

ABORDAGEM TEÓRICA ACERCA DA METODOLOGIA DESIGN FOR SIX SIGMA

THEORETICAL APPROACH ON DESIGN FOR SIX SIGMA METHODOLOGY

Pedro Vieira Souza Santos¹

RESUMO

O termo *Design for Six Sigma* (DFSS) traduz-se como “Projetando para o Seis Sigma”, e resume-se em uma metodologia criada e aplicada para processos produtivos e de serviços que precisam ser projetados de forma que, ao estarem em pleno funcionamento, estejam aptos a atingir níveis Seis Sigma de desempenho. A ideia geral do DFSS é sistematizar o processo de desenvolvimento a partir da pesquisa inicial com os clientes para o lançamento final do produto, exigindo a aplicação de ferramentas específicas. Diante do exposto, esse estudo buscou consolidar os principais tópicos referentes ao *Design for Six Sigma*, além de citar suas características encontradas nas diversas obras científicas publicadas sobre o tema. Logo, metodologicamente, o trabalho é de cunho conceitual teórico que, por meio da análise da literatura sobre o tema, pontua os diversos aspectos ligados a essa metodologia. Pode-se entender que o Design for Six Sigma (DFSS) traduz-se como uma abordagem relativamente recente direcionada para o desenvolvimento de produtos, concentrando-se em entregar o item certo, no momento e com custo certo. Trata-se, em suma, de um método sistemático para gerenciar requisitos importantes quanto aos processos de projeto e manufatura orientado para o cliente final, em todos os aspectos, que podem ser medidos e otimizados.

Palavras-chave: Design for six sigma. Revisão Bibliográfica. Six Sigma.

ABSTRACT

Design for Six Sigma (DFSS) is a methodology created and applied for productive and service processes that need to be designed so that, when fully operated, they are able to achieve Six Sigma performance levels. DFSS systematizes the development process from an initial customer survey to have the final product launching, requiring the application of specific tools. Based on the above, this study sought to consolidate the main topics related to Design for Six Sigma, besides mentioning its characteristics found in the various scientific papers published on the subject. This paper based on a theoretical concept, through literature analysis on the subject, which points out the various aspects related to this methodology. Design for Six Sigma (DFSS) is a relatively recent approach oriented to developing products and focusing on delivering the right item at the right time and with the right cost. It is a systematic method for managing key requirements for end-customer-oriented design and manufacturing processes in all aspects that can be measured and optimized.

Keywords: Design for six sigma. Bibliographic Review. Six Sigma.

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. E-mail pedrovieirass@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A metodologia Seis Sigma é considerada atualmente uma prática que agrega grande diferencial competitivo, pois tem levado as empresas que a aplicam a níveis de qualidade excelentes (SANTOS; ROCHA, 2019). Tal fato é consequência do atual cenário mundial, onde a velocidade com que tem ocorrido mudanças e inovações tem sido cada vez mais constante, pois este fator tornou-se um diferencial importante para a sobrevivência das empresas frente aos inúmeros concorrentes existentes (SANTOS; OLIVEIRA, 2019).

Diversos estudos têm sido realizados em relação a aplicação da técnica. Schroeder (2006) comenta que o direcionamento da metodologia não se restringe apenas ao ambiente industrial, mas vai além, atingindo áreas como administração pública, serviços públicos e saúde, dentre outros. Além disso, o campo de atuação não se limita à esfera privada, alcançando também a pública, orientando-se sobre questões associadas ao cliente, qualidade e desempenho, por exemplo.

Para Carvalho et al. (2014), o principal objetivo ao adotar a estratégia, inicialmente, volta-se para minimização das dispersões das características tidas como críticas sob o ponto de vista da qualidade dos produtos manufaturados e os processos executados. Em suma, tem-se uma base de controle de qualidade com vistas ao planejamento de cunho estratégico de manufatura, trazendo assim, melhorias significativas nos itens projetados (SANTOS, 2019).

Assim, a aplicação do Seis Sigma para o desenvolvimento de novos produtos seria uma resposta a todas estas necessidades. Entretanto, a sua abordagem para projetos não é diretamente dedicada a esta finalidade, pois sua metodologia possui traços marcantes destinados a melhoria dos processos, tornando-se, portanto, aplicável de forma secundária ao desenvolvimento de produtos. Gutiérrez et al. (2012) afirmam que o programa Seis Sigma pode ser considerado uma importante estrutura organizacional, orientada para projetos.

Diante dessa afirmação, a metodologia é indicada quanto à realização de projetos definidos por equipes de trabalho, conforme citam Easton e Rosenzweig (2015). A mesma é dividida entre técnicas como o *Define-Measure-Analyze-Improve-Control* (DMAIC) que são associadas à identificação de causas ainda não conhecidas geradoras de gargalos nos processos já em funcionamento (BANUELAS et al., 2005). Por outro lado, tem-se o *Design for Six Sigma* (DFSS) voltado para desenvolver novos conceitos para produtos (KOZIOLEK; DERLUKIEWICZ, 2012).

Logo, a demanda por menor variação no resultado final entre projeto e manufatura forçaram o desenvolvimento de novas metodologias que reduzam esta lacuna (DORA; GELLYNCK, 2015). Nesse contexto, para suprir a necessidade em relação a qualidade e excelência dos projetos, foi criada a metodologia *Design for Six Sigma* (DFSS), a qual é originada e estruturada a partir do Seis Sigma, porém traz uma abordagem e um conjunto de ferramentas dedicadas ao desenvolvimento de produtos, tornando-a ímpar em sua aplicação e particularidades (FIORAVANTI, 2005).

A meta para a introdução do conceito DFSS é implementar um processo de desenvolvimento de produtos inovador de classe mundial com o objetivo de desenvolver produtos que o cliente deseja, o que pode ser produzido por se trabalhar com a reutilização de soluções técnicas (HASENKAMP, 2010). Ou seja, o DFSS concentra-se no projeto de um produto, serviço ou processo certo logo na primeira vez. Assim, menos tempo precisa ser gasto a jusante na melhoria do produto, serviço ou processo (CUDNEY; FURTERER, 2012).

Diante do exposto, este estudo busca consolidar os principais tópicos referentes ao *Design for Six Sigma*, além de citar suas características encontradas nas diversas obras científicas publicadas sobre o tema. Logo, metodologicamente, o trabalho é de cunho conceitual teórico que, por meio da análise da literatura sobre o tema, pontua os diversos aspectos ligados a essa metodologia.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Qualidade na produção

Questões relacionadas à conceituação da temática da qualidade nas organizações existem sob diversos aspectos. Entretanto, as formas pelas quais as empresas planejam e controlam essa dimensão, voltam-se ao objetivo de melhoria contínua. Logo, a busca pela qualidade através de melhoria em ritmo contínuo é amplamente atingida com utilização de Sistemas de Gestão da Qualidade, sendo uma estratégia que oferece resultados significativos (SANTOS; ROCHA, 2017; SILVA; MELO, 2018).

Carpinetti (2010) aborda o conceito de qualidade como:

Com a contribuição de autores como Juran, Deming e Feigenbaun, a partir da década de 50, o conceito de qualidade foi ampliado de perfeição técnica em projeto e fabricação para adequação do produto ao uso, a partir da perspectiva do mercado, incluindo outros atributos, mais amplos e não necessariamente com ênfase em desempenho técnico superior (CARPINETTI, 2010, p.1).

De acordo com Campos (2004), o termo qualidade não está associado apenas à ausência de defeitos, mas trata-se de um produto/serviço que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente. Para Hartz e Silva (2014), a avaliação da qualidade é feita a partir da comparação de padrões estabelecidos com a situação atual, observada.

Ou seja, Alves e Costa Filho (2017) comentam que se tratam de parâmetros observados que satisfazem a necessidade do cliente final, responsável por determinar se o produto e/ou serviço está de acordo com suas especificações determinadas, sendo, portanto, definida com base na capacidade em satisfazer os desejos e necessidades dos clientes (SIVANKALAI; YADAV, 2012).

Conforme Pande et al. (2001), existem estratégias para se alcançar uma produção com qualidade, entre elas tem-se: estratégias de melhoria de processo (elimina as causas-raiz dos problemas de desempenho), estratégias de (re)projeto de processo (substitui parte ou todo o processo prévio) e estratégias de gestão de processo (usam-se as medições/conhecimento do processo para avaliar seu desempenho).

Assim, em função da concorrência imposta pelo mercado, as empresas buscam estratégias que promovam melhorias nos processos produtivos, reduzindo custos, aumentando a qualidade e a satisfação dos clientes. Entre estes recursos, tem-se a metodologia “Seis Sigma”, utilizada para controlar a variação do processo e reduzir falhas que geram refugos ou retrabalhos (KURATKO et al., 2001). As ações do *Seis Sigma* envolvem as três, além de contribuir com hábitos de gestão proativos. Para isso, utiliza ferramentas estatísticas, objetivando a eliminação de erros (ROTONDARO, 2002).

2.2. Six Sigma

A letra grega sigma é utilizada para representar o desvio padrão, ou seja, a medida relativa à variação de uma população. O termo *Seis Sigma* foi desenvolvido para retratar uma filosofia de negócio, um processo de melhoria e uma métrica para benchmarking (COLENGHI, 2003). Senapati (2004) cita que o *Seis Sigma* é, em suma, um processo de metodologia de gestão, originalmente que é disseminada e aplicada globalmente em diferentes setores, com base em princípios da filosofia *Lean* (VIJAYA SUNDER; VIJAYA SUNDER, 2016).

Logo, segundo Berlitz e Haussen (2005), o conceito Seis Sigma surgiu na Motorola na segunda metade da década de 80 e na década de 90, passou a ser utilizado por empresas da área de serviços. Ainda de acordo com eles:

A estratégia Seis Sigma é monitorar o processo, mantendo-o sob estabilidade e controle efetivo, atuando sobre suas causas de variações, com o objetivo de reduzir o número de defeitos nos produtos finais do processo até valores próximos de zero. A métrica sigma, dessa forma, demonstra o grau no qual qualquer processo se desvia de sua meta, isto é, a capacidade do processo em gerar produtos dentro das especificações pré-definidas (BERLITZ; HAUSSEN, 2005, p. 302).

O método é utilizado nas organizações, na maioria das vezes, para reduzir os custos de manufatura, e segundo Sodhi e Sodhi (2005), a ferramenta também pode ser utilizada para aumentar receitas, de forma a diminuir as perdas e reduzir as falhas nas decisões de negócios, ou seja, em outros processos além da manufatura. A eliminação de defeitos e/ou falhas nos produtos e serviços da organização representam o princípio fundamental do programa, podendo melhorar a rentabilidade de qualquer negócio (HAHN et al., 2000), podendo este ser de pequeno, médio ou grande porte (WESSEL; BURCHER, 2004). Ainda pode acarretar numa maior participação de mercado, com custos reduzidos e operações ágeis, conforme aponta Breyfogle III et al. (2001).

O *Six Sigma* possui múltiplas ferramentas, mas as que mais geram melhorias são as não estatísticas, como os mapas de processos, Pareto, e análises de causa-raiz (GUPTA; SRI, 2012). Ademais, o valor do Seis Sigma indica a frequência em que ocorrerão prováveis erros, com isso, sua utilização corresponde a uma baixa probabilidade do processo em produzir itens com defeitos, conseqüentemente, uma melhoria no nível sigma produz melhoria na confiabilidade, diminuindo a necessidade de testes e inspeções finais e concomitantemente reduz o tempo de ciclo e aumenta a satisfação do cliente (MATOS, 2003; SUJOVA; SIMANOVA; MARCINEKOVA, 2016).

Nesse sentido, para a implantação do Seis Sigma, o enfoque metodológico trata da utilização de métodos estatísticos aplicados numa seqüência metodológica estruturada de acordo com metodologias auxiliares (CORONADO, 2008; AL-AGHA; ALZUBAIDI; AL-AGHA, 2015). As metodologias mais comumente utilizadas na solução de problemas gerenciais são DMAIC, DFSS, DMADV e DMEDI (PACHECO, 2013).

O DMAIC – composto por cinco etapas, a saber, Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Melhorar (*Improve*) e Controlar (*Control*), consiste em uma ferramenta gerencial utilizada para melhorar processos de negócios existentes (CORONADO, 2008). Este

método básico de resolver problemas está associado ao processo de Seis Sigma, que também é usado em conjunto com ferramentas *Lean* (SILVA et al., 2015).

Outra metodologia é o DFSS, que segundo Coronado (2008) visa manter a qualidade em projetos de novos produtos, o modelo pode ser aplicado em processos produtivos ou na execução de serviços que precisam ser elaborados de tal forma que já iniciem suas atividades apresentando um nível *Seis Sigma* de desempenho.

O DFSS, de acordo com Deshpande (2016), consiste em cinco fases interconectadas, intituladas como: Definir, Medir, Analisar, Projetar, Verificar (DMADV), orientadas do início ao fim para o cliente, que conforme Cudney e Agustiady (2016) são definidas como:

- Definir: Definir o problema e a oportunidade de um novo produto, processo, ou serviço representa.
- Medida: Meça o processo e reúna os dados associados ao problema, bem como os dados de VOC associados à oportunidade de projetar um novo produto, processo ou serviço.
- Analisar: analise os dados para identificar as relações entre variáveis-chave, gerar novos conceitos de produtos e selecionar um novo produto arquitetura das várias alternativas.
- Design: Projetar novos elementos detalhados do produto e integrá-los em para eliminar o problema e atender aos requisitos do cliente.
- Validar: validar o novo produto, processo ou serviço para garantir que o cliente os requisitos são cumpridos (CUDNEY; AGUSTIADY, 2016, p. 03).

Ainda de acordo com Coronado (2008), o DMADV auxilia na análise de solução de problemas, aumenta a eficiência com a melhoria da capacidade do projeto em transformar informações em conhecimento. Além desta, há o DMEDI – metodologia utilizada para aplicação em processos que não são pré-existentes, na criação dos processos. Em suma, o *Seis Sigma* é uma forma de abordar a maioria das operações das organizações como sistemas e subsistemas além de melhorar ou criar processos e produtos inseridos nesses sistemas, eliminando causas que não agreguem valor (KUMAR et al., 2007).

2.3 O conceito de *Design For Six Sigma* (DFSS)

Em relação às definições genéricas que são encontradas na maioria das bibliografias consultadas, o termo *Design for Six Sigma* (DFSS) traduz-se como “Projetando para o Seis Sigma”, e resume-se em uma metodologia criada e aplicada para processos produtivos e de serviços que precisam ser projetados de forma que, ao estarem em pleno funcionamento, estejam aptos a atingir níveis Seis Sigma de desempenho.

De acordo com Braz (2002 citado por Hattori, 2009), o *Design for Six Sigma* também compreende uma métrica que pode ser aplicado para aqueles processos nos quais seu nível de desempenho esteja tão baixo em termos de índices sigma e tão alto em termos de valores de defeitos e, quando o próprio processo esteja se comportando de forma tão ruim para a companhia que, quaisquer esforços empreendidos para aplicar um projeto *Seis Sigma* através da metodologia DMAIC, não resultarão ao final do projeto, em um processo satisfatório, refletindo níveis Seis Sigma.

A ideia geral do DFSS é sistematizar o processo de desenvolvimento a partir da pesquisa inicial com os clientes para o lançamento final do produto, exigindo a aplicação de ferramentas específicas. O conceito pode ser aplicado em projetos realizados tanto para clientes internos quanto externos, bem como para o desenvolvimento de produtos e para o desenvolvimento de processos. Doravante, o conceito de desenvolvimento de produtos é usado para descrever todas essas aplicações possíveis (ERICSSON et al., 2014).

Na literatura, é possível encontrar algumas concepções incorretas comuns sobre o DFSS. Tais equívocos são mostrados na Quadro 1.

Quadro 1: Concepções sobre o conceito de DFSS

Incorretas	Corretas
O DFSS é um substituto para o processo de desenvolvimento de produtos adotado pela empresa	O DFSS é uma valiosa metodologia de apoio ao processo de desenvolvimento de produtos
O DFSS nada mais é que o “tradicional” Seis Sigma para a melhoria de produtos e processos, utilizado no contexto do desenvolvimento de produtos.	O DFSS é uma metodologia analítica mais complexa e com características próprias, que integra engenharia de sistemas a técnicas estatísticas.
O DFSS é apenas um conjunto de ferramentas	Somente as ferramentas, sem o conhecimento de sua aplicação nas oportunidades específicas que surgem durante o processo de desenvolvimento de produtos, não são capazes de assegurar o sucesso do DFSS

O DFSS requer modelagem e vastas análises estatísticas de todas as necessidades envolvidas no desenvolvimento do produto	Cada necessidade identificada é tratada da forma mais apropriada à sua natureza. Algumas são objeto de análises estatísticas e outras são examinadas por meio de outros procedimentos.
O DFSS aumenta o tempo de ciclo de desenvolvimento do produto e resulta em perda de oportunidades de mercado.	No longo prazo, o DFSS reduz o tempo de ciclo, já que seu emprego resulta em um maior domínio do processo de desenvolvimento do produto. O DFSS sempre busca um equilíbrio entre custo, prazo e qualidade.

Fonte: Adaptado de Werkema, 2005.

Nesse sentido, pode-se resumir o DFSS, como um poderoso método para auxiliar no sucesso do desenvolvimento de um novo produto ou uma nova tecnologia (ERICSSON et al., 2015). É uma metodologia que emprega diferentes ferramentas estatísticas para analisar alguns parâmetros do projeto ou processo e deve ser acompanhado por um mecanismo de identificação das características-chaves do produto a ser projetado. (JOGLEKAR, 2003).

2.4 Implementando o DFSS

A implementação de projetos norteados pelos princípios do DFSS centra-se fundamentalmente em dois métodos, DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design e Verify*) e ICOV (*Identify, Characterize, Optimize e Validate*), sendo que este último pode ser também designado por IDOV (*Identify, Design, Optimize e Validate*).

A primeira delas, a metodologia DMADV (Definir, Medir, Analisar, Desenvolver, Verificar) é, segundo Werkema (2002), o método utilizado para aplicação do DFSS em projetos na G.E. Este método é constituído por cinco etapas que são descritas a seguir, enfocando seus objetivos e os principais resultados esperados.

1. Definir: nesta etapa, o objetivo é definir claramente o novo produto ou processo a ser projetado. Os principais resultados esperados são: a justificativa para o desenvolvimento do projeto, o potencial de mercado para o novo produto, a análise preliminar da viabilidade técnica e econômica, previsão da data de conclusão do projeto e a estimativa dos recursos necessários;

2. Medir: seu objetivo é identificar as necessidades dos clientes/consumidores e traduzi-las em características críticas para a qualidade, mensuráveis e priorizadas do produto. Os resultados esperados são: obter uma análise detalhada do mercado e a formulação de características críticas do produto para o atendimento às necessidades dos clientes/consumidores;

3. Analisar: selecionar o melhor conceito dentre as alternativas desenvolvidas para o projeto é o objetivo desta fase. Os resultados esperados são: obter a definição das principais funções a projetar para o atendimento das necessidades dos clientes/consumidores, obter a avaliação técnica dos diferentes conceitos disponíveis e a consequente seleção do melhor e, por último, obter a análise financeira detalhada do projeto;

4. Desenvolver: como o próprio nome diz, o objetivo desta etapa é desenvolver o projeto detalhado, realizar os testes necessários e preparar para a produção em pequena e em larga escala. Os principais resultados esperados são: o desenvolvimento físico do produto e a realização de testes, a análise do mercado e a receptividade esperada dos clientes/consumidores sobre os protótipos avaliados, o planejamento da produção, o planejamento do lançamento no mercado, a análise financeira atualizada do projeto;

5. Verificar: nesta última etapa, o objetivo é testar e validar a viabilidade do projeto, e lançar o novo produto no mercado. O resultado esperado é: obtenção de êxito no lançamento do produto no mercado, bem como a obtenção das avaliações do desempenho do projeto.

De acordo com Roma et al. (2016), os autores Mitchell e Kovach (2015) realizaram um estudo de caso conduzido pela cadeia de abastecimento de uma transportadora marítima. Sua pesquisa demonstrou efetivamente o uso da metodologia DMADV, o que possibilitou a identificação de requerimentos para um novo processo de distribuição de ardósia baseado nas necessidades dos clientes, através da união dos conhecimentos desse processo na geração de novas ideias de design e das exigências dos consumidores. O sucesso desses esforços ficou evidente através da comparação da linha de base e verificação das medições, o que indicou que o novo processo de distribuição de ardósia preencheu as necessidades para as quais foi concebido.

Segundo Hattori (2009), há um segundo método, chamado IDDOV. Segundo o autor, este método possui basicamente a mesma estrutura e objetivos que o DMADV. O significado de seu anacronismo é: Identificar, Definir, Desenvolver, Otimizar e Verificar. Na verdade, eles podem ser considerados como metodologias equivalentes. A diferença está centrada apenas na importância atribuída à quarta etapa do IDDOV, Otimizar.

Estudos de casos dos Sistemas Térmicos da Delphi, da GE *Power Systems* e da Xerox usando o roteiro IDDOV mostraram que: (i) este roteiro é mais aplicável aos projetos de desenvolvimento de produtos novos, pois estes exigem novos conceitos ou arquiteturas desde o início; e (ii) este roteiro é mais combinado ao projeto genérico do produto e do processo de desenvolvimento desde a sua concepção (YOON; BYUN, 2012).

O artigo dos autores Nagalingam, Kuik e Amer (2013) utilizou a metodologia IDOV para integrar uma performance sustentável em termos econômicos e ambientais. Para isso, foi sugerido adicionar o valor de utilização do produto manufaturado a tomada de decisão para o nível de atuação do produto e operações de recuperação. Esse método permite validar custo, tempo, desperdício e qualidade dentro da cadeia reversa de suprimentos (ROMA et al. 2016).

Contudo, a pesquisa bibliográfica realizada para a confecção deste trabalho demonstra que o método DMADV para representação da metodologia *Design for Six Sigma* é mais conhecida e amplamente divulgada que o método IDDOV, que por sua vez, também apresenta algumas variações, como é o caso do método ICOV, do anacronismo Identificar, Caracterizar, Otimizar e Validar (HATTORI, 2009).

2.5 Benefícios da aplicação do DFSS

O DFSS não substitui um processo estruturado de desenvolvimento. O papel vital do DFSS é apoiar o ciclo de desenvolvimento de modo a aumentar a eficácia na aplicação do "knowhow" e melhorar substancialmente o resultado final de qualidade, custo e prazo do processo de desenvolvimento (PRATA et al. 2004).

Assim, de acordo com os resultados do trabalho de Prata et al. (2004), o DFSS deve ter como características benéficas:

1. Foco no cliente e antecipação de suas necessidades;
2. Inovação tecnológica;
3. Prevenção de problemas potenciais (tanto os conhecidos como os desconhecidos);
4. Decisões críticas tomadas por equipes multifuncionais;
5. Foco na otimização do desempenho (redução da variabilidade funcional, indo além do simples atendimento aos requisitos especificados);
6. Uso de metodologias integradas.

Ainda observando a implementação da metodologia DFSS nos processos e produtos/serviços nas organizações, Antony (2002 citado por Bairrão, 2010) complementa pontuando as seguintes vantagens:

Redução do tempo de colocação de um produto no mercado (*Time to Market*); redução dos custos do ciclo de vida de um produto; aumento das expectativas do cliente; redução do trabalho e das tentativas de concepção de um produto; melhorar a qualidade e a fiabilidade de produtos e serviços; melhorar a gestão do risco no processo de concepção de produtos e serviços; redução dos custos associados à garantia dos produtos.

Logo, em sua pesquisa, Rafique (2013) reforça o papel do DFSS como esforço para atingir a satisfação do cliente:

Quando uma organização se embarca em um determinado projeto, o principal objetivo é satisfazer o cliente e, para fazer isso, você precisa atender aos requisitos do cliente. O design com a metodologia Six Sigma (DMADV) é a melhor maneira de garantir que seu produto atenda a tudo o que foi especificado. Abrange todos os aspectos do design para o produto a partir da definição do produto, definição de requisitos críticos, otimização de design e o item mais importante de todos, qualidade (RAFIQUE, 2013).

2.6 Desafios a serem considerados

Prata et al. (2004) traz uma importante discussão em relação à implementação do DFSS. O autor cita alguns desafios que devem ser observados. A citação dessas limitações se deu através de dados de empresas que implementaram a metodologia de DFSS na fase de projetos permitem o levantamento de desafios a uma implementação bem-sucedida desta metodologia:

1. A análise de projeto probabilista é ensinada em algumas poucas universidades. Assim, as empresas que procuram estabelecer o DFSS como abordagem para o desenvolvimento de produtos acabam descobrindo que devem treinar todas as suas equipes. Simultaneamente, a empresa deve administrar a mudança cultural necessária para tornar o seis sigma a forma como os negócios são conduzidos.

2. A implementação continua a ser irregular. Alguns líderes entendem e abraçam o projeto probabilista, enquanto outros continuam a resistir. É preciso que os líderes superem o medo e tornem-se totalmente comprometidos para que o DFSS traga alguma mudança. Muitas vezes, o DFSS é imposto por superiores em vez de ser sugerido pela média gerência. Quando isso acontece, o DFSS é encarado como trabalho e custos adicionais.

3. Falta de disciplina. A maioria das organizações descreve a falta de disciplina durante o andamento do projeto uma das principais causas para projetos difíceis de produzir, montar e concluir.

4. A abordagem de implementação em fase exige um grande esforço por longo tempo, portanto o resultado da implementação demora em aparecer.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após apresentação dos principais aspectos relacionados à metodologia DFSS em suas diversas abordagens na literatura, pode-se concluir que com este trabalho foi possível demonstrar que a aplicação da metodologia DFSS proporciona ganhos significativos sobre otimização da qualidade do produto durante seu processo de desenvolvimento, evitando assim altos custos de modificação do produto no processo produtivo, atendendo da melhor forma as necessidades do cliente e garantindo a satisfação do mesmo.

Pode-se entender que o *Design for Six Sigma* (DFSS) traduz-se como uma abordagem relativamente recente direcionada para o desenvolvimento de produtos, concentrando-se em entregar o item certo, no momento e com custo certo. Trata-se, em suma, de um método sistemático para gerenciar requisitos importantes quanto aos processos de projeto e manufatura orientado para o cliente final, em todos os aspectos, que podem ser medidos e otimizados. A partir das diversas pesquisas que abordam o tema, verifica-se que o objetivo do DFSS centra-se em determinar as necessidades dos clientes e do negócio local, direcionando as necessidades para criação de um produto que atenda as expectativas.

Além disso, a difusão do método em diversos âmbitos pode contribuir para melhoria de processos que, atualmente, não são capazes de atingir os objetivos estratégicos da empresa. Logo, o objetivo desse artigo foi atingido, pois ao analisar os diversos trabalhos sobre o tema escolhido foi possível sintetizar as informações mais importantes e relevantes para discussão sobre a metodologia. Essa discussão se faz necessária para aprofundar os estudos sobre o DFSS e suas características gerais, tais como: conceitos, benefícios, limitações e oportunidades de integração desta com outras ferramentas. Porém, sugere-se em trabalhos futuros que tal tema seja mais analisado em termos de estudos de casos para então consolidar de fato o sucesso deste método inovador e inteligente.

REFERÊNCIAS

AL-AGHA, O.; ALZUBAIDI, A. J.; AL-AGHA, M. I. Implementing Six Sigma Methodology in Industrial Control Systems. **International Journal of Computer Applications in Technology**. v. 5, p. 2229–6093, 2015.

ALVES, M. O.; COSTA FILHO, N. B. Gestão de sistemas de qualidade: um estudo de caso na liebe lingerie. **Revista de Engenharia da UNI7**, v. 1 n. 1, 2017.

BAIRRÃO, J. **Implementação da Metodologia 6 Sigma no Processo de Facturação**. Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial. Dissertação de Mestrado. Lisboa, Portugal: 2010.

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.

BERLITZ F. A.; HAUSSEN M. L. Seis sigma no laboratório clínico: impacto na gestão de performance analítica dos processos técnicos. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 41, n. 5, p. 301- 12, 2005.

BREYFOGLE III F. W.; CUPELLO J. M.; MEADOWS, B. **Managing Six Sigma**: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001.

CAMPOS, V. F. **Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Nova Lima - MG. INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade, Conceitos e Técnicas**. São Paulo: Atlas S.A., 2010.

CARVALHO, G.; CHRISTO, E.S.; COSTA, K.A. Application of Six Sigma Methodology in Improving of the Industrial Production Processes. **Applied Mechanics and Materials**, v. 9, p. 327–331, 2014.

COLENGHI, V. M. **O & M qualidade total**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

CORONADO, A. Modelo para estruturas seis sigma nas organizações. **Gestão & Produção**. São Carlos, v. 15, n. 1, p. 43-56, 2008.

CUDNEY, E. A.; AGUSTIADY, T. K. **Design for Six Sigma**: a practical approach through innovation. Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2016.

CUDNEY, E.; FURTERER, S. **Design for Six Sigma in Product and Service Development: Applications and Case Studies**. 2012.

DESHPANDE, S. **Introducing Design for Six Sigma's DMADV Methodology to the Packaging Industry**. Rochester Institute of Technology. 2016.

DORA, M.; GELLYNCK, X. Lean Six Sigma Implementation in a Food Processing SME: a case study. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 31, n. 7, p. 1151-1159. 2015.

EASTON, G. S.; ROSENZWEIG, E. D. Team leader experience in improvement teams: a social network perspective. **Journal of Operations Management**, v. 37, n. 1, p. 13-30. 2015.

ERICSSON, E.; GINGNELL, L.; LILLIESKÖLD, J. Implementing Design for Six Sigma in large Swedish product developing organisations-an interview study. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 26, n. 5-6, p. 648-660, 2015 ;

ERICSSON, E.; GINGNELL, L. LILLIESKÖLD, J. Implementing Design for Six Sigma in large Swedish product developing organisations – an interview study. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 3363, p. 37–41, 2014.

FIORAVANTI, A. **Aplicação da metodologia "Design for Six Sigma" (DFSS) em projetos automotivos**. Trabalho de curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

GUPTA, P.; SRI, A., **Seis sigma: Virtualmente sem Estatística**, Porto: Vida Económica, 2012.
GUTIÉRREZ, L. J. G.; BUSTINZA, O. F.; MOLINA, V. B. Six sigma, absorptive capacity and organisational learning orientation. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 3, p. 661-675. 2012.

HAHN, G.; DOGANAKSOY, HOERL; R. W. The evolution of six sigma. **Quality Engineering, York**, v.12, n.3, p.317-326, 2000.

HARTZ, Z. M. A.; SILVA, L. M. S. In: **Avaliações em Saúde: dos modelos teóricos à prática na avaliação de programas e sistemas de saúde**. Salvador: EDUFBA; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2014. 275p.

HASENKAMP, T. Engineering design for Six sigma - A systematic approach. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 26, n. 4, p. 317–324, 2010.

HATTORI, M. **Aplicação de conceitos de lean e seis sigma na preparação do processo de desenvolvimento de uma nova plataforma de produtos para o mercado global agrícola**. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado Profissional em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

JOGLEKAR A. M. **Statistical Methods for Six Sigma, R&D and Manufacturing**, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2003.

KOZIOLEK, S.; DERLUKIEWICZ, D. Method of assessing the quality of the design process of construction equipment with the use of DFSS (design for Six Sigma). **Automation in Construction**, v. 22, p. 223-232. 2012.

KUMAR, U. D.; NOWICKI, D. ; RAMIREZ-MARQUEZ, J. R. ; VERMA, D. On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation”, **International Journal of Production Economics**, n. 111, p. 456-467. 2007.

KURATKO, D. F.; GOODALE, J. C.; HORNSBY, J. S. Quality practices for a competitive advantage in smaller firms. **Journal of Small Business Management**, v. 39, n. 4, p. 293-311, 2001.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MATOS, J. L. **Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC**. Dissertação (Mestrado). UFRGS, 2003.

MITCHELL, E.M.; KOVACH, J.V. Improving supply chain information sharing using Design for Six Sigma. **Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa**, v.1, n.8, p. 34-38, 2015.

NAGALINGAM, S.V.; KUIK, S.S.; AMER, Y. Performance measurement of product returns with recovery for sustainable manufacturing. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 29, p. 473-483. 2013.

PACHECO, D. A. J. Teoria das restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. **Revista Produção**, v. 24, n. 4, p. 1-17. 2013.

PANDE, P S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma**. Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PRATA, R. F. FERNANDES, T. SILVA, C. E. S. TURRIONI, J. B. Fundamentos do design for six sigma. In: **Anais do XI SIMPEP** - Bauru, SP, Brasil, 08 a 10 de novembro de 2004.

RAFIQUE, S. M. S. B. M. The Use of Design for Six Sigma (DFSS) Methodology in Product Design Proceedings of the World. **Congress on Engineering**. V. I, WCE 2013, London, U.K. July 3 - 5, 2013.

ROMA, L. MORENO, I. P. BUKVIC, G. CAMPOS, R. Design for Six Sigma como uma ferramenta que auxilia no processo de desenvolvimento de produtos: uma revisão bibliográfica. In: **Anais do VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – CONBREPRO**, Ponta Grossa-PR, 30 de Novembro a 02 de Dezembro de 2016.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. 1. Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2002.

SANTOS, P. V. S.; OLIVEIRA, T. C. T. Case study on the application of quality tools in service level management. **ITEGAM- Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAM-JETIA)**, v. 5, p. 75-81, 2019.

SANTOS, P. V. S. A introdução de tecnologias a favor da eficiência em operações logísticas: um estudo de caso no setor de serviços. **NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 9, p. 55-68, 2019.

SANTOS, P. V. S.; ROCHA, M.F.B. Tecnologia inovadora de apoio ao gerenciamento de empresas: o caso do Crowdsourcing. **INOVAE - Journal of Engineering and Technology Innovation**, v. 7, p. 94-109, 2019.

SANTOS, P. V. S.; ROCHA, M. F. B. Inovação no processo de desenvolvimento de estratégias competitivas em pequenas e médias empresas. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão** v. 2, p. 48 -1-48 - 20, 2017.

SCHROEDER, R. A. **Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations**; Currency: Sydney, Australia, 2006.

SENAPATI, N. **Six Sigma: myths and realities**. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 21, n. 6, p. 683-690, 2004.

SILVA, A. M. da; MELO, R. M. de. Uma abordagem multicritério para a seleção de serviços de consultoria e certificação de Sistemas de Gestão da Qualidade. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 25, n. 1, p. 160-174, 2018.

SILVA, O. R.; ROSINI, A. M.; PALMISANO, A.; DIB, V. C. Six Sigma Project in a Vendor Company of Transmission Systems for Automotive Industry: A Brazilian Experience. **RISUS - Journal on Innovation and Sustainability**, v. 6, n. 1, 2015.

SIVANKALAI, S.; YADAV T. TQM in Academic Libraries: A Study, **International Journal of Educational Research and Technology**, v. 3, n. 1, p. 66-72. 2012.

SODHI, M.S., SODHI, N., **Six Sigma Pricing**, Harvard Business Review, 83, 2005.

SUJOVA, A.; SIMANOVA, L.; MARCINEKOVA, K. Sustainable Process Performance by Application of Six Sigma Concepts: The Research Study of Two Industrial Cases. **Sustainability**, v. 8, n. 260. 2016.

VIJAYA SUNDER, M.; VIJAYA SUNDER, M. Lean Six Sigma in higher education institutions. **International Journal of Quality and Service Sciences**, v. 8, n. 2, p. 159-178. 2016.

WERKEMA, M. C. C. **Design For Six Sigma**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2005. 300p.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WESSEL, G.; BURCHER, P. Six Sigma for small and medium-sized enterprises. **The TQM Magazine**, v. 16, n. 4, p. 264-272, 2004.

YOON, H-K.; BYUN, J-H. A Design for Six Sigma: A Robust Tool in Systems Engineering Process. **Industrial Engineering & Management Systems**, v. 11, n. 4, p. 346–352, 2012.