Produto & Produção, vol. 21, n.2, p.35-59. 2020

RECEBIDO EM 21/11/2019. ACEITO EM 18/03/2020.

Fernanda Marques de Moura

Universidade Estadual Paulista, Engenharia de Produção, Brasil

<http://orcid.org/0000-0002-5138-1849>

Ana Lúcia Figueiredo Facin

Universidade Estadual Paulista, Engenharia de Produção, Brasil

<http://orcid.org/0000-0003-0379-4574>

Adriana Miralles Schleder

Universidade Estadual Paulista, Engenharia de Produção, Brasil

<http://orcid.org/0000-0003-2055-2200>

Diagnóstico e Proposta de diretrizes na aplicação do método DMAIC para melhoria das dimensões do Planejamento e Controle da Produção

Diagnosis and Proposal for guidelines on implementation of the DMAIC method to improve dimensions of Planning and Production Control

Resumo

Este trabalho teve como objetivo discutir sobre a utilização de ferramentas da Gestão da Qualidade na melhoria do Planejamento e Controle da Produção (PCP), visando alavancar as diferentes dimensões da competitividade. Buscou-se na literatura estudos que trabalharam com essa integração, focando na utilização de ferramentas associadas ao programa Seis Sigma e mais especificamente ao uso do DMAIC. Com as análises realizadas foi possível criar uma proposta com diretrizes para aplicação do método, com o intuito de mitigar os pontos fracos encontrados e suas possíveis consequências. Esta proposta foi separada em fases, onde em cada uma delas constam atividades sugeridas a serem realizadas, de forma cronológica. Foi possível concluir que há uma relação entre os temas citados e eficácia na utilização dos dois em conjunto. Porém, existe a necessidade de uma abordagem mais profunda a respeito dos possíveis benefícios desta integração.

Palavras-chaves: PCP, Planejamento e Controle da Produção, Gestão da Qualidade, DMAIC.

Abstract

This paper aimed to discuss about the use of Quality Management tools to improve Production Planning and Control (PPC), using levers as different dimensions of execution. The literature sought studies that work with this integration, focusing on the use of tools associated with the Six Sigma program and more specific to the use of DMAIC. With the analyzes performed, it was possible to create a proposal with rules of application of the method, in order to mitigate the weak points found and their possible consequences. This proposal was selected in phases, each of which consists of activities suggested for chronological use. This research concluded that there is a relationship between the themes mentioned and the use in the use of two together. However, there is a need for a deeper approach and respect for the possible benefits of this integration.

Keywords: *PPC, Production Planning and Control, Quality Management, DMAIC.*

1. Introdução.

Nas últimas duas décadas, devido à interdependência econômica do mundo, as indústrias depararam-se com a necessidade de realizar mudanças no processo produtivo para se adequarem à economia globalizada. Figueiredo et al., 2016 destaca que esta necessidade é crescente, e que diversos estudos surgiram com o objetivo de examinar a relação entre inovação e competitividade industrial no Brasil, resultando em uma valorização das pesquisas científicas direcionadas à gestão da produção e suas operações.

As possibilidades de melhorias são inúmeras e imprecisas, pois o termo “competitividade” é muito abrangente e pode ter relação com várias vertentes, mas quanto mais conhecimento a empresa tiver dos fatores que a envolvem, mais chance de assertividade terá para se manter no mercado (ZANELLA et al., 2016).

As empresas acabam adotando ações estratégicas, devido à concorrência, para se manterem competitivas, estas podem ser individuais ou até mesmo relacionadas a parcerias com competidores, compradores e fornecedores (CASTELLS, 2011 apud ZANELLA et al., 2016). Estas estratégias, normalmente, estão associadas a redução de custos, diferenciação de produtos, incremento da confiabilidade e redução dos prazos de entrega, melhoria no controle de qualidade e da flexibilidade visando a diversificação produtiva. Evidentemente, se torna cada vez mais desafiador o trabalho de gerir empresas considerando apenas conceitos dos sistemas tradicionais.

Sendo assim, o sistema de Planejamento e Controle da Produção (PCP) está servindo como forma de contribuição, devido às exigências internas e externas, com o objetivo de prover respostas mais ágeis ao mercado, ter bom desempenho na entrega de produtos e melhorar o controle de recursos. De acordo com Lima (2016), o PCP tem importante relevância para tomada de decisões em relação à estratégia e à competitividade, uma vez que o contexto mercadológico, onde se situa o sistema de PCP, necessita de ajustes constantes para acompanhar o ambiente competitivo.

Há indícios de benefícios em relação a implantação do sistema de qualidade e do PCP de forma conjunta e alinhada. Essa junção visa agregar valor ao sistema de PCP, além disso, este sistema incorpora características para a montagem de um sistema de gestão pela qualidade (Rapôso et al., 2019). Por meio de três níveis, planejamento, controle e aprimoramento, torna-se possível que o PCP faça

análises dos processos e viabilize oferecer ao cliente um produto e/ou serviço de qualidade superior ao que era oferecido.

Neste contexto, o programa Seis Sigma vem ganhando destaque ao ser considerado uma das práticas mais importantes para Gestão da Qualidade e melhoria de processos das últimas duas décadas. O Seis Sigma é uma filosofia de gestão e estratégia que permite que as organizações alcancem menores custos, garantindo operações competitivas. Além disso, é uma metodologia de resolução de problemas e melhoria que pode ser aplicada a qualquer tipo de processo para eliminar a causa de defeitos e desperdícios (HAKIMI; ZAHRAEE; ROHANI, 2018).

Em projetos que adotam a filosofia Seis Sigma, a metodologia DMAIC é utilizada para garantir uma sequência ordenada, lógica e pragmática das atividades. Cada letra do acrônimo tem um significado: Definição (D), Medição (M), Análise (A), Melhoria (I) e Controle (C). Esta metodologia tem como objetivo conduzir as atividades que são necessárias, indicando, passo a passo, de que forma os problemas devem ser abordados (utilizando ferramentas da qualidade) e estabelecendo uma rotina padronizada para resolver problemas (HAKIMI; ZAHRAEE; ROHANI, 2018).

Considerando o cenário aqui descrito, ao qual as atuais organizações estão sujeitas, esta pesquisa visa apresentar uma proposta de melhoria do Planejamento e Controle da Produção, ao focar no padrão de qualidade Seis Sigma, mais especificamente na utilização da metodologia DMAIC para alavancar as diferentes dimensões de competitividade. Através de uma revisão crítica da literatura sobre estes temas, a pesquisa buscou responder como é possível melhorar o PCP através de uma integração com o sistema de Gestão da Qualidade. Neste trabalho, a integração foi considerada como o compartilhamento de dados e informações entre dois sistemas de gestão através de práticas administrativas comuns e estruturadas, objetivando maior eficiência e eficácia operacional.

Constatou-se que existe a necessidade de abordar com mais profundidade a integração entre o sistema de Gestão da Qualidade e o PCP, pois foram encontrados poucos estudos envolvendo os dois sistemas de forma integrada. Por exemplo, Jesus et al. (2016) realizou um estudo de caso para identificar problemas ligados a prestação de serviço de um estabelecimento comercial, esta pesquisa não tinha como objetivo a integração dos dois sistemas, porém, foram utilizadas ferramentas de Gestão da Qualidade para detectar os problemas e abordagens de PCP para solucioná-los. Nesta mesma linha, em um trabalho realizado por Scheffer, Rocha e Beline (2017), foi utilizado o DMAIC para acompanhamento e controle de atraso na entrega de pedidos de clientes, o que demonstrou que a principal causa dos atrasos era consequência de programação e planejamento de produção realizados de forma incorreta, ou seja, uma falha do PCP. Outros exemplos de estudos recentes (YADAV; MATHIYAZHAGANY; KUMAR, 2019; MAGED et al., 2019; SINGH et al., 2019) demonstram interesse no tema desta pesquisa.

Porém, mesmo obtendo resultados positivos nestes exemplos, e em outros trabalhos analisados, foi possível identificar, entre outras problemáticas, que algumas ferramentas da Gestão da Qualidade eram utilizadas de maneira inapropriada, no que se refere ao passo a passo para sua aplicação sugerido por Werkema (2014) e às análises feitas no decorrer deste trabalho, principalmente na aplicação do DMAIC para a melhoria de dimensões do PCP, o que pode ter interferência direta nos resultados apresentados.

Neste contexto, a pesquisa contribuiu ao levantar na literatura os trabalhos que aplicaram o DMAIC para a melhoria do PCP, levantando possíveis condições inapropriadas nestas aplicações e relacionando com atividades que poderiam mitigar este problema, tendo como resultado o diagnóstico e a proposta de diretrizes para a aplicação do método DMAIC para a melhoria das dimensões do PCP.

Este artigo apresenta, além desta introdução, mais cinco seções. Na segunda seção é apresentada a literatura sobre o PCP, a Gestão da Qualidade e sobre a Gestão da Qualidade no Planejamento e Controle da Produção. Na seção 3 são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa. Na seção 4 são demonstrados os resultados da análise da literatura. Na seção 5 são propostas as diretrizes para a aplicação do DMAIC no PCP para mitigar os pontos fracos encontrados e suas

possíveis consequências. E finalmente na seção 6 são apresentadas as conclusões do trabalho, suas limitações, assim como sugestões para futuros estudos.

2. Referencial Teórico.

2.1 Planejamento e Controle da Produção.

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é responsável por decidir a melhor forma de aplicar os recursos de produção para que seja realizado o que foi previsto. Com planejamento e controle é realizada a conciliação entre o que o mercado exige e o que as operações conseguem fazer, ou seja, possibilita que os sistemas, procedimentos e decisões relacionem os diversos aspectos da oferta e da demanda. O objetivo é efetuar a relação entre suprimento e demanda em termos de volume, tempo e qualidade, garantindo que os processos produtivos aconteçam de forma eficaz e eficiente, produzindo serviços e produtos desejados pelo consumidor (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

A diferença entre planejamento e controle não é muito específica, na prática e teoricamente, mas é possível distinguir alguns aspectos gerais. O ato de realizar um planejamento é formalizando na previsão de atividades para um determinado período de tempo no futuro. Durante a realização deste plano imprevistos podem surgir e o processo de controle é justamente responsável por lidar com estes imprevistos, fazendo ajustes que possibilitem que a operação consiga atingir os objetivos do planejamento, mesmo que as suposições feitas no plano não se confirmem inteiramente, sempre levando em conta novas ocorrências (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

O PCP tem papel fundamental no alcance das exigências competitivas do mercado, uma vez que tem como função planejar *o que, quando, como, onde e por quem* cada item será produzido, além de gerenciar as atividades do processo produtivo de forma a satisfazer a demanda dos consumidores finais. Outro fator chave é que o planejamento e controle são realizados utilizando dados e indicadores coletados anteriormente, com o foco em melhoria, deste modo, é mantido uma postura proativa aos problemas.

2.2. Gestão da Qualidade.

Desde a época em que os produtos eram fabricados de forma manual por artesões, atendendo a necessidade do cliente que o procurava, havia o princípio de qualidade, de forma embrionária, o foco do controle da qualidade era o produto e não o processo, onde o próprio artesão inspecionava todos os produtos após a finalização (RIBEIRO NETO; TAVARES; HOFFMANN, 2017).

Este modelo existiu até o final do século XIX, neste período era comum ocorrer o chamado “susto dimensional”, onde, por exemplo, o tamanho de um veículo era diferente de outro produzido sob o mesmo projeto. Isto ocorria devido ajustes que eram feitos nas peças separadamente por pessoas diferentes, como artesões, sem a utilização de conceitos importantes de qualidade, como o de confiabilidade, metrologia, tolerância e especificação (RIBEIRO NETO; TAVARES; HOFFMANN, 2017).

Com a Revolução Industrial a customização foi substituída pela padronização, trazendo uma nova ordem produtiva na qual se destacava a produção em larga escala. Com isso, a produção foi fragmentada, tornando cada colaborador responsável por uma parte, tendo domínio apenas da etapa em que foi designado. Um importante método de racionalização do trabalho industrial foi desenvolvido pelo

engenheiro norte-americano Frederick Winslow Taylor (1856-1915), chamado de taylorismo, o qual constituiu o ponto de partida da reflexão sobre a relação entre o indivíduo e o trabalho. Para Taylor, as atividades deveriam ser estruturadas de modo preciso e científico, para que fosse possível maximizar a utilização das capacidades de cada trabalhador. Em resumo, a visão taylorista para o trabalho pode ser categorizada em cinco pontos principais: especialização, seleção e treinamento rigoroso, supervisão contínua do trabalho, ênfase em evitar desperdícios e fracionamento do trabalho (RODRIGUES, 2014).

Henry Ford, inspirado diretamente pelas ideias de Taylor, de 1908 a 1927, alinhou a linha de montagem da Ford para a produção de apenas um modelo de carro, em uma única cor, impactando em mudanças no setor industrial, o qual passou a investir em capacidade para atender à demanda, que até então, nesta época e de forma geral, era maior que a oferta. Nesta época houve grande evolução no conceito do controle da qualidade, como por exemplo, Ford utilizou um sistema padronizado de medida para todas as peças, racionalizando o trabalho industrial. Por mais que neste período o foco da qualidade ainda fosse a inspeção, os conceitos desta área já estavam deixando de serem embrionários, direcionando a atenção para os processos de produção e a conformidade dos produtos (RODRIGUES, 2014).

Durante a Segunda Guerra Mundial, o controle estático da qualidade se difundiu, mas foi após a guerra que novos conceitos da Gestão da Qualidade surgiram. Na década de 50 foi proposta a primeira abordagem sistêmica, e criado um modelo que aderiu ao planejamento e apuração de custos da qualidade, além disso, houve a formulação do sistema de Controle da Qualidade Total (TQC – *Total Quality Control*), o qual, depois de alguns anos, se tornou a base das normas da série 9000 publicadas pela *International Organization for Standardization* (ISO). Paralelo a isto, no Japão, também desenvolvia conceitos fundamentais para uma boa Gestão da Qualidade, nos quais foram incorporados aspectos relacionados à participação dos funcionários e da alta gerência na implementação do sistema de Gestão da Qualidade da organização (RIBEIRO NETO; TAVARES; HOFFMANN, 2017).

Posteriormente, aderindo fundamentos do modelo japonês, *Company Wide Quality Control* (CWQC), o modelo TQC passou a ter como foco o conceito de melhoria contínua, ou seja, a busca pela perfeição (*kaizen*), além disso, o sistema de parcerias e alianças com fornecedores também se tornou fundamental. Adicionalmente, o modelo japonês apresentou ferramentas da qualidade que futuramente seriam utilizadas pelos Círculos de Controles de Qualidade (CCQs). Outros conceitos como o da produção enxuta ou “*lean production*” também tiveram forte influência nesse novo modelo do TQC (CORRÊA; CORRÊA, 2017).

Com a expansão da globalização, em 1987, surgiu o modelo normativo da ISO (*International Organization for Standardization*) para a Gestão da Qualidade, a série 9000 que mostra diretrizes para aplicação de Sistemas de Garantia da Qualidade, que são regidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) no Brasil. Esta série pretende auxiliar as organizações a atingirem sucesso através do gerenciamento de sistema de gestão voltado à qualidade, por conta disso, se difundiu rapidamente, sendo requisito de ingresso em diversas cadeias produtivas (LOPES; CARDOSO; FARIA, 2018).

A única norma, dentre as normas da série ISO 9000, suscetível a certificação é a Norma ABNT NBR ISO 9001:2015, a qual está na terceira edição. Da versão anterior (ABNT NBR ISO 9001:2008) para a atual foram modificadas algumas terminologias e a estrutura de seções. Com esta versão a organização pode decidir a necessidade de manter informação documentada do Sistema de Gestão da Qualidade (ISO, 2015). Portanto, esta alteração permite que as organizações busquem a melhor forma para adquirir aos critérios da Norma. Porém, a mesma reitera que para o sucesso de um sistema de gestão ISO, a alta direção deve estar alinhada com a proposta de atender aos requisitos estabelecidos. Juntamente com o representante da qualidade, a alta direção estabelece critérios e metas para a empresa em conformidade com a ISO 9001:2015, de acordo com a realidade organizacional, além disso, deve disseminar e fazer com que seja realizado todo o sistema (ISO, 2015).

Assim, temos alguns conceitos da Gestão da Qualidade moderna, a qual reintegra elementos da época artesanal, como buscar aproximação com as demandas dos clientes e maior customização, mesmo que em escala. Como isto pode interferir na vantagem competitiva, aguçou o interesse de teóricos da área da estratégia e administração para a área da qualidade (CORRÊA; CORRÊA, 2017).

Na década de 1980 a Motorola desenvolveu o programa Seis Sigma, o qual apresenta uma junção de características dos modelos anteriores, promovendo um alinhamento estratégico da qualidade; em essência, é um método para melhorias radicais, promovendo mudanças significativas nas organizações que resultem em melhorias nos processos, produtos e serviços, com foco na satisfação dos clientes (TUCCI, 2016). O objetivo do programa é melhorar a capacidade das etapas do processo, possibilitando a eliminação de etapas desnecessárias e a redução de tempo de operação, buscando eliminar a variação e gerenciar a complexidade. Segundo Tucci (2016), a escala do programa é usada para transformar a quantidade de defeitos por milhão em um número na Escala Sigma, a meta é chegar a zero defeitos, mais especificamente não mais que 3,4 defeitos para cada milhão de operações realizadas. Quanto maior o sigma, melhor serão os produtos ou serviços oferecidos, o que implica que quanto maior o sigma, menores serão os defeitos apresentados.

Com a ênfase em identificar causas-raízes de problemas e variabilidades no processo, o programa Seis Sigma se constitui de estrutura organizacional, um método para a melhoria e técnicas estatísticas e não estatísticas (CORRÊA; CORRÊA, 2017). Pode ser visto como uma estratégia gerencial, com objetivo de aumentar o desempenho e lucratividade das empresas utilizando a melhoria contínua em processos, produtos e serviços, bem como, a satisfação dos clientes. Essa ferramenta passou por diversas alterações desde sua implementação, em uma delas, foram introduzidas técnicas não estatísticas, como o Lean Manufacturing, a qual deu origem ao termo Lean Seis Sigma (DALLA VALLE et al., 2017).

A integração do Lean Manufacturing e o Seis Sigma, em termos conceituais, tem como princípio trazer o foco, principalmente, para a eliminação dos desperdícios e no aumento da velocidade dos processos do Lean, juntamente com a redução da variabilidade e, conseqüentemente, dos defeitos do Seis Sigma (ABRAHAM, 2017).

O Seis Sigma utiliza como método para promover a melhoria o DMAIC, este método tem como objetivo solucionar problemas e executar projetos, e tem forte contribuição para o atingimento das metas estratégicas traçadas por uma organização (WERKEMA, 2014). O método é constituído por cinco etapas que podem ser descritas de maneira sucinta da seguinte forma:

1. D – *Define* (Definir): Nesta etapa, a meta, ou problema, e o escopo do projeto devem ser claramente definidos;
2. M – *Measure* (Medir): Nesta segunda fase é feito a estratificação do problema principal encontrado na etapa “D”, podendo ser dividido em diversos outros pequenos problemas, facilitando suas resoluções;
3. A – *Analyse* (Analisar): Determinar as principais causas dos problemas prioritários, conforme a etapa anterior;
4. I – *Improve* (Melhorar): É nesta etapa que serão geradas ideias para resolução dos problemas, posteriormente estas devem ser refinadas e priorizadas;
5. C – *Control* (Controle): Esta é a última etapa, em que é necessário realizar ações para garantir que a meta seja mantida a longo prazo.

Para o desenvolvimento e atingimento dos objetivos de cada etapa é necessário um conjunto de atividades, em cada uma delas pode-se utilizar diversas ferramentas que sejam coerentes com o tipo de atividade e o que se deseja obter da mesma. O Quadro 1 relaciona as etapas do DMAIC com as atividades e ferramentas sugeridas pela literatura que podem ser utilizadas em cada fase.

Quadro 1 - Relação de atividades por etapas do DMAIC.

<i>Atividades</i>	
D	Descrever o problema e definir a meta.
	Avaliar: histórico do problema, retorno econômico, impactos sobre os clientes e estratégias da empresa.
	Avaliar se o projeto é prioritário para a unidade de negócio e se será apoiado pela alta administração.
	Definir os participantes da equipe e sua responsabilidade, as possíveis restrições e suposições e o cronograma preliminar.
	Identificar as necessidades dos principais clientes do projeto.
	Definir o principal processo envolvido no projeto.
M	Definir entre as alternativas de coletar novos dados ou usar dados já existentes na empresa.
	Identificar a forma de estratificação para o problema.
	Planejar a coleta de dados.
	Preparar e testar os Sistemas de Medição/Inspeção
	Coletar de dados.
	Analisar o impacto das várias partes do problema e identificar os problemas prioritários.
	Estudar as variações dos problemas prioritários identificados.
	Estabelecer a meta de cada problema prioritário.
A	Analisar o processo gerador do problema prioritário.
	Identificar e organizar as causas potenciais de problemas prioritários.
	Priorizar as causas potenciais de problema prioritárias.
	Quantificar a importância causas potenciais de problema prioritárias.
I	Gerar ideias de soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais do problema prioritário.
	Priorizar as soluções potenciais.

	Avaliar e minimizar os riscos das soluções prioritárias.
	Testar em pequena escala as soluções selecionadas.
	Identificar e implementar melhorias ou ajustes para as soluções selecionadas, caso necessário.
	Elaborar e executar um plano para a implementação das soluções em larga escala.
C	Avaliar o alcance da meta em alta escala.
	Padronizar as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas.
	Transmitir os novos padrões a todos os envolvidos.
	Definir e implementar um plano para monitoramento da performance do processo e do alcance da meta.
	Definir e implementar um plano para tomada de ação corretiva caso surjam problemas no processo.
	Sumarizar o que foi aprendido e fazer recomendações para trabalhos futuros.

Fonte: Adaptado de Werkema (2012, 2014).

2.3. A Gestão da Qualidade no Planejamento e Controle de Produção.

Conforme visto nas seções anteriores, tanto a Gestão da Qualidade como o Planejamento e Controle da Produção têm grande importância estratégica para organização, porém existem algumas barreiras para o sucesso do PCP que se consolidam em erros internos nas atividades deste departamento. Algumas dessas barreiras se dão pelo não envolvimento da alta gerência, planejamento inadequado, processo não desenhados adequadamente e a falta de cooperação entre os departamentos (ALI; MILLER, 2017).

A satisfação dos clientes é uma consequência da excelência do serviço prestado, o que está diretamente ligada ao bom desempenho das atividades do PCP, principalmente as relacionadas com o plano de produção e, conseqüentemente, à efetiva entrega dos produtos aos clientes finais. Portanto, é evidente a necessidade de adequar o sistema de Planejamento e Controle com a estratégia e os processos para atender as exigências do mercado.

Com este cenário, é necessário envolver abordagens de Gestão da Qualidade e Planejamento Estratégico, com o objetivo de integrar as funções do PCP com outras áreas, obtendo uma administração capaz de tomar decisões adequadas no presente, impactando no futuro.

A trilogia de Juran e Gryna (1991) enfatiza que é possível focar e controlar a qualidade visando à satisfação do cliente com três pilares: planejamento (foco no que o cliente necessita), controle (manutenção dos níveis operacionais) e aprimoramento (redução dos níveis de perdas crônicas). Estes três níveis possibilitam ao PCP analisar seus processos e viabilizar ao cliente um serviço com qualidade superior ao oferecido anteriormente, sem essas considerações.

Sendo assim, alguns autores propuseram a aplicação da Gestão da Qualidade diretamente no PCP, com o fim de aumentar a eficiência deste. Algumas destas propostas e seus respectivos resultados serão apresentados a seguir, afim de elucidar a aplicação de conceitos da Gestão da Qualidade no PCP.

A pesquisa, elaborada por Sukster (2005), propôs uma junção de diretrizes para a integração entre o Sistema de Gestão da Qualidade, visando a certificação ISO 9001, e o Planejamento e Controle de Produção. A proposta foi baseada em dois estudos empíricos elaborados em duas obras civis de uma mesma empresa construtora, visando a melhoria na utilização dos dois sistemas na gestão da produção e no gerenciamento de empreendimentos.

O mesmo autor, após a implementação e análise dos resultados dos dois sistemas, verificou a possibilidade de utilizar procedimentos e planilhas conjuntas do PCP com o Sistema de Gestão da Qualidade, como integrar o planejamento de obra com o controle de serviços, com objetivo de aumentar o comprometimento das equipes, reduzir as não conformidades na execução dos serviços e melhorar a gestão do empreendimento.

Durante o desenvolvimento da pesquisa os dois sistemas foram melhorados e integrados, constatando que ao melhorar alguns aspectos como a introdução de um controle de qualidade participativo dos colaboradores obtinha-se impacto positivo na eficácia de ambos os sistemas, o mesmo ocorre quando há maior participação nos processos de planejamento e controle de processos, melhorando, também, a integração entre os sistemas (SUKSTER, 2005).

Outro trabalho relacionando Gestão da Qualidade e PCP foi realizado na área farmacêutica, onde Coelho (2009) diagnosticou o sistema de PCP em empresa da área com o objetivo de aplicar uma proposta de melhorias na gestão desse sistema para a manufatura. Para isso, o autor utilizou o método DMAIC, método utilizado no Programa Seis Sigma, para a verificação de oportunidades de melhoria e solucionar possíveis problemas.

Para a realização do estudo de caso, Coelho (2009) traçou métricas selecionadas e monitoradas, obtendo resultados positivos após as ações tomadas. Estes resultados foram consequência da criação de uma boa relação, baseada em credibilidade e tempo de resposta de informações para a tomada de decisão, entre PCP e o nível executivo. O trabalho mostrou que indicadores de processo para a área de PCP no atendimento ao cliente interno resultam em melhoria na satisfação dos clientes externos.

Em um artigo realizado por Jesus et al., (2016) mostra a utilização da Gestão da Qualidade e do PCP para a avaliação da gestão em um estabelecimento comercial, para que isso fosse possível, os autores fizeram um estudo de caso com o objetivo de usar abordagens de Gestão da Qualidade, como *brainstorming* e Matriz GUT, em busca de problemas que poderiam comprometer o serviço prestado pelo estabelecimento.

Deste modo, foi possível fazer a identificação do problema, que consistia na indisponibilidade de produto, consequentemente, a proposta de melhoria para esse caso estava diretamente relacionada com o PCP, portanto, a abordagem utilizada para resolução do problema foi voltada a esse sistema, buscando um modelo viável para o tipo de empresa de previsão de demanda. Embora o objetivo neste trabalho não era a integração do sistema de Gestão da Qualidade e do PCP, é possível notar que foi utilizado os dois sistemas, ferramentas da Gestão da Qualidade para identificar o problema e abordagens do PCP para solucionar. Mais uma vez mostrando a eficácia dos dois sistemas trabalharem de forma conjunta.

Seguindo a mesma linha do trabalho anterior, Scheffer, Rocha e Beline (2017), aplicando métodos que identificam e solucionam problemas e ferramentas da qualidade que resultam na diminuição de defeitos e falhas de produtos e processos, utilizaram o método DMAIC para acompanhamento e controle de atraso na entrega de pedidos de clientes de uma empresa que produz autoclaves de mesa e outros equipamentos. A análise demonstrou que a principal causa de atrasos na entrega de pedidos de clientes estava relacionada com o envio de informações atrasadas para a pré-montagem, consequência, principalmente, de questões de programação e planejamento incorretos e atraso de fornecedores, ou seja, uma falha na parte do PCP.

Um estudo realizado por Yadav, Mathiyazhagan e Kumar (2019) também utilizou o método DMAIC com o objetivo de melhorar o rendimento da produção de um modelo específico de para-brisa de um carro. Anterior a aplicação do método, havia baixo desempenho da produção e muitas peças eram rejeitadas pelo controle da qualidade, ou seja, eram produzidos muitos para-brisas defeituosos. O método possibilitou a descoberta da causa raiz do problema e a forma de solucioná-lo, tendo como resultado da aplicação um rendimento de 93,57%, contra o rendimento histórico da produção de 88,4%. Portanto, este estudo mostrou que é bastante satisfatório o uso deste método para a melhoria do processo, resultando em redução de defeitos no processo de fabricação e, consequentemente, evitando atrasos e retrabalhos. Reforçando esta abordagem, um outro trabalho realizado por Maged *et al.* (2019) também utilizou o mesmo método com a mesma finalidade: identificar os principais problemas de qualidade, com relação a defeitos nos produtos, e eliminar as causas. Esta aplicação resultou em uma redução significativa da taxa de rejeição de peças produzidas por uma injetora de plásticos.

Já o estudo produzido por Singh *et al.* (2019), teve como objetivo a produção enxuta, eliminando desperdícios, com foco no mapeamento do fluxo de valor. Utilizando a metodologia Seis Sigma para o gerenciamento de operações industriais, com o método DMAIC para análise da causa raiz dos problemas analisados. Neste caso, anterior à aplicação a unidade de fabricação em questão sofria com alto *lead time* de produção e estoque em andamento (WIP). Após a realização do mapa de estado futuro, em comparação com o atual, observou-se que o *lead time* foi reduzido em 14,88%, o tempo de processamento em 14,71% e o desperdício de movimentação de material em 37,97%. Sendo assim, de acordo com o proposto no modelo, os estoques do WIP foram reduzidos em 17,76% e a força de trabalho em 17,64%, resultando em maior lucratividade e, principalmente, redução significativa de custos.

Pela análise destes estudos, é possível notar que o PCP aliado a Gestão da Qualidade pode resultar em ótimos resultados em relação redução de falhas e resolução de problemas no processo produtivo, seja em empresas de construção civil, farmacêuticas, bares, de produção de autoclaves ou qualquer outra área. O uso de ferramentas da área da Gestão da Qualidade no PCP possibilita identificar, priorizar por grau de importância, reduzir ou eliminar causas de problemas, dentre outros benefícios.

3. Procedimentos Metodológicos.

Conforme mencionado anteriormente, através de uma revisão crítica da literatura, esta pesquisa buscou responder como é possível melhorar o PCP através de uma integração com o sistema de Gestão da Qualidade.

O objeto de estudo consistiu na análise das publicações encontradas, relacionadas com o tema, ou seja, trabalhos que de alguma forma, direta ou indiretamente, correlacionaram o Planejamento e Controle da Produção com a Gestão da Qualidade utilizando o método DMAIC. Possibilitando uma análise e diagnóstico de como este método vem sendo aplicado no PCP, levantando os pontos fracos, fortes e os desafios encontrados dessas aplicações. Assim, foi possível propor diretrizes para a aplicação do DMAIC em projetos associados à melhoria do PCP, esperando-se assim melhores resultados nestas aplicações e impactando nas diferentes dimensões de competitividade.

O processo de revisão da literatura, assim como proposto por Nakano e Muniz (2018), consistiu de: em um primeiro instante, definição do tema (melhorar o PCP através de uma integração com o sistema de Gestão da Qualidade, em especial com a utilização do método DMAIC); em seguida, foram selecionados, lidos e sumarizados um primeiro conjunto de referências sobre o tema; na fase seguinte, foi avaliada a abrangência e profundidade em relação ao tema deste conjunto de referências; e não sendo atingidos níveis de abrangência e profundidade satisfatórios, novas buscas por material bibliográfico foram executadas até que se obtivesse um conjunto de referências satisfatório sobre o tema.

Para a coleta dos dados foram utilizadas como ferramentas o portal do Google Acadêmico, o portal CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e o portal da Web of Science da Clarivate Analytics, tomando-se o cuidado de buscar diferentes fontes. Foram selecionados trabalhos de conclusão de curso, teses, dissertações, e artigos publicados em periódicos e anais de congressos, na área de Engenharia de Produção de 2010 a 2019.

Todo o material bibliográfico encontrado foi utilizado primeiramente para estabelecer o referencial teórico necessário para o desenvolvimento do estudo aqui apresentado (este referencial foi brevemente apresentado na seção 2 teste artigo). A partir da análise deste referencial foi possível identificar a necessidade de melhor desenvolvimento do estado da arte sobre a integração entre o sistema de Gestão da Qualidade e o PCP, pois a literatura atual ainda não discutiu de forma ampla este tema.

Em uma fase posterior, após a leitura de cada documento encontrado, foram destacadas em um quadro as informações dos mais relevantes, contendo os pontos fortes e fracos encontrados em relação aplicação do método DMAIC e o objetivo da utilização. A criação de um quadro que sumarie as informações encontradas também é sugerida por Nakano e Muniz (2018). Dentre os estudos encontrados, foram selecionados os mais relevantes, um total de 26 trabalhos, e identificados os pontos fortes e fracos na realização do método DMAIC e com qual objetivo, ou seja, o que os autores estavam pretendendo realizar com a aplicação do método. O Quadro 2 apresenta uma versão resumida desta análise contendo os trabalhos mais recentes, de 2017 a 2019.

Além disso, foram elaborados gráficos para demonstrar as principais problemáticas encontradas e para verificar a forma de realização do método em cada fase. Esta análise é apresentada em mais detalhes na próxima seção.

Quadro 2 - Pontos fortes e fracos da utilização do DMAIC em problemas relacionados ao PCP.

	Fonte	Setor	Utilização do DMAIC	Pontos Fortes	Pontos Fracos
1	Gorgulho et al. (2017)	Indústria automotiva	Aplicar o projeto Seis Sigma com intuito de melhorar o planejamento de produção e mitigar os atrasos de entrega ao cliente.	Todas as metas de diminuição de tempo foram excedidas, exceto a em relação ao tempo de setup.	Necessita que a equipe esteja comprometida, entenda a metodologia, escolha e utilize as ferramentas de forma adequada.
2	Scheffer, Rocha e Beline (2017)	Produção de autoclaves	Melhorar a atividade de programação da produção na tentativa de reduzir o atraso na entrega de pedidos, paradas não programadas, horas de retrabalho e outros problemas relacionados.	Soluções simples de serem executadas e sem custo. O DMAIC é viável no auxílio da programação da produção para reduzir os atrasos na entrega de pedidos.	As soluções podem depender de outros setores não envolvidos no projeto, o que pode ser tornar um entrave para a aplicação; tempo para aplicação pode impossibilitar a implementação das fases “melhorar” e “controlar”.
3	Sacamoto e Barbosa (2017)	Centro de distribuição	Melhorar as práticas de gestão de estoques através do desenvolvimento de ações embasadas pela metodologia DMAIC, com intuito de	Ganhos na eficiência dos processos e acurácia de controles, contribui para o aumento da agilidade do processo, otimização do espaço;	Necessidade de colher dados dos sistemas em várias etapas do projeto; engajamento da equipe e comunicação efetiva entre os envolvidos nos processos-chave

			aumentar a eficiência do processo.	melhorias em controles e gestão.	influenciam diretamente nos resultados.
4	Lima e Galdamez (2017)	Indústria moageira de trigo	Realizar um plano de manutenção, baseado em um método para auxiliar a indústria a registrar, controlar e reduzir as paradas não programadas.	O DMAIC cumpriu com a finalidade inicial e também contribui para construção do modelo do plano de manutenção. Proporcionou ganhos financeiros relevantes.	Necessidade de pré-estudo para não gerar retrabalho durante o projeto; tempo para aplicação pode impossibilitar a implementação da fase “melhorar” e negligenciar a fase “controlar”.
5	Andrade, Andrade e Peruchi (2017)	Indústria calçadista	Analisar as paradas não programadas por manutenção corretiva. Identificar as dificuldades em atender o plano de produção. Analisar a capacidade do processo.	Estrutura coerente e ordenada de raciocínio, que proporciona maior entendimento da problemática, traduzindo de forma mensurável e pertinentes ao tempo médio entre as falhas.	Necessidade de dados históricos confiáveis. Necessidade de validação dos dados por alguns departamentos, o que pode tornar a metodologia ainda mais lenta.
6	Conza Callo (2017)	Indústria têxtil	Analisar o processo, detectando os problemas em relação a atrasos no tempo de empresa e nos custos operacionais.	Estratégia baseada em estatística, quando se tem dados confiáveis é possível detectar operações desnecessárias, reduzir o tempo do processo, custos e atrasos nas operações.	Alto tempo para aplicação da metodologia; necessidade de treinamento e comprometimento da gestão e da equipe; fase controlar apenas como uma comprovação das melhorias.
7	Martins Rosa e Broday (2018)	Indústria e serviços	Analisar a implementação e a aplicação de ferramentas do Seis Sigma em diversos setores industriais e de serviço.	Indústria: custos reduzidos e aumento da produtividade do processo de produção. Serviços: melhorias na eficiência do processo e na satisfação do cliente e economia.	Indústria: comprometimento dos colaboradores e a falta de conhecimento ou treinamento de funcionários. Serviços: além dos iguais da indústria, dificuldades na obtenção de uma visão macro do processo e baixo investimento.
9	Melo et al. (2018)	Higiene	Melhorar a eficiência produtiva, com o intuito de reduzir a ordem de desperdícios.	Possibilita reduzir os desperdícios, perda de matéria-prima; eficiência produtiva com recursos básicos.	Falta de domínio da metodologia e suas ferramentas pode não trazer os resultados totais que poderia.
10	Souza (2018)	Metalúrgico	Analisar previamente o processo e análise após a implementação da lógica de modelagem com as fases D e M, com foco no aumento da produtividade industrial.	É possível utilizar a metodologia, apenas com duas etapas, para validar melhorias na produção, como a automatização e otimização de sistemas.	Necessidade de dados confiáveis.

1 1	Carbajal e Escalante (2018)	Serviços logísticos de informação	DMAIC junto com Hoshin Kanri, para analisar os objetivos da empresa, a visão considerando as principais causas de atrasos na entrega para o cliente e propor melhorias.	DMAIC é adequado para determinação dos problemas e análises dos dados que, analisados com detalhes e de forma sistemática, ataca as causas raízes.	É necessário maturidade da empresa; precisa estar preparada para mudanças, ter colaboradores comprometidos que conheçam detalhadamente o processo e as ferramentas de melhoria.
--------	-----------------------------	-----------------------------------	---	--	---

Fonte: Autoria própria (2019)

4. Resultados da análise da literatura.

Com a análise cronológica da bibliografia analisada, é possível concluir que a cada ano a aplicação do DMAIC foi feita em diferentes problemáticas em relação às dimensões que afetam o PCP. Nota-se que nos últimos cinco anos os realizadores dos estudos de caso, levantados nesta pesquisa, optaram por utilizar a metodologia de forma mais enxuta, realizando apenas as duas primeiras fases ou até a terceira, terminando a aplicação com um plano de implementação de melhorias. Além disso, pode ser observado o emprego da metodologia com algumas outras adaptações, como adição de mais uma fase e em conjunto com o ciclo PDCA, por exemplo. Outro ponto que pode ser citado como crescente com o passar dos anos foi a utilidade do DMAIC para solucionar ou propor melhorias que envolvessem problemas relacionados a paradas não programadas da produção e atrasos para entrega ao cliente.

A Figura 1 demonstra os problemas solucionados com a utilização do DMAIC no processo produtivo de forma agrupada, ou seja, a quantidade dos estudos analisados que solucionou uma mesma problemática, algumas dessas foram solucionadas em conjunto com outras.

Figura 1 - Problemas solucionados com DMAIC agrupados

Fonte: autoria própria (2019)

Observando a Figura 1 é possível inferir que o DMAIC conseguiu solucionar, com mais frequência, problemas relacionados ao plano da produção, cerca de oito estudos apontaram esta problemática, dentro deste tema encontraram-se adversidades como erro na previsão da demanda, falta de materiais, planejamento inadequado das ordens de produção, excesso de retrabalho que causa atrasos, problemas com a rotina de trabalho, entre outras.

Em segundo lugar, o método foi bastante utilizado para resolver atrasos no prazo de entregas ao cliente e aumentar a produtividade, estas duas pautas foram tratadas cada uma em seis estudos. Outro problema solucionado com o DMAIC com frequência, apontado em cinco estudos, foi em relação a paradas não programadas, seguido pela categoria de variação indesejada no processo, apresentado em quatro trabalhos. As demais utilizações foram para garantir a melhoria contínua, aumentar o nível sigma, aumentar a produtividade, solucionar a ineficiência no controle de estoque e reduzir os desperdícios.

Analisando as cinco aplicações que mais foram trabalhadas nos estudos (plano de produção, atraso no prazo de entrega ao cliente, aumento da produtividade, paradas não programadas e variação no processo), nota-se que são as que tem ligação direta em relação ao Planejamento e Controle da Produção, pois cada uma dessas categorias influenciam as dimensões tratadas pelo PCP. Com isso é possível afirmar que de fato o uso do DMAIC como metodologia para solucionar problemas envolvendo o PCP foi eficaz nestes casos.

4.1. Desafios na aplicação do DMAIC.

Com base nas considerações apresentadas é possível criar categorias que agrupem as principais dificuldades, partindo dos pontos fracos analisados, para a aplicação do DMAIC nas áreas relacionadas

ao PCP. Assim, é possível identificar como esta aplicação pode ser feita para otimizar os resultados, solucionando ou mitigando as dificuldades encontradas.

Neste contexto, a Figura 2 apresenta as categorias criadas pelo agrupamento das dificuldades encontradas por tema e quantidade de estudos nos quais estas dificuldades foram observadas na aplicação do DMAIC, bem como na manutenção das melhorias. Estas categorias foram estabelecidas com base no que foi discutido nas seções anteriores deste trabalho.

Figura 2 - Categorias chaves agrupadas
Fonte: Autoria própria (2019)

Analisando a Figura 2, é possível verificar que a categoria que relaciona a maior parte dos estudos analisados como um ponto essencial para o sucesso ou insucesso da aplicação do método é o comprometimento da equipe e de outros setores envolvidos, cerca de treze trabalhos citaram esta característica. A próxima mais citada foi a categoria relacionada com o tempo de aplicação, onze estudos apontaram que esta característica do método dificulta a aplicação, pois em muitos casos devido ao tempo disponível para a realização do projeto não se completou o ciclo do DMAIC, impossibilitando a implementação das melhorias.

Entre os trabalhos, nove indicaram que treinamentos e o conhecimento da equipe sobre o DMAIC e suas ferramentas tem peso significativo para o sucesso da utilização da metodologia. A próxima categoria, com oito estudos que a citaram, foi em relação a dependência de dados históricos, uma vez que ao contar apenas com esse tipo de informação pode levar a uma análise errônea, se a organização não alimentar estes dados de forma correta. Outro aspecto fundamental que foi observado é em relação a fase controlar, em muitos estudos esta fase foi negligenciada, houveram casos em que a mesma não foi realizada, em outros foi realizada como um plano de implementação de melhorias ou não foram utilizadas nenhuma das ferramentas recomendadas para essa fase, sete estudos se enquadram em um desses casos.

As demais categorias (pré-estudo para validação dos dados, alinhamento, problema bem definido, adaptação e uso de outras metodologias, resistência a mudanças e planejamento dos membros da equipe), também são importantes para garantir o sucesso da aplicação da metodologia, mas receberam uma importância menor nos estudos analisados.

Fazendo uma análise mais minuciosa dos pontos levantados, pode-se deduzir que algumas dessas categorias poderiam ser solucionadas ou amenizadas com a solução de outras. Como por exemplo, ao realizar treinamentos para os funcionários envolvidos adquirirem conhecimento da metodologia, entendendo o porquê da utilização e, conseqüentemente, entendendo a necessidade de mudanças, talvez mitigasse a questão da resistência a mudanças dos mesmos, além de poder ajudar em relação ao comprometimento da equipe e dos setores envolvidos. Outro exemplo pode ser dado em relação ao pré-estudo, ao realiza-lo poderia ajudar na questão da dependência dos dados históricos, pois o estudo poderia ajudar na validação desses dados, analisar se estão coerentes com a realidade. Outros pontos que também poderia influenciar é em relação ao problema bem definido, alinhamento com a estratégia de produção e a estratégia do negócio e, possivelmente, em um melhor planejamento para aplicação da metodologia, impactando no tempo de realização e, conseqüentemente, evitando que as melhorias não fossem realizadas ou que a fase controlar fosse negligenciada.

4.2 . Considerações gerais sobre a aplicação do DMAIC e seus efeitos no PCP.

De modo geral, pode-se perceber algumas características e pontos em comum na maioria dos documentos estudados. Os envolvidos com a aplicação do projeto Seis Sigma, utilizando o DMAIC, necessitam ter competências desenvolvidas sobre o uso das ferramentas da qualidade; por exemplo, saber como, quando, e porque utilizá-las na organização ou no processo. A coleta de dados necessita ser precisa e os estudos estatísticos padronizados, uma vez que através destas fases é que são direcionadas as ações de melhoria e contenção de falhas, porém nem sempre os dados que são fornecidos pelos sistemas da empresa são totalmente confiáveis. Outro ponto importante é em relação ao tempo de execução, a aplicação total do DMAIC pode levar meses, como no estudo de número 6 (Quadro 2) que demorou seis meses para completar o ciclo, ou seja, demanda tempo e planejamento, pois a falta deste último pode gerar retrabalho e aumentar ainda mais o tempo necessário para finalizar o ciclo.

A fase “controlar” da maioria dos documentos foi negligenciada, muitas vezes devido ao tempo para terminar a aplicação do método, onde os trabalhos não terminavam o ciclo, em outros casos a fase foi pouco explorada, sem utilização de ferramentas que poderiam ser utilizadas para alcançar o objetivo da mesma, estes pontos são problemáticos, pois esta fase é de extrema importância para a perpetuidade das melhorias. O DMAIC defende que a busca e a priorização de melhorias necessitam de uma abordagem consistente, que fixe a aplicação em aspectos técnicos e estratégicos da empresa e poucos destes documentos estudados demonstraram preocupação com o aspecto estratégico. Quando a problemática encontrada envolve mais de um departamento, a equipe do projeto deve conter pelo menos um funcionário de cada departamento envolvido, pois quando isto não ocorre, pode haver retrabalho, análises insatisfatórias e melhorias impraticáveis.

Além disso, a maturidade da empresa para a implementação da ferramenta Seis Sigma, é um dos pontos chaves para obter sucesso nos projetos. Uma vez que o ciclo DMAIC não se limita em buscar apenas à qualidade do produto, mas a melhoria de uma maneira geral, incluindo todos os processos da organização, os maquinários, a mão-de-obra, os procedimentos e outros.

Alguns estudos não realizaram o ciclo completo, em grande parte devido ao tempo necessário para isto, mesmo assim conseguiram extrair bons resultados, detectando problemas e planejando possíveis melhorias no processo, que analisadas pelos responsáveis, trariam boas otimizações ou mitigariam algum problema específico.

5. Diretrizes Propostas.

As análises realizadas e os conceitos apresentados possibilitaram a proposição de diretrizes para a aplicação do DMAIC no PCP, com o intuito de mitigar os pontos fracos encontrados e suas possíveis consequências. Essa proposta será apresentada na presente seção, contendo as atividades que deveriam ser realizadas de forma cronológica, onde cada seção apresentada explicará cada uma das fases da proposta, focando nas modificações sugeridas.

Sendo assim, essas diretrizes foram distribuídas em um fluxograma, conforme mostra a Figura 3. O mesmo apresenta as fases separadas por retângulos grandes de linhas pontilhadas, as atividades, representadas por retângulos menores (as atividades sugeridas possuem retângulos de cantos arredondados), estão alocadas dentro dos retângulos grandes conforme sua respectiva fase, essas fases, de forma cronológica, são: Preparar, Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

A leitura dentro dos retângulos das fases deve ser feita da esquerda para a direita, ou seja, o primeiro retângulo, da esquerda para a direita, refere-se à primeira atividade. Os que se encontram abaixo de outro retângulo significam que são atividades que devem ser realizadas em simultaneamente, porém os que contêm linhas verdes pontilhadas são pontos de verificação que serão explicados mais à frente. Os retângulos de linhas vermelhas pontilhadas também se tratam de pontos de verificação, mas, diferente dos outros, tratam-se de verificações que seriam feitas após o término de cada uma das fases, com exceção da fase “Preparar”, pois como o nome sugere, é apenas uma fase de preparação para a realização do método DMAIC e não possui um ponto de verificação.

5.1. Fase Preparar.

Essa fase trata-se de uma preparação sugerida, onde a primeira atividade a ser realizada seria a definição de uma equipe (EQ1), a qual ficaria responsável em fazer atividades antecessoras a aplicação do DMAIC, a etapa “Definir” e os pontos de verificação após o término de cada fase. Esta equipe deve ser multifuncional, para ter representantes de diversos setores e assim estimular o comprometimento de diferentes setores, já que, como apresentado, na Figura 2, o comprometimento da equipe e de outros setores é uma das problemáticas mais significativas verificadas na aplicação do método.

As atividades antecessoras ao início de aplicação do DMAIC são uma fase de preparação para a aplicação do método, ou seja, sugere-se um treinamento relacionado a aplicação do DMAIC para esta equipe, passando pelas fases, as respectivas atividades e as ferramentas que são recomendadas para cada atividade. Um dos motivos principais para a realização deste treinamento se deve as análises realizadas que apresentaram que há um uso de ferramentas adequadas e inadequadas nos trabalhos, pois seria necessário dar enfoque para as ferramentas sugeridas e o objetivo das mesmas, mostrando que é possível usar ferramentas equivalentes, caso necessário, desde que o objetivo seja alcançado. Outro fator importante é que o treinamento auxiliaria os membros da EQ1 realizarem as atividades de pré-estudo relacionado à organização e, assim, realizar o alinhamento dos objetivos estratégicos da mesma, estratégia de produção e os objetivos da aplicação do método. Além disso, esta atividade também tem como objetivo dar embasamento para que a equipe realize os pontos de verificação. Esses pontos teriam tarefas como: averiguar o alcance do objetivo das fases, se a fase foi realizada adequadamente e se o projeto continua alinhado com os objetivos iniciais. Outra tarefa implícita nos pontos de verificação é a de dar suporte à segunda equipe (EQ2) caso os objetivos iniciais não sejam alcançados, ou seja, verificar se os objetivos necessitam ser realinhados ou se existem atividades que deveriam ser refeitas ou melhoradas para que os objetivos possam ser alcançados.

Essas atividades teriam impacto positivo nas categorias de problemas (Figura 2), como no tempo de realização (melhorando o planejamento há uma grande possibilidade de realizar o cronograma com mais precisão); na categoria de comprometimento da equipe e resistência cultural (que podem ser melhoradas com o treinamento); no planejamento da equipe; e no alinhamento da estratégia de produção e estratégia do negócio, com os objetivos da realização do método.

Ao mesmo tempo, há a atividade de verificação da disponibilidade de dados que seria, basicamente, a verificação da forma que os dados alimentados, se são com a frequência devida, se os dados correspondem com a realidade. Esta atividade tem como objetivo auxiliar a fase “Medir” nas etapas relacionadas aos dados, o que ajudaria na categoria da Figura 2 relacionada com a dependência de dados históricos.

5.2. Fase Definir.

Para a fase definir, também realizada pela EQ1, sugere-se que a primeira atividade realizada seja a definição do objetivo da fase, esta atividade tem como objetivo alinhar as ideias e ações posteriores com o que de fato se espera nesta etapa, o que poderia resolver a categoria, apresentada na Figura 2, relacionada com o planejamento da equipe do projeto. A próxima atividade sugerida é a definição das ferramentas que seriam utilizadas nesta fase, estas devem ser alinhadas com o objetivo da fase e com o que se espera das atividades posteriores. Essas atividades poderiam resolver a problemática de utilização incorreta das ferramentas.

Na atividade de definição do problema ou oportunidade de melhoria (atividade sugerida pela literatura, como mostra o Quadro 1), seriam feitos pontos de verificação para analisar se o problema ou

oportunidade agrega valor à organização ou ao processo, se já ocorreu ou tentou a mesma melhoria em outras ocasiões, em caso afirmativo, é sugerido uma verificação das ações que foram tomadas e os pontos de sucesso e insucesso. Este ponto de verificação tem como objetivo melhorar a definição do problema/oportunidade, direcionando para algo que realmente agregue valor, e, de certa forma, diminuir o tempo de realização do DMAIC, caso seja algo que já ocorreu ou uma melhoria que foi pretendida anteriormente.

As três atividades seguintes para esta etapa são sugeridas pela literatura: escopo do projeto e cronograma, análise de prioridade (caso seja um problema) ou viabilidade (caso seja uma oportunidade de melhoria), definição da equipe e responsabilidades dos membros. Nesta última teria uma diferença: seria definido a EQ2, ou seja, outra equipe diferente da EQ1, a qual seria responsável pela realização das outras fases do projeto. Essa segunda equipe é necessária devido ao pressuposto de que a EQ1 seria composta por colaboradores de diferentes departamentos, com cargos relacionados com a gestão do respectivo departamento, ou seja, pessoas com maior conhecimento da organização, como problemas, oportunidades e processos realizados. Já a EQ2 deve ser composta por colaboradores de cargos de níveis mais baixos, como estagiários de cada área envolvida no projeto, por exemplo.

Paralela a atividade de definição da EQ2, há a atividade de definir os objetivos das fases posteriores, que seria realizada pela EQ1, uma vez que esta equipe será responsável pelos pontos de verificação de cada fase.

5.3. Fase Medir.

Nesta fase, além das atividades recomendadas pela literatura relacionadas com a coleta de dados, identificação dos problemas, priorização dos mesmo e definição de metas para cada problema prioritário, sugere-se a realização, após a definição da forma de estratificação dos dados, de uma atividade de definição das ferramentas que seriam utilizadas para essa etapa, esta seria realizada em paralelo com o planejamento da coleta de dados. Outra atividade inserida seria a análise da viabilidade das metas relacionadas a cada problema definido como prioritário, finalizando a fase “Medir”.

Essas alterações ajudariam a mitigar problemas de uso incorreto de ferramentas, dependência de dados históricos e de definição do problema (destacados na Figura 2), analisando a possibilidade de atingir as metas definidas para os problemas prioritários e se são coerentes com a realidade da organização.

5.4. Fase Analisar.

A fase “Analisar” teria como primeira atividade definir as ferramentas que seriam utilizadas. Após a realização da primeira atividade, a equipe seria dividida em duas para realizar a análise do processo de origem do problema, a análise de dados e informações coletadas, de forma paralela, pois uma análise não depende da outra, resultando na otimização do tempo.

A próxima atividade seria a determinação das possíveis causas, como foi visto nas análises feitas nas seções anteriores, em alguns casos as causas foram confundidas com os sintomas, sendo assim, esta atividade teria um ponto de verificação, o qual teria o objetivo de analisar se as possíveis causas levantadas seriam de fato causas e não sintomas e levar para a próxima fase, que seria de priorização, somente as causas.

Seguindo a ordem cronologia, a próxima atividade sugerida é a análise da viabilidade de tratar as causas prioritárias, onde seriam definidas quais tratar com a realização do projeto em questão e quais não seriam possíveis, sendo deixadas para um momento viável para a organização. As causas que fossem classificadas como inviáveis de tratar no momento, devem ser documentadas, juntamente com os motivos pelos quais foram classificadas desta forma, servindo como base em um período oportuno para tratá-las.

Para finalizar esta fase, seria realizado a análise do impacto das causas escolhidas no PCP, ou seja, o quanto solucioná-las agregaria valor a este departamento e em suas respectivas atividades, bem como possíveis mudanças que provocariam ou impactos negativos que poderiam gerar.

5.5. Fase Melhorar.

Após a definição das ferramentas que seriam utilizadas, a equipe seria novamente dividida em duas e realizariam atividades independentes em paralelo, afim de otimizar o tempo: geração de ideias de possíveis soluções e verificação de ações já realizadas (quando se tratar de um problema ocorrido outras vezes ou de uma oportunidade de melhoria que já foi trabalhada anteriormente); priorização e quantificação das soluções e documentação dessas soluções; avaliação e minimização dos riscos das soluções e análise da viabilidade das soluções prioritárias.

Além dos riscos que uma solução pode ter, pode haver inviabilidade em relação a custos, pessoas ou outros tipos de recursos, isso explica esta última atividade, caso uma solução seja classificada como “inviável” seria escolhida outra solução que também mitigaria o problema e que seria viável para a organização.

Após essas atividades, a equipe se juntaria novamente para realizar o planejamento do protótipo de implementação de soluções com metas bem definidas, com o objetivo de otimizar a aplicação do mesmo. Na atividade de realização do protótipo haveria pontos de verificação que consistiriam em averiguar a viabilidade da aplicação, se a meta foi alcançada e, se houver necessidade de ajustes, quais seriam. Estes pontos de verificação podem levar a equipe a refazer a atividade anterior a aplicação do protótipo ou passar para a próxima, que seria o planejamento da aplicação das soluções em larga escala, com as respectivas metas.

A fase seria finalizada com a implantação das soluções em larga escala, porém nesta atividade também haveria pontos de verificação, com objetivo de averiguar se as metas propostas foram atingidas, caso não forem, a equipe teria de analisar os pontos críticos das atividades realizadas e refazer a fase “Melhorar”.

5.6. Fase Controlar.

Após a EQ1 definir as ferramentas a serem realizadas nesta fase, seria feita a definição do procedimento padrão em relação as mudanças geradas pela implementação das soluções. Feito isso, a equipe seria dividida, novamente, em duas, onde uma parte seria responsável pelo treinamento dessas modificações, ou seja, pelo planejamento e realização do treinamento para todos os colaboradores que teriam contato direto com essas mudanças, enfatizando os benefícios e motivos relacionados com as modificações, de forma que os colaboradores entendam e se sintam parte das mudanças, impactando de forma positiva na resistência dos mesmos em relação as mudanças culturais, que é dos entraves da aplicação do método, como mostra a Figura 2. Em paralelo, outra parte da equipe ficaria responsável por realizar o diagnóstico do trabalho, que tem como objetivo identificar pontos fracos e fortes no cenário pós aplicação das soluções e consolidar estratégias para obter sempre os melhores resultados.

Com a equipe ainda dividida em duas, as próximas atividades realizadas duas a duas, seriam: plano de acompanhamento das metas e plano de ações corretivas; implementação do plano de acompanhamento das metas e documentação das lições aprendidas, finalizando a fase “Controlar”.

Vale ressaltar que esta é a fase mais negligenciada e que cada atividade tem um grande impacto na continuidade das melhorias realizadas com a realização do projeto. Ao negligenciar esta fase há um grande risco de os problemas solucionados voltarem ou que as melhorias realizadas sejam deixadas de lado. Ou seja, faria com que o projeto não passasse de desperdício de recurso e tempo para organização, pois a aplicação do DMAIC depende de comprometimento, bom planejamento, disciplina para a realização de cada atividade e, conseqüentemente, tempo.

6. Conclusões.

O presente trabalho corrobora para a discussão sobre a utilização de ferramentas da Gestão da Qualidade na melhoria do Planejamento e Controle da Produção, visando proporcionar diretrizes que melhorem a forma de aplicar o método DMAIC para alavancar as diferentes dimensões da competitividade.

Buscou-se investigar na literatura os estudos que relacione essa integração e, a partir deles, fazer uma análise sobre a forma de execução da mesma; focando, principalmente, na utilização de ferramentas atuais, como por exemplo as associadas ao Programa Seis Sigma. Em geral, a pesquisa mostrou que o método DMAIC do Programa Seis Sigma é o mais utilizado, quando se trata de encontrar e solucionar problemas relacionados ao PCP.

Mesmo encontrando poucos artigos que trataram deste tema diretamente, pode-se dizer que os resultados foram satisfatórios para o objetivo deste trabalho, pois demonstram que há relação entre os dois temas e a eficácia na utilização dos dois em conjunto, mesmo essa sendo ainda uma área pouco explorada de forma direta. Portanto, apesar de alguns exemplos na literatura sobre o tema, constatou-se que existe a necessidade de uma abordagem mais profunda a respeito dos possíveis benefícios de uma integração entre o sistema de Gestão da Qualidade e o PCP das organizações.

Além disso, com os estudos encontrados e suas respectivas análises, foi possível propor diretrizes para uma melhor aplicação do DMAIC em áreas relacionadas com o PCP, focando em mitigar os problemas encontrados na execução do método. Para estudos futuros, recomenda-se a aplicação dessas diretrizes em um caso piloto para análise de sua real viabilidade, eficácia e possíveis alterações.

Referências.

ABRAHAM, M. Modelo de Gestão do Lean Seis Sigma. Banas Qualidade, São Paulo, 2017.

ALI, M.; MILLER, L. ERP system implementation in large enterprises – a systematic literature review. *Journal of Enterprise Information Management*, v.30, n.4, p. 666-692, 2017.

ANDRADE, J. B. B.; ANDRADE, T. R.; PERUCHI, R. S. Aplicação das fases definir e medir da metodologia DMAIC: uma avaliação de manutenção corretiva. *Tecnologias em Pesquisa: engenharias*, [s.l.], p.185-200, 10 abr. 2017. Editora Blucher. <http://dx.doi.org/10.5151/9788580392234-12>.

CARBAJAL, M. J. L.; ESCALANTE, J. C. A. Aplicación de Metodologías de excelencia empresarial: Hoshin Kanri y Six sigma DMAIC para el despliegue de visión y objetivos y la mejora del desempeño de procesos en una empresa que brinda servicios logísticos de información. 2018. 219 f. Trabalho de Conclusão - Curso de Engenharia Industrial, Universidad Católica - San Pablo, Arequipa, 2018.

COELHO, F. B. Diagnóstico e Proposta de Melhoria de Planejamento e Controle da Produção: um estudo de caso em uma indústria farmacêutica. Universidade Federal Fluminense - Centro Tecnológico. Niterói, p. 137. 2009.

CONZA CALLO, A. E. Implementación de la metodología DMAIC para reducir los costos en el área de producción de ternos en la empresa Industrial Gorak S.A.C Lince. 2017. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Industrial, Universidad César Vallejo, Lima, 2017.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços; uma abordagem estratégica. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

DALLA VALLE, F. L. Z. et al. Abordagem teórica de gestão da qualidade direcionada à metodologia Lean Seis Sigma. Anais da Engenharia de Produção/ISSN 2594-4657, v. 1, n. 1, p. 1-19, 2017.

FIGUEIREDO, P. N. et al. Acumulação de capacidades tecnológicas, inovação e competitividade industrial: alguns resultados para a indústria brasileira da indústria sucroenergética. Technological Learning and Industrial Innovation Working Paper Series, n. 2, 2016.

GORGULHO, G. et al. Gestão Eficiente de Projetos Lean Six Sigma: um estudo de caso em uma indústria automotiva. Revista de Ciência & Tecnologia, v. 20, n. 39, p.3-16, mar. 2017.

HAKIMI, S.; ZAHRAEE, S. M.; ROHANI, J. M. Application of Six Sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process. International Journal of Lean Six Sigma, p. 562-578. out. 2018.

ISO. International Organization for Standardization. ISO 9001: 2015, 2015.

JESUS, D. D. et al. Gestão da Qualidade e Planejamento e Controle da Produção para avaliação da Gestão em um bar alternativo. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, João Pessoa, Paraíba, Brasil, out. 2016.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. Controle da Qualidade. Handbook. Mackron McGraw-Hill: São Paulo, 1991.

LIMA, R. A. A. Sistema de produção: um estudo teórico sobre inserção de novas tecnologias e a evolução da indústria calçadista paraibana. 2016. 105 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

LIMA, A. B.; GALDAMEZ, E. V. C. Aplicação da metodologia DMAIC para elaboração de um plano de manutenção em uma indústria moageira de trigo. 2017. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Estadual de Maringá - Uem, Maringá, 2017.

LOPES, L. M. M.; CARDOSO, S. D. O. T.; FARIA, A. F. D. Implantação do Sistema de Gestão da Qualidade em empresas de serviços do vale do aço mineiro. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 04, n.1, p. 35-41, fev. 2018.

MAGED, A. et al. Continuous improvement of injection moulding using Six Sigma: case study. International Journal of Industrial and Systems Engineering, v. 32, n. 2, p.243-268, 2019. Inderscience Publishers. <http://dx.doi.org/10.1504/ijise.2019.10021839>.

MELO, P. J. et al. Melhoria da eficiência produtiva em uma linha de produção de uma indústria do segmento de higiene pessoal. Revista Pesquisa e Ação, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2018.

NAKANO, D.; MUNIZ JR., J. Writing the literature review for empirical papers. Produção, v. 28, e20170086, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.20170086>.

RAPÔSO, C. F. L. et al. Gestão da Qualidade e da Produção: Análise comparativa entre o PDCA e o DMAIC. Race - Revista da Administração, v.4, p.147-153, ago. 2019. Disponível em: <<https://revistas.cesmac.edu.br/index.php/administracao/article/view/1036/808>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

RIBEIRO NETO, J. B. M.; TAVARES, J. C.; HOFFMANN, S. C. Sistemas de gestão integrados: qualidade, meio ambiente, responsabilidade social, segurança e saúde no trabalho. 5. ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2017. 348 p.

RODRIGUES, M. V. Ações para a qualidade: gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca da qualidade e competitividade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

MARTINS ROSA, A. C.; BRODAY, E. E.. Comparative analysis between the industrial and service sectors: a literature review of the improvements obtained through the application of lean six sigma. International Journal For Quality Research, v. 12, n.1, p. 227-252. jan. 2018.

SACAMOTO, T. M.; BARBOSA, D. H.. Práticas de gestão de estoque em um centro de distribuição pela aplicação do método DMAIC. 2017. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Estadual de Maringá - Uem, Maringá, 2017.

SCHEFFER, R.; ROCHA, R. P. D.; BELINE, E. L. Aplicação do método DMAIC para acompanhamento e controle de atraso na entrega de pedidos de clientes em uma empresa. Técnico-Científica, n. Especial, p. 1-33, set. 2017.

SINGH, J. et al. Managing industrial operations by lean thinking using value stream mapping and six sigma in manufacturing unit. Management Decision, p.1-31, 2019. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/md-04-2017-0332>.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R.. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2018. 856 p.

SUKSTER, R. A Integração entre o Sistema de Gestão da Qualidade e o Planejamento e Controle da Produção em empresas construtoras. 2005. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso Profissionalizante de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

SOUZA, J. H. de C.. Aumento de produtividade industrial (OEE) através da otimização dos sistemas de velocidade por técnicas de modelagem de rede de petri colorida (RdP). 2018. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018.

TUCCI, H. N.P. Aplicação do seis sigma no processo de abastecimento de combustível de aeronaves – Um estudo de múltiplos casos. 2016. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2016.

WERKEMA, C. Criando a cultura Lean Seis Sigma. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 253 p.

WERKEMA, C. Ferramentas estatísticas básicas do Lean Seis Sigma integradas ao PDCA e DMAIC. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

YADAV, N.; MATHIYAZHAGAN, K.; KUMAR, K. Application of Six Sigma to minimize the defects in glass manufacturing industry. Journal of Advances in Management Research, v. 16, n. 4, p.594-624, 2019. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/jamr-11-2018-0102>.

ZANELLA, C. et al. Competitividade em cadeias produtivas: uma análise bibliométrica a partir dos periódicos Capes. Qualitas Revista Eletrônica, v. 17, n. 1, p. 58-80, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18391/req.v17i1.2587>>. Acesso em: 15 out. 2017.