

## **Estudo sobre a capacitação *six sigma* nos cursos de engenharia de produção em universidades brasileiras**

### **Study of six sigma education in production engineering courses at brazilian universities**

DOI:10.34117/bjdv7n11-289

Recebimento dos originais: 15/10/2021

Aceitação para publicação: 18/11/2021

#### **Sergio Tenorio dos Santos Neto**

Mestre em Sistemas Produtivos

FATEC Guaratinguetá - Centro Paula Souza - São Paulo – Brasil

Endereço: Rua Bandeirantes, 169, Bom Retiro, São Paulo

Email: sergio.santos@fatecguaratingueta.edu.br

#### **Marília Macorin de Azevedo**

Doutora em Engenharia de Produção

Unidade de Pós-graduação - Centro Paula Souza - São Paulo – Brasil

Endereço: Rua Bandeirantes, 169, Bom Retiro, São Paulo

Email: marilia.azevedo@fatec.sp.gov.br

#### **José Manoel Souza das Neves**

Doutor em Engenharia Mecânica

FATEC Guaratinguetá e Unidade de Pós-graduação - Centro Paula Souza - São Paulo –  
Brasil

Endereço: Rua Bandeirantes, 169, Bom Retiro, São Paulo

Email: jmneves.fatec@gmail.com

### **RESUMO**

Este artigo apresenta um estudo sobre a capacitação *six sigma* nos cursos de engenharia de produção em universidades brasileiras, a partir de um levantamento das grades curriculares dos cursos. O objetivo é identificar como os cursos de engenharia de produção em universidades brasileiras, abordam o tema *six sigma* em suas disciplinas, quando observadas as grades curriculares dos cursos. Para o atingimento deste objetivo, foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de um estudo exploratório com foco na produção bibliográfica sobre o tema *six sigma*, e uma pesquisa qualitativa nos sites de universidades brasileiras que oferecem cursos de engenharia de produção. O artigo faz uma revisão teórica sobre o tema, aborda o processo de certificação e os cursos de engenharia de produção em relação a capacitação *six sigma*. Nos resultados são apresentadas informações sobre as grades curriculares dos cursos em relação ao tema, sendo apontadas oportunidades quanto sua adequação de maneira a melhor o atendimento das demandas do mercado. Na contextualização dos processos de certificação são abordados aspectos quanto a importância da capacitação dos profissionais envolvidos com a metodologia, sendo apresentados exemplos de como ocorre a certificação em algumas organizações.

**Palavras-chaves:** *six sigma*; engenharia de produção; sistemas produtivos; certificação;

## ABSTRACT

This article presents a study on six sigma training in production engineering courses in Brazilian universities, based on a survey of the courses' curricula. The objective is to identify how production engineering courses in Brazilian universities address the six sigma theme in their disciplines, when observing the courses' curricula. To achieve this goal, qualitative research was carried out through an exploratory study focusing on bibliographical production on the theme six sigma, and qualitative research on the websites of Brazilian universities that offer courses in production engineering. The article makes a theoretical review on the subject, addresses the certification process and production engineering courses in relation to six sigma training. In the results, information about the curriculum of the courses in relation to the theme is presented, being pointed out opportunities regarding its adequacy to better meet the demands of the market. In the context of the certification processes, aspects of the importance of training the professionals involved with the methodology are addressed, with examples of how certification occurs in some organizations.

**Keyword:** Six Sigma; Production Engineering; Production Systems; Certification;

## 1 INTRODUÇÃO

A Motorola iniciou um trabalho para melhorar seus resultados de qualidade em meados de 1980, utilizando ferramentas consagradas de qualidade e novos conceitos de gestão, desenvolvendo uma metodologia que foi denominada *Six Sigma*. Com a metodologia, a Motorola tornou-se referência em qualidade (PYZDEK; KELLER, 2010). Na década de 1990, Jack Welch, principal executivo da General Electric, assumiu a bandeira *Six Sigma* e a vanguarda de sua aplicação, ajudando a difundir a metodologia mundialmente. Santos (2006) e Yamamoto; Serra (2021) citam que o *Six Sigma* ganhou visibilidade global a partir dos resultados divulgados pela General Electric.

Para Pyzdek e Keller (2010), durante o processo de implantação do *Six Sigma*, a Motorola identificou a necessidade de capacitar de forma diferenciada os profissionais responsáveis por liderar a metodologia, necessitando estes de um elevado nível de proficiência na aplicação de técnicas e ferramentas de qualidade. Para atendimento das demandas oriundas da implementação do *Six Sigma* a Motorola desenvolveu um programa de capacitação específico para formação destes profissionais, passando a classificá-los como Belts. Dentro da classificação criada, observam-se os *Black Belts*, os *Green Belts*, os *Yellow Belts* e os *White Belts*. O Quadro 1 detalha o papel de cada um destes *Belts*.

Quadro 1 – Detalhamento do Papel dos Belts

<b>Belts</b>	<b>Atribuições</b>
<i>Black</i>	Lidera projetos corporativos de longo e médio prazo, capacita e assessora os demais Belts
<i>Green</i>	Lidera projetos departamentais de longo e médio prazo, participa de projetos corporativos liderados por <i>Black Belts</i>
<i>Yellow</i>	Lidera projetos funcionais locais específicos de médio prazo, e participa de projetos liderados por <i>Green Belts</i>
<i>White</i>	Utiliza a metodologia na condução de projetos locais específicos de curto prazo e participa de projetos liderados pelos <i>Green Belts</i> e <i>Yellow Belts</i>

Fonte: Adaptado de WERKEMA (2006)

Marx (2008) apresenta sua pesquisa realizada com mais de 1160 profissionais da área de qualidade e melhoria contínua, onde observa-se que a grande maioria dos profissionais pesquisados possuía certificação, sendo essas certificações obtidas nas empresas onde atuavam. Relata o autor que a Motorola e a Microsoft possuem processos próprios de treinamento e certificação, exigindo a participação de seus futuros *Belts* em um exame de certificação. Outro exemplo é a empresa Dupont, que segundo o autor, também possui seus processos de treinamento e certificação, todavia, não exigindo o exame de certificação. São observadas ainda diferenças entre as empresas também em relação às metas financeiras esperadas e números de dias requeridos nos treinamentos de capacitação. Hoerl (2001) cita que na General Electric, por exemplo, os *Belts* são certificados após a conclusão de um certo número de projetos financeiramente bem-sucedidos.

Miller e Lawrence (2015) afirmam que uma busca na internet irá exibir centenas de entidades que oferecem programas de certificação *Six Sigma* para pessoas físicas e empresas que desejem certificar seus colaboradores. Observam-se programas oferecidos por uma multiplicidade de empresas de treinamento e universidades, além de diversas organizações que possuem seus próprios programas de capacitação e certificação. Os autores citam ser difícil comparar os diversos programas ofertados no mercado, uma vez que alguns provedores de certificação apenas oferecem o serviço de exame de certificação, enquanto outros oferecem treinamento e exame.

Atualmente, existem diversas opções de treinamento no mercado. Desde cursos de capacitação de curta duração, até cursos de extensão e pós-graduação. Também é comum encontrarmos cursos de graduação que oferecem disciplinas específicas abordando o tema *Six Sigma*. Em meados de 2010, as entidades de ensino superior

começaram a adequar seus currículos para capacitar seus alunos na metodologia *Six Sigma*. (LAUX; FRANZE 2010). Esta variedade de programas e formas de capacitação *Six Sigma*, pode apontar para a relevância que o mercado deu para esta formação. Diante deste cenário, são relevantes os estudos que abordem o processo de capacitação dos profissionais envolvidos com a metodologia *Six Sigma* nos cursos de engenharia no mercado brasileiro.

O objetivo deste artigo é identificar como os alunos dos cursos de Engenharia de Produção são capacitados no tema *Six Sigma* nas universidades brasileiras, quando observadas as grades curriculares dos cursos. Para o atingimento deste objetivo foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de um estudo exploratório com foco na produção bibliográfica sobre o tema *Six Sigma*, e uma pesquisa qualitativa nos *sites* de 10 importantes universidades brasileiras que oferecem cursos de Engenharia de Produção.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SIX SIGMA

A metodologia *Six Sigma*, desenvolvida pela Motorola na década de 1980, requer processos que tenham a capacidade de produzir 99,99966% de seus produtos ou unidades livres de quaisquer defeitos, o que significa que só poderá haver 3.4 unidades defeituosas por milhão (ABOELMAGED, 2010).

Pepper e Spedding (2010) citam que a metodologia *Six Sigma* conseguiu resgatar nas organizações, a experiência e o conhecimento necessários, por meio de um rigoroso processo de credenciamento de *Belts*, que embora sendo dispendioso por sua forma de aplicação, permite canalizar o conhecimento do corpo de colaboradores.

Em sua implementação e manutenção, a metodologia *Six Sigma* utiliza o método conhecido como DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar), onde cada letra da sigla representa uma fase do processo de melhoria (PYZDEK; KELLER, 2010). O DMAIC, criado por Mikel Harry, um dos membros da equipe de Bob Gavin na Motorola, é o método utilizado para execução de projetos de melhoria dentro da metodologia *Six Sigma*.

### 2.2 CERTIFICAÇÃO

Segundo Laureani e Antony (2012), o *Six Sigma* não apresenta um padrão único de certificação que seja de consenso e reconhecido mundialmente. Para os autores, o aumento do número de instituições que fornecem treinamento e certificação levou o

mercado a ter uma grande variedade de critérios, gerando grande ceticismo por parte de gestores, recrutadores e líderes de empresas. Os autores relatam que algumas certificações existentes no mercado não avaliam adequadamente a existências das competências técnicas necessárias, não exigindo também a execução de projetos para certificação. Para eles, há uma grande variação no mercado de certificações *Six Sigma*, existindo corporações que definem seus próprios processos de certificação, aumentando ainda mais a diversidade e a disparidade entre os processos.

Relatam ainda os autores, ser possível constatar que outras áreas do mercado, como por exemplo, Tecnologia da Informação, Finanças e Qualidade, onde os processos de certificação são baseados em um conjunto de padrões e requisitos de educação, testes e experiências, havendo nesses processos entidades certificadoras e regulamentadoras que fazem a gestão dos processos de certificação.

Destacam-se neste cenário os processos de certificação das normas ISO (International Organization for Standardization). Segundo Santos e Azevedo (2017), o fato de existir um processo consistente de certificação e acreditação para as normas ISO, denota que existe potencial para um processo semelhante dentro do mercado *Six Sigma*. Observa-se ao longo dos últimos anos, que a maioria das grandes corporações contratou consultores para estabelecer programas internos de treinamento e certificação *Six Sigma* em suas organizações, enquanto as organizações de pequeno e médio porte, contratam profissionais já certificados, ou incentivam seus profissionais na busca da certificação em entidades externas, que oferecem serviços de treinamento e certificação (MILLER; LAWRENCE, 2015).

Para Laureani e Antony (2012), a grande variedade nas práticas de certificação trazem consequências e dificuldades para o mercado. Os autores citam que a dificuldade em comparar o nível de preparação dos profissionais *Six Sigma* e as dificuldades para avaliação dos profissionais a serem contratados, são alguns exemplos encontrados na prática pelas organizações que desejam implementar programas *Six Sigma*. Segundo os autores, diante deste cenário, a American Society for Quality, a Quality International Federation e a British Quality Foundation propuseram padrões baseados em um conjunto de conhecimentos, chamados de Body of Knowledge (Corpo de Conhecimento). Os autores descrevem ainda os esforços da International Academy for Quality na divulgação destes padrões, e na recomendação da utilização dos mesmos como padrões de certificação. A International Association for Six Sigma Certification (IASSC) é outra entidade que oferece um padrão de certificação. Segundo o site da IASSC, os exames de

certificação desta organização estão presentes em mais de 165 países, com mais de 8000 centros de exames (IASSC, 2017).

## 2.2 CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E A METODOLOGIA SIX SIGMA

Segundo Rebeletto et al. (1998), a Engenharia de Produção foi criada para atender as operações de chão-de-fábrica, expandindo-se ao longo dos anos para outros setores. Para o autor, conhecimentos aplicados a todas as áreas da empresa devem ser desenvolvidos no processo de formação do profissional da área. Os cursos de graduação em Engenharia da Produção capacitam os alunos para atuarem em diversas áreas e setores da economia. Segundo Naveiro e Castro (2006), a Engenharia de Produção tem como foco o projeto e a gerência de sistemas que envolvem pessoas, materiais, equipamentos e o ambiente.

Para os autores, a engenharia de produção é a mais abrangente das engenharias, envolvendo uma gama maior de conhecimentos e habilidades. Cita o autor que os alunos desenvolvem matérias relacionadas a economia, meio ambiente, finanças, entre outros, além dos conhecimentos ligados a engenharia.

Em relação à metodologia *Six Sigma*, o foco dos cursos de graduação não é certificar os alunos na formação *Six Sigma*. Todavia, constatou-se que muitas universidades já abordam o tema em pelo menos uma das disciplinas que compõe a grade curricular dos cursos de Engenharia da Produção, conforme apresentado nos resultados deste trabalho, testificando a importância que o tema tem no mercado e na academia. Segundo Santos e Azevedo (2017), no período de 2010 a 2015 foram produzidos 2612 artigos sobre o tema *Six Sigma*, sinalizando o grande interesse pela metodologia, não apenas por parte da indústria, mas também por parte da academia.

Os resultados apresentados por empresas como a Motorola, General Eletric, e o Grupo Brasileiro Brasmotor (Multibrás e Embraco), grupo pioneiro na implantação do *Six Sigma* segundo Werkema (2006), contribuíram com a difusão da metodologia e o aumento do interesse por parte das empresas e academia. Em 1999, segundo a autora, o grupo obteve mais de 20 milhões de reais de retorno, a partir dos primeiros projetos *Six Sigma* concluídos.

Fernandes (2009) relata que a Aços Villares alcançou retorno financeiro 30 vezes maior que o valor investido na implantação do seu programa *Six Sigma*. Relata ainda a autora que a AGCO obteve retorno de 7 milhões de reais entre 2004 e 2005, a Tupy

fundições alcançou um ganho anual de 12,7 milhões de reais com projetos de 51 *Belts*, a Villares Metals obteve uma expressiva relação de R\$ 70,00 de ganho para cada R\$ 1,00 investido em seu programa *Six Sigma*, a Votorantim cimentos conquistou um ganho real anual de R\$ 31,2 milhões com os primeiros 143 projetos concluídos, a Votorantim Metais R\$98 milhões de reais com execução de 134 projetos certificados, e a Novelis, empresa que atua no ramo de laminados em alumínio, que começou a implantar esse programa em 2004, obtendo um lucro de 200 mil dólares no mesmo ano, chegando em 2005 com resultados de 6,5 milhões de dólares e em 2006 com resultados de 11 milhões de dólares.

### 2.3 A METODOLOGIA *SIX SIGMA* E AS EXIGÊNCIAS DO MERCADO

Para melhor preparar os envolvidos com o processo, programas de certificação foram desenvolvidos incorporando as principais áreas de conhecimento abordadas na metodologia *Six Sigma*.

O processo de certificação foi criado para testificar a eficácia dos treinamentos, sendo um projeto aplicado aos participantes para validação dos conhecimentos obtidos, conforme citam LAUX e FRANZE (2010). Observa-se que os processos de certificação também apresentam variações decorrentes das culturas organizacionais, ou dos níveis de comprometimento dos gestores.

Conforme já discutido neste trabalho, existem situações no mercado onde as organizações, ou entidades de treinamento, exigem que o candidato a *Belt* conclua com sucesso, um ou mais projetos de melhoria, além de participar do processo de capacitação, obtendo aproveitamento superior a 80% em exame de certificação. Este tipo de exigência pode elevar o nível de competência e o comprometimento dos profissionais envolvidos, testificando a fluência deles na metodologia.

A execução de um projeto também pode ser observada como um instrumento de capacitação, uma vez que, em muitas organizações, o primeiro projeto utilizado para certificação é acompanhado e monitorado de forma diferenciada pela organização. De acordo com Marx (2008), por meio de uma pesquisa realizada para a revista especializada *ISixSigma*, abordando mais de 1.160 profissionais da área, constatou-se que a maioria dos profissionais era certificada, sendo mais da metade certificado pela própria empresa onde atuava. A pesquisa também demonstrou uma variação nos processos de certificação das empresas e organismos de certificação, em relação à realização de exames e conclusão de projetos.

Miller e Lawrence (2015) afirmam que, na maioria dos programas de certificação ofertados, observa-se a utilização de um corpo padronizado de conhecimentos, não havendo no mercado um consenso quanto a este padrão. Eles citam ainda que alguns provedores exigem a conclusão de um projeto, e um bom desempenho no exame de certificação, enquanto outros exigem apenas um bom desempenho no exame de qualificação. Segundo a pesquisa Isixsigma, as empresas maiores são muito mais propensas a ter seu processo de certificação interno, em comparação com as pequenas empresas. Hoerl (2001) apresenta o caso da empresa GE como um exemplo de programa de certificação estudado e explorado na literatura. O autor afirma que os *Belts* na GE são certificados após a conclusão de certo número de projetos financeiramente bem-sucedidos. Para Ingle e Roe (2001), a GE tem uma abordagem mais estruturada para a formação dos *Belts*, quando comparado com outras organizações, possuindo um escopo de treinamento mais intensivo, enquanto na Motorola, o programa é mais flexível, porém com uma maior amplitude de conhecimento.

Para Miller e Lawrence (2015), em função dos benefícios comprovados na implantação de programas de qualidade *Six Sigma*, a procura por indivíduos certificados é grande, sendo estes profissionais melhor remunerados, ficando evidente a importância do processo de certificação.

### 3 MÉTODO

Para elaboração deste trabalho foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de um estudo exploratório, com foco na produção bibliográfica sobre o tema *Six Sigma*. A pesquisa foi realizada tendo como base um levantamento bibliográfico nas principais bases de periódicos disponíveis como Elsevier, Scielo e Science Direct.

As coletas de dados foram realizadas utilizando-se o software livre Harzings Publish, desenvolvido pela Tarma Software Research e pela pesquisadora Anne Wil Harzings, professora de Gestão Internacional e Pesquisadora associada da Universidade de Melbourne, Austrália. Por meio dos diversos filtros disponíveis no software, foram realizadas buscas específicas que resultaram na seleção dos artigos utilizados neste trabalho de pesquisa. Também foi realizada uma pesquisa qualitativa nos sites de 10 universidades públicas, selecionadas a partir do RUF (Ranking Universitário Folha de São Paulo 2016).

A partir da pesquisa bibliográfica realizada foram elaboradas a introdução e a revisão bibliográfica deste trabalho. A seleção das dez universidades no RUF teve como



critérios o ranking das universidades, e a disponibilidade de informações sobre a grade curricular dos cursos de Engenharia de Produção em seus *sites*.

Com a obtenção das informações nos *sites* das instituições, procedeu-se com a tabulação dos dados e com a construção do tópico resultados e discussão. Procurou-se observar, nos *sites* das instituições, informações referentes à grade curricular dos cursos de Engenharia da Produção, bem como a existência de detalhamento sobre o conteúdo das disciplinas ofertadas na busca por indícios de que as mesmas abordavam o tema *Six Sigma*.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio de uma pesquisa qualitativa realizada nos *sites* de dez importantes universidades públicas do país, constatou-se que quatro instituições reportam de forma explícita a abordagem do tema *Six Sigma* no detalhamento do conteúdo das disciplinas que compõem a grade curricular de seus cursos de Engenharia de Produção, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Detalhamento dos Conteúdos das Disciplinas que Abordam o Tema *Six Sigma*

UNIVERSIDADES/DISCIPLINAS	CONTEÚDO DAS DISCIPLINAS
USP SÃO PAULO Disciplina: Gerenciamento de Sistemas da Qualidade	Teoria dos sistemas; Sistemas de Gestão da Qualidade: ISO9000, ISO14000, QS9000, <u>Seis Sigmas</u> ; Qualidade no Projeto de Processos; Processos de Gerenciamento para a Qualidade: Planejamento, Garantia e Controle da Qualidade; Métodos para entender e identificar as necessidades dos clientes em Serviços; Medição da Satisfação do Cliente em Serviços; Gerenciamento das Relações com o Cliente.
USP SÃO CARLOS Disciplina: Gestão da Qualidade II	Evolução da Gestão da Qualidade para a Gestão da Melhoria e Mudança das Operações de Produção; Métodos de Gerenciamento da Melhoria e Mudança: melhoria contínua versus melhoria radical; Ciclo PDCA e ferramentas básicas para o gerenciamento da melhoria contínua (Kaizen); Visão geral dos métodos e técnicas de gestão da qualidade no ciclo de vida do produto; Desdobramento da Função Qualidade - QFD; FMEA - Análise do Método e do Efeito da Falha; 5S; <u>Seis Sigma</u> ; Sistema de Medição de Desempenho - BSC; Benchmarking; Outras escolas de gestão de melhoria: Reengenharia: conceito e técnicas.
UFSC Disciplina: Princípios do Programa <u>Seis Sigma</u>	Bases do programa seis sigma; Projetos seis sigma para a melhoria da qualidade e produtividade; Implementação do programa seis sigma; outras aplicações do <u>Seis Sigma</u>
UNIFEI Disciplina: Engenharia da Qualidade	Análise do sistema de medição (Gage R&R para variáveis e atributos), controle estatístico de processos (gráficos de controle para variáveis e atributos), índices de capacidade (Cpk, Ppk, Zbench), amostragem, previsão (introdução a séries temporais e redes neurais artificiais para previsão).

Planejamento e otimização de experimentos (experimentos fatoriais completos e fracionários, experimentos exploratórios, experimentos de Taguchi, metodologia de superfície de resposta, experimentos com misturas, otimização de múltiplas respostas). Metodologia Seis Sigma (DMAIC e DFSS, Projetos Seis Sigma).

Fonte: Criado pelos Autores (2020)

Conforme apresentado no Quadro 2, observa-se nas quatro instituições que uma aborda a metodologia em uma disciplina específica, denominada Princípios do Programa Seis Sigma, e três abordam o tema em disciplinas voltadas para a área de qualidade, denominadas respectivamente de Gerenciamento de Sistemas da Qualidade, Gestão da Qualidade II e Engenharia da Qualidade, reforçando a relação que a metodologia tem com a área de qualidade desde a sua concepção. Constata-se também que seis instituições pesquisadas não apresentam em seus *sites* o detalhamento dos conteúdos das disciplinas que compõem a grade curricular. Todavia, por possuírem disciplinas na área de qualidade em suas grades, conforme apresentado no Quadro 3, é possível que também abordem a metodologia.

Ainda em relação ao Quadro 2, observa-se, em relação aos conteúdos da disciplina, que também existe uma variação em relação aos conteúdos propostos quanto a aplicação da metodologia *Six Sigma*. Essa mesma variação de conteúdo pode ser constatada nos cursos de formação de *Belts* existentes no mercado.

Segundo Santos e Azevedo (2017), a grande variação observada nas exigências para certificação de *Belts* no mercado pode sinalizar para a falta de padronização, sendo também provável a existência de uma falta de padrão no que tange aos conhecimentos ministrados pelas instituições que ofertam capacitação nesta área. Observa-se, conforme já foi citado neste trabalho, que o *Six Sigma* não possui um padrão de certificação aceito globalmente, existindo atualmente um processo de proliferação de escolas e instituições de treinamento que oferecem certificação, gerando no mercado uma grande variação de critérios de avaliação.

Destaca-se no Quadro 3, a diversidade de nomes para as disciplinas de qualidade nas grades curriculares dos cursos de Engenharia de Produção, existindo em todas as instituições mais de uma disciplina que aborda o tema qualidade.

Quadro 3 – Mapeamento dos Cursos de Engenharia de Produção em 10 Universidades Brasileiras

UNIVERSIDADES	CURSOS	DISCIPLINAS NA ÁREA DE QUALIDADE
USP SÃO PAULO	Produção	Controle da Qualidade Gerenciamento de Sistemas da Qualidade Gestão da Qualidade de Produtos e Processos
USP SÃO CARLOS	Produção	Controle da Qualidade de Processos de Fabricação Controle Estatístico da Qualidade Gestão da Qualidade I Gestão da Qualidade II
UFSC	Produção Elétrica	Princípios do Programa Seis Sigma Gestão e Avaliação da Qualidade Sistemas de Gestão e Garantia da Qualidade e Meio Ambiente
UNIFEI	Produção	Gestão da Qualidade Sistemas de Gestão da Qualidade Engenharia da Qualidade
UNICAMP	Produção	Controle Estatístico da Qualidade
UFRJ	Produção	Controle de Qualidade Gerência da Qualidade
UFSCAR	Produção	Gestão da Qualidade 1 Métodos para Controle e Melhoria da Qualidade
UFMG	Produção	Introdução a Tecnologia da Qualidade Controle Estatístico da Qualidade
UNESP BAURU	Produção	Qualidade I Qualidade II
UEMG	Produção	Gestão e Estatística da Qualidade de Produtos e Processos Gestão da Qualidade em Serviços

Fonte: Criado pelos Autores (2020)

Dado o exposto em relação ao processo de certificação e as exigências do mercado, contata-se que os cursos de graduação em Engenharia de Produção podem dar aos seus alunos uma base de conhecimento importante para a formação como *Belt*. Todavia, dado o nível de exigência requerido para o exercício da função de um *Belt*, é provável que os cursos e processos de certificação existentes no mercado continuem a ser oferecidos.

Para que os cursos de graduação em Engenharia de Produção possam atender integralmente as demandas do mercado quanto a formação dos *Belts*, sugere-se alguns ajustes nas grades curriculares dos cursos, a fim de adequar os conteúdos apresentados aos alunos, às demandas existentes no mercado. Segundo Santos e Azevedo (2017), o mercado de certificação *Six Sigma* tem crescido nos últimos anos, observando-se que empresas de diversos portes e segmento têm implementado programas de melhoria para alavancarem seus resultados, sendo evidente a importância do processo de qualificação dos profissionais envolvidos com a metodologia.

A falta de uma regulamentação específica deixa o mercado vulnerável, forçando muitas organizações a criarem seus próprios padrões de avaliação e certificação. Até o presente momento, nenhum organismo internacional tomou a frente do processo de regulamentação das certificações *Six Sigma*, deixando o caminho livre para o fortalecimento de iniciativas como a da American Society for Quality e da International Association for Six Sigma Certification, entidades que oferecem ao mercado, padrões de certificação

Segundo Mast e Lokkerbol (2012), a *American Society for Quality (ASQ)*, possui uma das maiores bases de certificação do mundo, sendo referenciada por várias outras organizações certificadoras. Miller e Lawrence (2015) afirmam que, com a inundação de prestadores de credenciamento que oferecem certificações *Six Sigma*, pensava-se que um exame de certificação adequado, único e globalmente aceito estaria disponível para o mercado. Citam os autores que depois de uma revisão minuciosa de mais de 50 certificações oferecidas na *web*, verificou-se que a maioria destes programas eram muito caros para estudantes de graduação, ou exigiam a conclusão de um projeto com ganhos monetários elevados, não sendo este cenário possível para os alunos. Os autores relatam ainda que em alguns casos eles não tiveram retorno de algumas certificadoras quando questionaram sobre seus programas para universitários. Por estes fatores, segundo os autores, um Conselho de Certificação foi criado pela *Association of Technology*,

*Management and Applied Engineering* (ATMAE) para proposição de um novo modelo de certificação voltado para universitários.

Segundo Miller e Lawrence (2015), a premissa principal para a ATMAE era fornecer uma certificação acessível para universitários seguindo as orientações de organizações de acreditação reconhecidas. Segundo os autores, a ATMAE utilizou como ponto de partida o corpo de conhecimento (*Body of Knowledge*) da ASQ.

Constata-se que o processo de certificação na metodologia *Six Sigma* é fundamental para testificar o nível de conhecimento dos profissionais envolvidos. Por meio das informações coletadas observa-se que não existe um consenso quanto ao padrão a ser adotado.

Já podemos observar no Brasil, empresas de treinamento que fazem menção ou recomendam a ASQ como seu padrão de certificação. O portal *Lean Six Sigma* Brasil, que engloba a comunidade brasileira de interessados na metodologia, contando com mais de 10800 associados, recomenda em sua página de certificação a ASQ. Sugere-se que este padrão, ou o padrão da ATMAE, seja adotado como base pelos cursos de graduação para proposição de um conteúdo padrão de formação, aproximando a academia das reais exigências do mercado. Nesta mesma linha, os cursos de graduação poderiam incluir em seus programas a execução de projetos práticos para testificar a absorção do conhecimento por parte de seus alunos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem oportunidades interessantes quanto ao processo de formação dos *Belts* nos cursos de graduação em Engenharia da Produção. Observa-se que os conteúdos apresentados nas disciplinas poderiam ser padronizados em relação a uma entidade certificadora internacional como a ASQ, ou a ATMAE, sendo também relevante que, durante o curso, os alunos tivessem a oportunidade de aplicar os conhecimentos em projetos de melhoria, testificando assim a absorção do conhecimento. Atualmente, muitas instituições de ensino superior oferecem aos seus alunos conhecimentos na metodologia *Six Sigma*, por meio de disciplinas de qualidade e, em alguns casos, de disciplinas específicas. Todavia, em relação às exigências do mercado, este conhecimento não tem atendido as demandas do mercado, sendo necessário que o candidato a *Belt* participe de processos de capacitação e certificação em outros cursos, também sendo comum que organizações tenham seus próprios processos de capacitação e certificação, investimento

seus recursos na formação de seu corpo de colaboradores. Recomenda-se que este trabalho tenha continuidade em outras frentes, como, por exemplo, no estudo da aderência dos conteúdos dos cursos de Engenharia da Produção aos padrões da ASQ ou ATMAE.

Entende-se que o artigo atingiu seu objetivo identificando como os cursos de Engenharia de Produção abordam o tema *Six Sigma* em suas disciplinas.

## REFERÊNCIAS

- ABOELMAGED, M.G. *Six Sigma quality: a structured review and implications for future research*. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 27 Iss: 3, pp.268 – 317, 2010.
- FERNANDES, M. R. *Capacidade x Controle do processo*. Revista Banas Qualidade, São Paulo, v. 18, n. 203, p. 34-36. Abril, 2009.
- HOERL, R. *Six Sigma Black Belts: what do they need to know*. Journal of Quality Management, Vol. 33 No. 4, pp. 391-406, 2001.
- IASSC. Green Belt BOK. Disponível em: <<http://www.iassc.org/six-sigma-certification/Green-belt-certification/Green-belt-body-of-knowledge/>>. Acesso: 20, junho, 2017.
- INGLE, S.; ROE, W. *Six Sigma Black Belt implementation*. The TQM Magazine, Vol. 13 No. 4, pp. 273-80, 2001.
- LAUREANI, A.; ANTONY, J. *Standards for Lean Six Sigma certification*. International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 61 Iss: 1, pp.110 – 120, 2012.
- LAUX, C., FRANZE, D. *Six Sigma Higher Education Certification for Work Employability*. 4th International Technology, Education and Development Conference, Valencia, Spain, pp. 242-249, 2010.
- MAST, J.; LOKKERBOL, J. *An analysis of the SIX SIGMA DMAIC method from the perspective of problem solving*. International Journal of Production Economics 139(2) 604–614, 2012.
- MARX, M. *iSixSigma Certification Survey*. iSixSigma Magazine. Maio, 2008.
- MILLER, M.R.; LAWRENCE, H. *The ATMAE Lean Six Sigma Certification Exam: Why it Matters to You?* The Journal of Technology, Management, and Applied Engineering. v.31, n.3., 2015.

NAVEIRO, R.; CASTRO, J.E.E. Boletim Informativo Abrepro. Ano 1, n.1, pp. 15-17. Maio, 2006.

PEPPER, M.; SPEDDING, T. *The Evolution of Lean Six Sigma*. International Journal of Quality & Reliability Management, v.27, n.2, pp.138-155, 2010.

PYZDEK, T.; KELLER, P. *Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. 3 Ed. New York: McGraw-Hill, 2010.

REBELETTO, D.A.N.; FREITAS, J.N; ELIAS, L.S. *Campo de Atuação Profissional do Engenheiro de Produção: Uma perspectiva Globalizada com Enfoque em Economia e Finanças*. In: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 1998.

SANTOS, A. B. *Modelo de Referência para estruturar o programa de qualidade Six Sigma: proposta e avaliação*. São Carlos, v.1. Tese - (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos, 2006.

SANTOS NETO, S.T.D.; AZEVEDO, M.M. *A Capacitação dos Green Belts na Metodologia Lean Six Sigma: Um Mapeamento dos Cursos de Capacitação na Região do Vale do Paraíba*. São Paulo. V.1. Dissertação - (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2017.

WERKEMA, C. *Six Sigma, Introdução as Ferramentas do Lean Manufacturing*. Vol, 4, ed. Werkema, 2006.

YAMAMOTO, L. S.; SERRA, S. M. B. *Modelo avaliativo de aplicação do Lean Six Sigma em empresas construtoras*, Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n.3, p. 28138 -28149, mar, 2021, DOI:10.34117/bjdv7n3-502