta de dados foi feita por meio de um questionário elaborado a partir da literatura sobre Seis Sigma, que foi aplicado à população-alvo de 483 clientes de empresas de consultoria em Seis Sigma, sendo que 45 dessas empresas responderam. Os dados foram analisados mediante a técnica multivariada da análise fatorial exploratória que objetivou contribuir para a busca de fatores latentes que pudessem descrever as variáveis individuais originais do questionário em um número menor de conceitos. Como resultados, foram encontrados os seguintes fatores associados à implantação do Seis Sigma: disponibilização de dados, infraestrutura prévia e treinamento, metas e ganhos, implementação da solução, resistência à mudança, envolvimento da alta administração e pensamento estatístico. Tais resultados fornecem ao gerenciamento do programa Seis Sigma uma visão mais compreensiva.

Palavras-chave: Seis Sigma; DMAIC; Fatores de implantação.

Abstract

Six sigma program has received attention in organizations recently due to reported profits obtained after its implementation. However, the implementation factors that guide the six sigma program aren't consensual among researches around the world. In this context, this research aims to identify the factors associated with the six sigma implementation in companies operating in Brazil. Data collection was performed through a questionnaire based on the Six Sigma literature, which was applied to the target population of 483 clients of Six Sigma consulting firms, and 45 of these companies responded. The data were analyzed by exploratory factorial analysis with the objective of finding latent factors that could describe the original individual variables of the questionnaire in a smaller number of concepts. The following factors associated with the implementation of Six Sigma were found: Data availability, prior infrastructure and training, goals and gains, solution implementation, change resistance, involvement of top management and statistical thinking. These results provide us with a more comprehensive view for the Six Sigma program management.

Keywords: Six Sigma; DMAIC; Implementation factors.

Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Attribution 3.0.

1. Introdução

O programa de melhoria Seis Sigma vem ganhando elevada popularidade em várias organizações pelo mundo devido, principalmente, aos relatos de ganhos financeiros obtidos mediante sua abordagem disciplinada e baseada em fatos e dados para resolução de problemas com foco na redução da variabilidade dos processos.

Após três décadas do surgimento do Seis Sigma, pesquisas empíricas têm investigado os fatores de implantação do programa Seis Sigma em diversos países. Kumar (2007) no Reino Unido, Bruon (2011) na Itália, Cheng (2013) em Taiwan e Carvalho, Ho e Pinto (2014) no Brasil.

Apesar dessa divulgação positiva, é necessário considerar que a implantação do Seis Sigma é norteada por fatores de implantação que podem conduzi-lo ao sucesso ou insucesso, conforme discussão de Coronado e Antony (2002), como abordagem de geração de valor para a empresa, sendo que tais fatores têm sido abordados por diversas pesquisas ao redor do mundo. Apesar das pesquisas convergirem para a importância de se investigar os fatores de implantação do Seis Sigma, não existe ainda uma concordância sobre quais são os mais relevantes. Além disso, as pesquisas fazem uso de diferentes métodos, como estudos de caso e *surveys*, e populações-alvo, de pequenas e médias a grandes empresas, o que dificulta a comparação de resultados e generalização de suas conclusões.

As considerações que essas pesquisas fazem para tratar a população-alvo combinada com os métodos de pesquisa utilizados podem conduzir a resultados específicos. Com isso, para a realidade brasileira torna-se importante uma investigação empírica que possa explicitar os fatores de implantação do programa Seis Sigma, para que se possa aumentar (ou não) a validade externa em relação ao tema, na medida que os resultados possam (ou não) corroborar pesquisas já realizadas. Nesse contexto, a principal questão da pesquisa é avaliar **quais são os fatores associados à implantação do programa Seis Sigma em empresas que operam no Brasil?**

A identificação desses fatores reduziria os conceitos a considerar nos planos estratégicos ou táticos, permitindo que todo potencial do Seis Sigma seja explorado pelos gestores. Para tanto, este artigo tem como objetivo identificar os principais fatores de implantação do programa Seis Sigma em empresas do Brasil.

2. Revisão da literatura

A revisão da literatura procurou identificar com apoio de uma análise bibliométrica de citação e cocitação trabalhos que ajudassem na identificação das variáveis que permeiam a implantação do Seis Sigma.

A análise bibliométrica foi realizada sobre as referências de artigos completos obtidos a partir da principal coleção do Web of Science (WOS). Os termos de pesquisa no campo tópico foram “*Six Sigma*” ou “*DMAIC*” e a pesquisa restringiu-se às publicações entre 1980 (década de surgimento do Seis Sigma) e 2014 (ano de elaboração do questionário da pesquisa). A pesquisa inicial resultou em 758 artigos e, após a leitura de todos os títulos e resumos desses trabalhos, chegou-se a 259 artigos que tinham relação com a implantação do Seis Sigma.

Os metadados dos artigos dessa amostra de 259 artigos foram exportados para o *Citespace*, que é um software gratuito em Java que auxilia na realização de análises bibliométricas, e foram identificadas 532 referências distintas. A partir da análise de citação foram selecionados os quinze trabalhos e os dez autores de maior destaque para leitura e busca de novos trabalhos científicos. Já a análise de cocitação permitiu identificar sete *clusters* com mais de dez referências, sendo que segundo Chen (2006) e Chen, Ibekwe-sanjuan e Hou (2010), as referências pertencentes a um *cluster* possuem similaridade de assunto por terem sido citadas conjuntamente por artigos da amostra, dessa forma apontando para trabalhos que deveriam ser considerados, além dos de maior destaque da análise de citação.

Após isso, foi realizada uma leitura dos trabalhos que análise bibliométrica apontou como relacionados importantes. Esses trabalhos foram categorizados de acordo com as seções apresentadas a seguir.

2.1 Envolvimento da alta administração

O programa Seis Sigma necessita do apoio de líderes empresariais como gerentes, presidentes, CEO na condução dos projetos Seis Sigma para o sucesso (ANTONY; BANUELAS, 2002; CORONADO; ANTONY, 2002; HENDERSON; EVANS, 2000; KWAK; ANBARI, 2006; LINDERMAN et al., 2003; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000; SCHROEDER et al., 2008).

O envolvimento da alta administração engloba todas as fases da implantação, desde a concepção dos processos de gestão em níveis estratégicos por meio do monitoramento até a execução de projetos individuais (JULIEN; HOLMSHAW, 2012). Os responsáveis por garantir o sucesso da implantação do Seis Sigma nas suas áreas de influência são os membros da alta administração (HAHN; DOGANAKSOY; HOERL, 2000).

O forte compromisso, apoio e liderança da gerência sênior são essenciais para lidar com quaisquer questões culturais ou diferenças relacionadas à implantação do Seis Sigma (SCHROEDER et al., 2008). De acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2000), sem o engajamento da alta administração, a iniciativa Seis Sigma ficará enfraquecida. O que sugere que para a adoção bem sucedida desse programa é fundamental que alta administração esteja comprometida e disposta a alocar recursos para adaptar a estrutura organizacional, políticas

e processos ao Seis Sigma (ZU; FREDENDALL; DOUGLAS, 2008). Uma pesquisa no Brasil de Carvalho, Ho e Pinto (2014) aponta o envolvimento da alta administração e a disponibilidade dos recursos financeiros como fatores de maior importância por empresas que possuem o programa implantado. De acordo com Trad e Maximiano (2009), a liderança como o entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa e o compromisso da alta administração com a melhoria contínua é um dos fatores associados à implantação do programa no Brasil.

2.2 Mudança Organizacional

O programa Seis Sigma requer que a empresa crie meios para incentivar o compromisso e o envolvimento dos funcionários com o programa Seis Sigma (ANTONY; BANUELAS, 2002; CORONADO; ANTONY, 2002; HARRY, 1998; HENDERSON; EVANS, 2000; KWAK; ANBARI, 2006) com isso tendo que desenvolver uma mudança organizacional.

Dentre as transformações que a empresa pode passar durante a implantação do Seis Sigma está o estabelecimento da estrutura Seis Sigma, o método DMAIC e especialistas *Belt*, dentro do sistema de gestão de recursos humanos da organização instituindo o procedimento de melhoria estruturada como um paradigma formal para a realização de projetos de melhoria, e enfatizando o uso objetivo quantitativo de métricas na melhoria da qualidade (ZU; FREDENDALL; DOUGLAS, 2008). Além de envolver uma mudança substancial na estrutura e infraestrutura da organização (CORONADO; ANTONY, 2002).

Há uma tendência do comprometimento ser maior quando a visão em relação às mudanças organizacionais é mais positiva, ou seja, quanto menor o nível de resistência à mudança maior o comprometimento do trabalhador (MARQUES et al., 2011). Assim sendo, a introdução do Seis Sigma envolve a adaptação da rotina dos funcionários, devido aos treinamentos e à participação em projetos, gerando uma mudança cultural na organização.

2.3 Adoção de programas prévios de melhoria

Muitas das ferramentas do Seis Sigma existem desde a era da Gestão pela Qualidade Total (GQT), enquanto outras são mais recentes e sofisticadas (HAMMER, 2002). Além disso, elementos importantes da GQT e da Reengenharia de Processos também são importantes no Seis Sigma, como o foco nos processos, nos clientes e a medição do desempenho do processo. Além dessas medidas, a redução da variabilidade do processo foi defendida por Deming e Taguchi como a chave para a melhoria do desempenho, também usados no Seis Sigma (CAULCUTT, 2001)

O Seis Sigma não elimina as práticas tradicionais de GQT ou outros programas de melhoria, como Reengenharia de Processos e Manufatura Enxuta, mas adiciona práticas que potencializam as práticas tradicionais e proporciona novos caminhos para a melhoria da qualidade (ZU; FREDENDALL; DOUGLAS, 2008). Sendo assim, a adoção de programas como GQT, Manufatura Enxuta, normas ISO, entre outros pode facilitar o uso dessas ferramentas e métodos dentro do programa Seis Sigma (ARNHEITER; MALEYEFF, 2005; CAULCUTT, 2001; HAMMER, 2002; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000; ZU; FREDENDALL; DOUGLAS, 2008).

No Brasil, iniciativas prévias de qualidade têm efeito positivo para empresa que pretende implantar o programa Seis Sigma, tais como: ISO 9000, GQT, SPC/SQC, Zero Defeito e Manufatura Enxuta (TRAD e MAXIMIANO, 2009). Segundo Carvalho, Ho e Pinto (2014), as organizações que adotaram o Seis Sigma estavam mais familiarizadas com outros programas de qualidade, bem como na utilização de ferramentas da qualidade, confecção de documentos, dentre outras habilidades.

2.4 Sistema *Belt*

O Seis Sigma necessita de treinamento de funcionários e de especialistas responsáveis pela execução dos projetos de melhoria (ANTONY; BANUELAS, 2002; CORONADO; ANTONY, 2002; HARRY, 1998; HENDERSON; EVANS, 2000; KWAK; ANBARI, 2006; LINDERMAN et al., 2003; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000; PYZDEK; KELLER, 2010; SCHROEDER et al., 2008). Entre eles estão os *Champions*, *Master Black Belts*, *Black Belt* e *Green Belts*. Por isso, o sistema *Belt* a ser apresentado englobará dois aspectos que são treinamento e especialistas de melhoria.

De acordo com Raisinghani et al. (2005), o treinamento básico do Seis Sigma abrange mapeamento de processos, uma visão geral de planejamento de experimentos, teste de hipóteses, métricas e modelagem de processos. De acordo com Carvalho, Ho e Ribeiro (2002), os *softwares* estatísticos são imprescindíveis para análises de projetos, pois auxiliam nos cálculos e na elaboração de gráficos.

No Brasil, segundo Carvalho, Ho e Pinto (2014), o treinamento é um fator que facilita o processo de implantação

do programa. Habilidades em métodos estatísticos e não estatísticos para resolução de problemas são exigidas para o programa Seis Sigma e devem atingir todos na organização, garantindo a utilização e compreensão adequados ao programa (DE MAST, 2006; RAISINGHANI et al., 2005).

Em função do conteúdo do treinamento Seis Sigma fornecido e do nível hierárquico que ocupam, os funcionários desenvolverão diferentes habilidades no Seis Sigma e assim formarão os diferentes especialistas, denominados de *Belts*. A estrutura Seis Sigma envolve uma hierarquia de *Belts* que lideram e implementam projetos (ANTONY; DOUGLAS; ANTONY, 2007).

O sistema *Belt* é composto por diferentes categorias: *Champions*, *Master Black Belts* (MBB), *Black Belts* (BB) e *Green Belts* (GB). Segundo Antony, Kumar e Madu (2005) e Harry e Schroeder (2006) ainda existem os especialistas *Yellow Belts* e *White Belts*.

Trad e Maximiano (2009) identificaram no perfil dos *Black Belts* em empresas que operam no Brasil a capacidade deles em estimularem a dedicação e o trabalho em equipe, a experiência prévia em gestão de equipes multidisciplinares, experiência prévia em liderança, regime de dedicação em tempo integral, habilidades e experiência prévia em gestão de projetos, visão empresarial do negócio da empresa e habilidade para fazer apresentações.

2.5 Estrutura DMAIC

O DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*) é o método estruturado para guiar o passo a passo da execução dos projetos Seis Sigma, desde a identificação de oportunidades de melhoria até a estabilização dos resultados (ANTONY; BANUELAS, 2002; CORONADO; ANTONY, 2002; HARRY, 1998; HENDERSON; EVANS, 2000; KWAK; ANBARI, 2006; LINDERMAN et al., 2003; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000; PYZDEK; KELLER, 2010; SCHROEDER et al., 2008).

Segundo Montgomery e Woodall (2008), o DMAIC encoraja o pensamento disciplinado sobre o problema e sua solução no âmbito da definição do produto, processo ou serviço, possibilitando a busca mais efetiva da causa raiz do problema. De acordo com Hahn, Doganaksoy e Hoerl (2000), o programa utiliza o mais amplo conjunto de métodos como, análise de simulação, distribuições não-normais, modelagem avançada, conceitos avançados de DOE, ferramentas de levantamento de amostragem e ferramentas gráficas.

No Brasil, um levantamento revelou que as dez ferramentas mais utilizadas durante a execução do DMAIC nos projetos Seis Sigma são: coleta de dados, histograma, diagrama de Pareto, *brainstorming*, cartas de controle, índices de capacidade, fluxograma, mapa de processo, avaliação de sistema de medição e controle estatístico de processo (MIGUEL et al., 2012).

Além das ferramentas e técnicas utilizadas no DMAIC, há também as pessoas que estão envolvidas na sua execução. Segundo Schroeder et al. (2008), os *Champions* desempenham um papel ativo na fase *Define*, mas um papel de apoio nas etapas restantes. Os proprietários do processo assumem um papel muito mais ativo na fase *Control*, mas de apoio nas outras etapas. Já os *Green Belts* tendem a assumir um papel mais ativo nas fases *Measure, Analyse e Improve*. Finalmente, os *Black Belts* servem como líderes dos projetos e são ativos em todas as etapas do processo.

As variáveis sobre a implantação do Seis Sigma foram pesquisadas na revisão da literatura e são apresentadas na seção a seguir.

3. Metodologia

População e amostra

Para se alcançar o objetivo de identificar os fatores associados à implantação do Seis Sigma foi realizada uma *survey* seguindo-se as recomendações de Forza (2002) em um grupo de empresas que operam no Brasil e possuem o programa Seis Sigma implantado.

A população compreendeu clientes de empresas de consultoria em Seis Sigma. Esse critério foi escolhido porque tais empresas prestam serviço de treinamento e auxílio na implantação do Seis Sigma. A busca foi realizada pela porta de pesquisa *Google*, utilizando-se as palavras-chave “consultoria Seis Sigma”, “treinamento” e “Seis Sigma”, “consultoria” e “Seis Sigma”, sendo identificadas as seguintes empresas de treinamento em Seis Sigma: Setecnet, Consultoria QSP, Consultoria Flemming, Consultoria FIESP, Consultoria Qualilog, Seta, Siqueira Campos, Qualy Trail, Cace Consultoria, Gemba Training, Ótima: estratégia e gestão, Versatil Consultores, Fundação Vanzolini, Grupo Werkema, QSC Consultoria e MI Domenech. A partir dos sites dessas empresas foram identificadas 486 empresas clientes, que formaram a população-alvo desse estudo. Os respondentes-alvo da pesquisa nas empresas, responsáveis pelo Seis Sigma ou pela área de qualidade, foram contatados por correio

eletrônico ou telefone constantes em seus portais.

O instrumento de coleta de dados foi o questionário estruturado com questões do tipo *likert* com escala de 1 a 5 (discordo totalmente até concordo totalmente). Um teste piloto foi realizado com três grupos de entrevistados: quatro pesquisadores generalistas, um pesquisador especialista e três organizações da população-alvo do estudo. Após o teste piloto, o questionário final (Tabela 1) teve algumas questões repetidas excluídas e outras, a partir de indicação de empresas e de especialistas da área, foram ajustadas em relação a sua ordem.

Q1-A frequência de treinamento Seis Sigma na nossa empresa é suficiente
Q2-Os gerentes e diretores acompanham plenamente o desenvolvimento dos projetos Seis Sigma
Q3-Não existe resistência dos funcionários no desenvolvimento dos projetos Seis Sigma
Q4-O Seis Sigma está totalmente integrado com outros programas de melhoria (TQM, normas ISO, PNQ, Lean, TPM, 5S ou similares)
Q5-Todos os nossos funcionários recebem treinamento Seis Sigma
Q6-Existe um sistema de recompensa adequado aos Green Belts, Black Belts e outros Belts.
Q7-Nossa empresa, para selecionar projetos Seis Sigma, utiliza indicadores de desempenho.
Q8-Nos projetos Seis Sigma a meta do que precisa ser melhorado é sempre numericamente estabelecida.
Q9-Nos projetos Seis Sigma, os processos a serem melhorados sempre são mapeados.
Q10-Na etapa inicial da condução dos projetos Seis Sigma os ganhos financeiros esperados são claramente definidos.
Q11-Sempre existe disponibilidade de dados para o desenvolvimento dos projetos Seis Sigma.
Q12-Os dados utilizados para os projetos Seis Sigma sempre são confiáveis.
Q13-A infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) da nossa empresa sempre facilita a coleta de dados para os projetos Seis Sigma.
Q14-Na condução dos projetos Seis Sigma, sempre são utilizadas ferramentas da qualidade.
Q15-Na condução dos projetos Seis Sigma, sempre são utilizados métodos estatísticos (DOE, CEP, Regressão, ANOVA, Teste de hipóteses ou similares)
Q16-Os projetos Seis Sigma são elaborados com apoio de softwares avançados como Minitab e similares.
Q17-Nos projetos Seis Sigma, sempre avaliamos as várias opções de solução antes de decidirmos pela solução final.
Q18-Não existem barreiras para implementar melhorias identificadas nos projetos Seis Sigma.
Q19-Nos projetos Seis Sigma, sempre utilizamos controles para sustentar as melhorias alcançadas (Poka Yoke, CEP, Gráfico de Pareto, Cartas de controle ou similares).
Q20-Na finalização dos projetos Seis Sigma, os ganhos financeiros são divulgados aos interessados.
Q21-Nos projetos Seis Sigma, as melhorias obtidas são divulgadas - através de índices, gráficos, tabelas etc - para todos os participantes.

Tabela 1: Variáveis operacionalizadas da implantação do Seis Sigma

Fonte: Elaboração própria (2017)

Após a adequação do questionário, a coleta de dados foi realizada entre agosto e dezembro de 2014 em duas rodadas, a primeira pelo envio do *link* do questionário por meio de correios eletrônicos, outra por ligações telefônicas com o objetivo de aumentar a taxa de respondentes. Segundo Dillman, Smyth e Christian (2008), os questionários de pesquisa podem ser enviados em até quatro rodadas à população-alvo, de modo a se obter respostas dos que não responderam nas rodadas anteriores. O total das duas rodadas resultou em 45 questionários respondidos.

Tratamento e análise dos dados

Os dados coletados foram inicialmente analisados para identificar respostas consideradas discrepantes (*outliers*) conforme considerações de Zijlstra, Van der Ark e Sijtsma (2013). Foi utilizado o método Z-Score, como técnica de análise univariada e a distância de Mahalanobis, como técnica de análise multivariada.

A análise dos dados consistiu na análise fatorial exploratória com o objetivo de redução das variáveis

identificadas na literatura (ou variáveis explícitas) sobre a implantação do programa Seis Sigma em um número menor de variáveis latentes (ou fatores). Sendo realizada a partir das recomendações de Hair et al. (2009) com apoio do software SPSS® (*Statistic Package for Social Study*, versão 20.0).

4. Resultados e discussões

Investigação de outliers

Os *outliers* univariados foram investigados mediante o cálculo do Z-score para todos os 45 casos, sendo identificados cinco com valores superiores a $|3|$ em vários dos seus itens. Nesses foram detectados padrões extremos de respostas, que indicam um preenchimento equivocado e, por isso, tais foram excluídos. Após isso, a distância de Mahalanobis para 0,05 de significância não apontou para qualquer outro caso.

Análise fatorial

A etapa seguinte foi a execução da análise fatorial com o objetivo de resumir os itens em fatores associados à implantação do Seis Sigma, fornecendo ainda uma visão sobre o que constitui cada fator. A análise fatorial seguiu as recomendações de Hair et al. (2009) e Pestana e Gageiro (2014).

Considerando as suposições necessárias à análise fatorial, foram analisados o coeficiente Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) igual a 0,530 e o teste de esfericidade de Bartlett igual a 0,000. Na tentativa de aumentar o KMO para um valor superior a 0,600, analisou-se a matriz de correlações e os itens Q2 (Envolvimento da alta administração), Q5 (Abrangência do treinamento na empresa), Q6 (Recompensa dos *Belts*), Q9 (Mapeamento dos processos a serem melhorados) e Q15 (Uso de métodos estatísticos) apresentaram baixa correlação, inferior a $|0,30|$, sendo sua retirada recomendada por não contribuírem para a formação de fatores. Porém, destaca-se que dois desses itens, “Envolvimento da alta administração” e “Uso de métodos estatísticos”, são considerados essenciais à implantação do Seis Sigma (ANTONY; BANUELAS, 2002; KWAK; ANBARI, 2006; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000). A retirada desses itens resultou em um KMO igual a 0,605 e teste de esfericidade de Bartlett com nível de significância igual a 0,000, ambos adequados para realização da análise fatorial.

Na sequência, utilizou-se da análise de componentes principais para extração dos fatores que combinado com o critério da raiz latente para determinação do número de fatores, resultou em cinco fatores que explicam 69,2% da variância total, Tabela 2.

Componente	Somam rotativas de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% variância acumulada
1	2,598	16,236	16,236
2	2,447	15,292	31,527
3	2,336	14,598	46,125
4	2,211	13,818	59,944
5	1,478	9,234	69,178

Tabela 2: Variância total explicada pelo de componente principal

Fonte: Elaboração própria a partir do *Software* SPSS (2017)

Para auxiliar na interpretação dos fatores, utilizou-se o método de rotação ortogonal *varimax* (Tabela 3). Pode-se observar que todos os fatores contêm mais de um item com carga fatorial superior a $|0,30|$, critério considerado adequado quando se envolve um número elevado de itens, 16 neste caso e, como consequência, tem-se que as comunalidades dos itens também atendem o critério mínimo de 0,50.

A seguir procedeu-se a nomeação e discussão dos cinco fatores encontrados pela análise fatorial, acrescidos dos fatores “Envolvimento da alta administração” e “Pensamento estatístico”, anteriormente apontados como itens independentes, mas já previstos pela literatura.

Discussão dos fatores

Os fatores foram nomeados seguindo-se a recomendação de Hair et al. (2009) de que o nome do fator deve considerar o peso das cargas fatoriais dos itens.

O primeiro fator envolvendo os itens Q11, Q12 e Q13, foi nomeado como “Disponibilização de dados”. Esse grupo de itens diz respeito à confiabilidade e acessibilidade de dados. Nele, foram reunidas variáveis sobre confiabilidade dos dados, disponibilidade dos dados e integração do Seis Sigma com a infraestrutura de Tecnologia e Informação (TI). Como mencionado na revisão de literatura, Pande, Neuman e Cavanagh (2000) afirmam que o programa Seis Sigma utiliza o uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas e atenção

diligente para gestão da melhoria. De fato, os dados podem servir de entrada para a seleção, gestão e realização de projetos, que são atividades fundamentais na execução do Seis Sigma.

Item	Fator				
	1	2	3	4	5
Q11	0,918	0,149	0,016	-0,008	0,025
Q12	0,783	-0,052	0,199	0,276	-0,034
Q13	0,626	0,069	-0,298	0,422	-0,085
Q7	-0,082	0,691	0,124	0,043	-0,182
Q1	0,195	0,678	-0,243	0,001	0,422
Q18	0,395	0,664	-0,008	0,130	-0,157
Q20	-0,041	0,651	0,486	0,263	0,219
Q14	-0,093	0,509	0,497	0,353	0,349
Q10	0,109	-0,097	0,843	0,004	0,100
Q8	0,027	0,156	0,674	-0,376	0,073
Q21	-0,164	0,271	0,583	0,505	0,105
Q17	0,222	0,069	-0,158	0,752	0,009
Q19	0,118	0,160	0,106	0,682	0,087
Q4	0,432	0,034	-0,014	0,569	-0,287
Q16	0,041	0,097	0,292	0,125	0,809
Q3	0,313	0,361	-0,030	0,224	-0,597

Tabela 3: Fatores rotacionados de implantação do Seis Sigma.

Fonte: Elaboração própria a partir do *Software* SPSS (2017)

Dessa forma, o acesso aos dados permite que os gestores tomem decisões baseadas em fatos e dados, não em opiniões, tornando esse um fator necessário à implantação do programa Seis Sigma. A integração do Seis Sigma com infraestrutura de TI pode ser explicada pela necessidade de disponibilização dos dados para os projetos Seis Sigma. Segundo Mergulhão e Martins (2008), o uso dos indicadores de desempenho é apoiado pelo suporte de TI como um recurso tecnológico importante para um melhor controle dos resultados do programa Seis Sigma. Ainda segundo os mesmos autores, os sistemas de TI devem dispor de indicadores que auxiliem no gerenciamento dos projetos e na identificação de oportunidades para novos projetos. Dessa forma, a infraestrutura de TI pode auxiliar no processamento de dados e informações dos projetos Seis Sigma. Fatores para implantação do programa Seis Sigma levantados por Pande, Neuman e Cavanagh (2000), Antony e Banuelas (2002) e Hahn, Doganaksoy e Hoerl (2000) também apontam sobre a disponibilidade de dados. Pande, Neuman e Cavanagh (2000) apontam como um dos fatores necessários para implantação do programa “Ligação Clientes, Processos, Dados e Inovação para construir o sistema Seis Sigma”. Outros autores como Antony e Banuelas (2002) e Hahn, Doganaksoy e Hoerl (2000) apontam o processo de selecionar projetos, monitorar e projetar com confiabilidade como fatores necessários a implantação do Seis Sigma.

O segundo fator contendo os itens Q7, Q1, Q18, Q20 e Q14 recebeu o nome de “Infraestrutura prévia e treinamento”. Ele reuniu variáveis sobre adoção de programas da qualidade, uso de ferramentas da qualidade, frequência de treinamento e sobre a não existência de barreiras para implantação das melhorias encontradas. A execução do programa Seis Sigma requer conhecimento das ferramentas da qualidade e métodos estatísticos para sua execução e também das prioridades do negócio para seleção de projetos e implantação de mudanças. De acordo com Toledo et al. (2013), o objetivo do Seis Sigma não é somente alcançar níveis sigma de qualidade, mas também melhorar a lucratividade. Sendo assim, as equipes de melhoria devem possuir o treinamento adequado em ferramentas e métodos para a execução dos projetos Seis Sigma e também terem conhecimento do negócio e dos processos para seleção estratégica dos projetos a serem executados, para que não haja barreiras na implantação de mudanças necessárias. Os especialistas *Belts* podem estar incluídos nesse fator. De acordo com Schroeder et al. (2008), as equipes de melhoria formadas para cada projeto Seis Sigma devem ser compostas por especialistas *Belts* que têm conhecimento substancial do processo, de métodos estatísticos e de ferramentas da qualidade. Essa estrutura auxilia na execução da rotina do Seis Sigma, necessitando do treinamento das pessoas envolvidas na execução dos projetos Seis Sigma. No Brasil, o uso de ferramentas da qualidade bem como o uso de métodos estatísticos por empresas que possuem o Seis Sigma já foi apresentado em resultados de pesquisas feitas por processo Miguel et al. (2012) e Carvalho, Ho e Pinto (2014). Segundo esses últimos autores, algumas das ferramentas usadas no Seis Sigma também são utilizadas em outros programas de melhoria como, Manufatura Enxuta e Gestão pela Qualidade Total (GQT). Dessa forma, possuir outros programas de melhoria implantados pode auxiliar na implantação e execução do programa Seis Sigma.

O terceiro fator com os itens Q10, Q8 e Q21 foi nomeado de “Metas e ganhos”, sendo constituído por itens sobre a definição clara de ganhos financeiros, estabelecimento numérico de metas e a divulgação dos resultados. Para alcançar os resultados desejados, as organizações precisam definir quais são eles. No programa Seis Sigma, as metas estabelecidas podem ser não financeiras, como a redução de variabilidade do processo e redução de defeitos, e financeira, como aumento de lucro ou redução dos custos. Segundo Linderman et al. (2003), os projetos de melhoria Seis Sigma costumam usar metas explícitas para motivar o desempenho. De acordo com Montgomery e Woodall (2008), o impacto do projeto deve ser avaliado em termos do seu benefício financeiro para a empresa, medido e avaliado pela unidade de finanças ou contabilidade. De acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2000), a divulgação dos resultados é um fator crítico de sucesso. Esse fator para implantação do programa está de acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2000), que levantou como fatores “Manter mensagem simples e clara” e “Divulgar resultados”. Pyzdek e Keller (2010) também reforçam a importância da comunicação e conscientização no Seis Sigma.

O quarto fator com os itens Q17, Q19 e Q4 recebeu o nome de “Implementação da solução” e está relacionado com a avaliação das soluções antes da implantação de melhorias, a utilização de controles para sustentar melhorias alcançadas e a integração do Seis Sigma com outros programas de melhoria. Na etapa de avaliação das soluções, antes da implantação, a equipe propõe e discute as possíveis soluções para remover ou atenuar as principais causas que conduzem à variação do desempenho do processo (TOLEDO et al., 2013). Após isso, Harry e Schroeder (2006) destacam que o Seis Sigma precisa estabelecer controles que garantam que os mesmos problemas não se repitam, monitorando continuamente os processos que criam o produto ou serviço. Os gráficos e diagramas são destaques exibidos ao lado de uma explicação clara do que está sendo medido e como foram alcançadas as ações de melhoria. Por último, para que as melhorias alcançadas sejam consolidadas é necessário que exista uma integração do Seis Sigma com outras abordagens de melhoria para que possíveis conflitos da implementação das melhorias sejam resolvidos.

O quinto fator com os itens Q16 e Q3 foi nomeado como “Resistência à mudança”. De forma geral, o fator aponta que quanto mais se usa *softwares* estatísticos, maior a resistência dos funcionários ao desenvolvimento dos projetos Seis Sigma. Os projetos Seis Sigma podem ter diferentes níveis de utilização da estatística, que tendem a aumentar de acordo com a complexidade do projeto. Com isso, a utilização de *softwares* estatísticos pode ser maior em projetos mais complexos, que por não terem a solução tão evidente, geram maior resistência dos funcionários durante a sua execução. Miguel et al. (2012) relatam que 95% das empresas que implantaram o programa Seis Sigma no Brasil revelaram utilizar algum software estatístico no tratamento dos dados. Isso ressalta a importância de que as empresas forneçam os treinamentos adequados para a nova rotina que o programa exige e também para o uso de *softwares*. Ademais, é necessário que os funcionários envolvidos estejam interessados e disponíveis em aprender o funcionamento do Seis Sigma. Essa necessidade de mudança para adequação ao Seis Sigma é relatada por Zu, Fredendall e Douglas (2008a), que apontam que dentre as transformações que a empresa pode passar durante a implantação do Seis Sigma está o estabelecimento da estrutura Seis Sigma dentro do sistema de gestão de recursos humanos da organização, instituindo o procedimento de melhoria estruturada como um paradigma formal para a realização de projetos de melhoria, e enfatizando o uso de métricas quantitativas na melhoria da qualidade. Ressalta-se que o fator capacidade de mudança está presente em pesquisas de Kwak e Anbari (2006), Antony e Banuelas (2002) e Henderson e Evans (2000), como “Mudança Cultural”.

Além desses cinco fatores identificados pela Análise Fatorial, retomar itens “Envolvimento da alta administração” e “Pensamento estatístico” que foram excluídos nas etapas iniciais da análise por não possuírem correlação com outros itens, mas que segundo a literatura são apontados como “fatores” importantes na implantação do Seis Sigma.

Segundo Antony e Banuelas (2002), programas de melhoria como o Seis Sigma requerem envolvimento da alta administração para o fornecimento apropriado dos recursos e treinamentos. De acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2000), sem o contínuo apoio e envolvimento da alta administração, a utilidade do programa para empresa será desacreditada pelos membros e isso poderá enfraquecer a atuação do Seis Sigma. No Brasil, segundo Carvalho, Ho e Pinto (2014), tal fator foi apontado como de elevada importância na implantação do programa. Fato esse corroborado por Trad e Maximiano (2009), que apontaram a liderança (que identificou aspectos, como o entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa; o compromisso da alta administração com a melhoria contínua; a promoção de reuniões periódicas para acompanhamento dos projetos e a capacidade da gerência de alocar os recursos a esses projetos) como o fator mais importante para o sucesso do programa Seis Sigma.

O fator “Pensamento estatístico” está presente desde a nomenclatura do programa Seis Sigma, que descreve a variabilidade (MCADAM et al., 2011), sendo que (KWAK; ANBARI, 2006) reforçam essa importância fundamental ao afirmarem que o Seis Sigma vem da estatística e de estatísticos. O enfoque estatístico do Seis Sigma sobre os processos desde as entradas até as saídas são detalhados por um ponto de vista estatístico por referências como Hoerl e Snee (2002) e Hahn, Doganaksoy e Hoerl (2000). Além disso, Montgomery e Woodall (2008) enfatizam que o objetivo do programa é reduzir a variabilidade nas características-chave de qualidade do produto em torno dos valores especificados. No Brasil, Miguel et al. (2012) identificaram que as empresas focam o processamento dos dados considerando a estatística na sua análise.

5. Conclusões

A presente pesquisa identificou sete fatores associados à implantação do Seis Sigma em empresas no Brasil, sendo eles: disponibilização de dados, infraestrutura prévia e treinamento, metas e ganhos, implementação da solução, resistência à mudança, envolvimento da alta administração e pensamento estatístico. Tal achado tem implicações tanto para teoria quanto para a prática das organizações. A identificação desses fatores é corroborada por resultados de literatura em estudos semelhantes, o que aumenta a validade externa de tais estudos. Destaca-se que apesar de alguns nomes de fatores serem ligeiramente diferentes, em sua essência, eles possuem questões muito semelhantes.

Para a prática das organizações, a identificação desses fatores facilita o processo de gestão do Seis Sigma na medida que resume a um conjunto menor de conceitos. Além disso, a alocação de recursos pode ser mais específica no sentido de fortalecer àqueles fatores de implantação que se mostrarem mais fracos mediante um diagnóstico, de modo que o Seis Sigma possa funcionar com mais efetividade. Além disso, tanto as organizações que procuram implantar o Seis Sigma, quanto empresas de consultoria que participam de sua implantação, podem usufruir do conhecimento desses fatores para fortalecer o conteúdo dos treinamentos em Seis Sigma para que contemplem os conceitos relevantes internos aos fatores e, com isso, aumentem o potencial para obtenção de melhores resultados para o programa.

Como trabalhos futuros recomenda-se a investigação da relação desses fatores (variáveis independentes) com indicadores de desempenho organizacionais (variáveis dependentes) na forma de indicadores financeiros ou operacionais. Complementarmente, uma investigação desses fatores como não totalmente independentes permitiria a verificação do grau com que alguns fatores podem se suportar.

Referências

- ANTONY, J.; BANUELAS, R. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. **Measuring Business Excellence**, v. 6, n. 4, p. 20–27, 2002.
- ANTONY, J.; DOUGLAS, A.; ANTONY, F. J. Determining the essential characteristics of Six Sigma Black Belts: Results from a pilot study in UK manufacturing companies. **The TQM Magazine**, v. 19, n. 3, p. 274–281, 2007.
- ANTONY, J.; KUMAR, M.; MADU, C. N. Six sigma in small-and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 22, n. 8, p. 860–874, 2005.
- ARNHEITER, E. D.; MALEYEFF, J. The integration of lean management and Six Sigma. **The TQM Magazine**, v. 17, n. 1, p. 5–18, 2005.
- 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.
- CARVALHO, M. M. DE; HO, L. L.; PINTO, S. H. B. The Six Sigma programa: an empirical study of Brazilian companies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 25, n. 5, p. 602–630, 2014.
- CAULCUTT, R. Why is Six Sigma so successful? **Journal of Applied Statistics**, v. 28, n. 3–4, p. 301–306, mar. 2001.
- CHEN, C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 57, n. 3, p. 359–377, 2006.
- CHEN, C.; IBEKWE-SANJUAN, F.; HOU, J. The structure and dynamics of cocitation clusters: A multiple-perspective cocitation analysis. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 61, n. 7, p. 1386–1409, 2010.

- CHENG, J.-L. Linking Six Sigma to business strategy: an empirical study in Taiwan. **Measuring Business Excellence**, v. 17, n. 2, p. 22–32, 2013.
- CORONADO, R. B.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. **The TQM Magazine**, v. 14, n. 2, p. 92–99, 2002.
- DE MAST, J. Six Sigma and competitive advantage. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 17, n. 4, p. 455–464, maio 2006.
- DILLMAN, D. A.; SMYTH, J. D.; CHRISTIAN, L. M. **Internet, Mail, and Mixed-Mode Surveys: The Tailored Design Method**. 3^a ed. New York, NY: Wiley, 2008.
- FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152, 2002.
- HAHN, G. J.; DOGANAKSOY, N.; HOERL, R. The evolution of Six Sigma. **Quality Engineering**, v. 12, n. 3, p. 317–326, 2000.
- HAIR, J. F. et al. **Multivariate Data Analysis**. [s.l.: s.n.].
- HAMMER, M. Process Management and the future of six sigma. **MIT Sloan Management Review**, v. 43, n. 2, p. 26–32, 2002.
- HARRY, M. J. Six sigma : A breakthrough strategy for profitability. **Quality progress**, v. 31, n. 5, p. 60–64, 1998.
- HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. R. **Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations**. New York: Crown Business, 2006.
- HENDERSON, K. M.; EVANS, J. R. **Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company**. [s.l.: s.n.]. v. 7
- HOERL, R. W.; SNEE, R. D. **Statistical Thinking: Improving Business Performance**. San Jose: Duxbury Press/Thompson Learning, 2002.
- JULIEN, D.; HOLMSHAW, P. Six Sigma in a low volume and complex environment. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 1, p. 28–44, 2012.
- KUMAR, M. Critical success factors and hurdles to Six Sigma implementation: the case of a UK manufacturing SME. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 3, n. 4, p. 333–351, 2007.
- KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. **Technovation**, v. 26, n. 5–6, p. 708–715, maio 2006.
- LINDERMAN, K. et al. **Six Sigma: A goal-theoretic perspective** **Journal of Operations Management**, 2003.
- MARQUES, A. L. et al. Relações entre Resistência a Mudança e Comprometimento Organizacional em Servidores Públicos de Minas Gerais. **Revista de Administração Contemporânea [on line]**, v. 18, n. 2, p. 161–175, 2011.
- MCADAM, R. et al. Absorbing new knowledge in small and medium-sized enterprises: A multiple case analysis of Six Sigma. **International Small Business Journal**, v. 32, n. 1, p. 81–109, out. 2011.
- MERGULHÃO, R. C. (UFSCAR); MARTINS, R. A. Relação entre sistemas de medição de desempenho e projetos Seis Sigma: estudo de caso múltiplo. **Produção**, v. 8, n. 2, p. 342–358, 2008.
- MIGUEL, P. A. C. et al. Benchmarking the use of tools and techniques in the Six Sigma programme based on a survey conducted in a developing country. **Benchmarking: An International Journal**, v. 19, n. 6, p. 690–708, 2012.
- MONTGOMERY, D. C.; WOODALL, W. H. An Overview of Six Sigma. **International Statistical Review**, v. 76, n. 3, p. 329–346, dez. 2008.
- PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **The Six Sigma Way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance**. New York, NY: McGraw-Hill, 2000.
- PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N. **Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS**. [s.l.: s.n.].
- PYZDEK, T.; KELLER, P. Building the Responsive Six Sigma Organization. In: **The Six Sigma Handbook. A complete guide for Green Belts, Black Belts and Managers at all levels**. [s.l.: s.n.]. p. 3–36.

RAISINGHANI, M. S. et al. Six Sigma: concepts, tools, and applications. **Industrial Management & Data Systems**, v. 105, n. 4, p. 491–505, 2005.

SCHROEDER, R. G. et al. Six Sigma: Definition and underlying theory. **Journal of Operations Management**, v. 26, n. 4, p. 536–554, jul. 2008.

TOLEDO, J. C. et al. **Qualidade: Gestão e Métodos**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

TRAD, S.; MAXIMIANO, A. C. A. Seis sigma: fatores críticos de sucesso para sua implantação. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 13, n. 4, p. 647–662, 2009.

ZIJLSTRA, W. P.; VAN DER ARK, L. A.; SIJTSMA, K. Discordancy tests for outlier detection in multi-item questionnaires. **Methodology**, v. 9, n. 2, p. 69–77, 2013.

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.