

UM MODELO PARA IMPLANTAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO EM PEQUENAS E MÉDIAS INDÚSTRIAS

Fabio Alves Barbosa (Universidade Federal da Grande Dourados): fabioalvesbarbosa@ufgd.edu.br

Walter Roberto Hernández Vergara (Universidade Federal da Grande Dourados):
waltervergara@ufgd.edu.br

Juliana Suemi Yamanari (Universidade de São Paulo): jusuemi@hotmail.com

Keylla Barboza Santos (Universidade Federal da Grande Dourados): keylla_bsantos@hotmail.com

Lauro Kenji Oshiro Brasília de Araujo (Universidade Federal da Grande Dourados):
laurooshiro.q@gmail.com

Resumo: A pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo de referência para auxiliar a implementação estruturada de sistema da qualidade baseado no Controle Estatístico do Processo/CEP em pequenas e médias indústrias. O estudo é de natureza bibliográfica, documental, exploratória e descritiva. Os principais benefícios associados ao modelo são a sua contribuição para aperfeiçoar o atendimento dos requisitos do cliente, melhorar produtos/processos e consolidar a cultura da qualidade instrumental, favorecendo o desempenho do sistema de produção industrial como um todo, desde o recebimento de materiais, passando por toda a cadeia de operações produtivas, até a disponibilização dos produtos acabados aos consumidores finais. Nesse sentido, o principal resultado obtido foi um modelo referencial composto por dois grandes conjuntos de atividades orientativas do processo sustentável de implantação passo a passo de sistema de qualidade alicerçado inicialmente na estruturação das principais áreas funcionais industriais para, posteriormente, consolidar procedimentos, ferramentas, técnicas e métodos amplamente associados ao CEP.

Palavras-chave: Sistema de Gestão da Qualidade, Controle Estatístico do Processo, Pequena e Média Indústria.

A MODEL FOR STATISTICAL PROCESS CONTROL IMPLEMENTATION IN SMALL AND MEDIUM INDUSTRIES

Abstract: The research aims to develop a reference model to assist the structured implementation of quality system based on Statistical Process Control / SPC in small and medium industries. The study is bibliographic, documentary, exploratory and descriptive. The main benefits associated with the model are its contribution to improving customer requirements, improving products / processes and consolidating the culture of instrumental quality, favoring the performance of the industrial production system as a whole, from receiving materials to throughout the production chain, until finished products are made available to final consumers. In this sense, the main result obtained was a referential model composed of two major sets of activities that guide the sustainable process of step-by-step implementation of a quality system based initially on the structuring of the main industrial functional areas to later consolidate procedures, tools, techniques. and methods widely associated with SPC.

Keywords: Quality Management System, Statistical Process Control, Small and Medium Industry.

1. Introdução

A relação direta entre competitividade está atrelada ao desenvolvimento de novas metodologias e estruturas voltadas ao gerenciamento e aprimoramento da manufatura e organização industrial (SCHUMPETER; MCDANIEL, 2009). O poder de competição de uma indústria depende de contínuos aprimoramentos dos níveis de produtividade, qualidade e eficiência em todos os processos produtivos, sendo que a implantação e posterior estruturação dos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) é primordial para se

atingir consistência no atendimento dos requisitos do cliente (ANHOLON *et al.*, 2018).

Djofack e Camacho (2017) defendem que os programas de garantia da qualidade devem seguir as diretrizes normativas, facilitando com que as organizações produtivas implementem e consolidem sistemas de qualidade, como forma de disseminação da filosofia de gerenciamento da qualidade total. Também, Goetsch e Davis (2015) argumentam que a introdução de um SGQ é um importante marco inicial para se estabelecer a orientação para a qualidade e construir vantagem competitiva sustentável, estimulando a melhoria contínua das operações e lucratividade. Os referidos autores colocam que o SGQ possibilita reduções graduais e permanentes nos custos de produção e melhorias na participação de mercado.

Terziovski (2010) e Poksinska, Eklund e Dahlgaard (2006) comentam que as dificuldades para estruturação de um SGQ estão mais presentes em organizações produtivas de pequeno porte, pois estas possuem limitação de recursos humanos, materiais e financeiros. Também, Taneja, Pryor e Hayek (2016) ponderam que nas pequenas e médias indústrias deve haver aculturação e capacitação dos funcionários nos instrumentos da qualidade, o que propicia redução de refugos, retrabalho e defeitos nos produtos, acarretando em melhoria da reputação da indústria para os consumidores finais e, portanto, incrementando a competitividade.

De acordo com Muller *et al.* (2016), as PMI possuem grande capacidade para disseminar inovações e estimular o crescimento regional, pois são detentoras de estruturas muito flexíveis e adaptáveis ao ambiente externo, além de serem grandes geradoras de empregos em países em desenvolvimento.

Nesse estudo, o conceito do modelo de referência foi aplicado à proposta de construção de um sistema de qualidade baseado em Controle Estatístico de Processo (CEP) para especificar processos, gerenciar dados e realizar melhorias em atividades organizacionais, permitindo a compreensão do fluxo de processos de modo a contemplar as melhores práticas industriais. Para Bertalanffy (2008), um modelo referencial facilita a realização de processos de negócio através de um sistema integrado composto por subsistemas correlatos, atividades e tecnologias associadas

O problema de pesquisa está relacionado com a dificuldade inerente à maioria das pequenas e médias indústrias em executar, de modo sistemático e seguro, projetos de implantação (e posterior consolidação) de sistemas de qualidade tradicionais. Já o objetivo geral do estudo foi desenvolver um modelo de referência para auxiliar a implementação passo a passo de um sistema da qualidade baseado em CEP

Como objetivos específicos, pode-se elencar as seguintes ações: realizar pesquisa bibliográfica em bases internacionais sobre temas correlatos ao modelo de referência proposto; elaborar um processo de estruturação das principais áreas-chave industriais para suportar a inserção do CEP na cadeia produtiva; desenvolver um modelo referencial composto por conjuntos de atividades orientativas para implantação de sistema de qualidade de base estatística em pequenas e médias indústrias.

2. Revisão da literatura

O SGQ estabelece políticas e objetivos de modo a gerenciar responsabilidades e autoridades para manutenção e aprimoramento da qualidade de produtos e processos, onde o mesmo pode ser considerado uma “arma competitiva”, reduzindo custos de produção, melhorando taxas de retrabalho, refugos e desperdícios, bem como atendendo necessidades dos consumidores finais, contribuindo para aumentar a lucratividade associada ao portfólio dos produtos comercializados (BONATO; CATEN, 2015).

Para Castillo-Peces *et al.* (2017), o objetivo do SGQ é padronizar procedimentos e processos, bem como reduzir ineficiências em todas as atividades presentes na cadeia de operações de uma empresa, aumentando o poder de competição. Já Bacoup *et al.* (2018) e Ost e Silveira (2018) propõem que o objetivo de um sistema de qualidade é assegurar que produtos estejam sempre em conformidade com as especificações de engenharia, sendo que estas dependem primariamente da determinação dos requisitos do cliente – a efetividade do SGQ está associada a fatores críticos como estrutura administrativa, cultura organizacional e capacitação de funcionários. Portanto, a organização deve possuir programas intensivos de capacitação, participação em decisões, sistemas de informação adequados, revisão de políticas e procedimentos e sistemas de recompensa.

Em relação à gestão dos processos de negócios, a técnica *Business Process Management/BPM* está baseada na integração entre objetivos estratégicos e requisitos do cliente, buscando sinergia entre cultura e estrutura organizacionais, áreas internas, metodologias e tecnologia de informação com o intuito de se melhorar continuamente os processos presentes na cadeia produtiva a partir do pleno atendimento de critérios competitivos relacionados à disponibilização dos produtos (bens e/ou serviços), como produtividade, qualidade e custos (ANTONUCCI; GOEKE, 2011).

A BPM pode ser compreendida como um modelo de ciclo de vida com etapas bem definidas que contempla atividades de mapeamento e documentação de processos, determinação dos requisitos do cliente, medição de desempenho e utilização de melhores práticas para incrementar a competitividade organizacional (ABPMP, 2013; PYON; WOO; PARK, 2011).

Dezi *et al.* (2018) e Vrontis *et al.* (2017) apontam que a BPM opera com base em sistemas estruturados para garantir a consistência dos níveis de qualidade e repetibilidade dos processos, alcançar níveis de capacidade produtiva alinhados aos objetivos corporativos e estabelecer a melhoria contínua através da resolução de problemas inerentes ao sistema de negócio. A BPM se concentra no gerenciamento de cadeias de atividades e decisões através de cinco abordagens abrangentes – simplificação do trabalho, controle de qualidade, gestão de negócios, tecnologia da informação e automação de processos (DUMAS *et al.*, 2018).

Dumas *et al.* (2013) estabelece seis fases para aplicação do BPM: identificação, avaliação (investigação do processo atual através de documentos e observações), análise (identificação de falhas no processo, causas associadas e proposições de melhorias), redefinição (realização de mudanças nos processos/produtos, eliminação de atividades desnecessárias e novo sequenciamento), implementação e controle (avaliação do novo processo através de indicadores de desempenho financeiro, qualidade do produto, satisfação do cliente e desempenho operacional).

O CEP, por sua vez, visa assegurar a qualidade do produto acabado através do monitoramento e controle da variabilidade presente nas operações que compõem o processo produtivo, identificando e removendo suas causas assinaláveis de variação, de forma a promover uma intervenção somente quando há indícios estatísticos de descontrole operacional (JOHN; SINGHAL, 2019). Tal método permite que operadores e supervisores atuem sobre o comportamento do processo, bem como interfiram em tempo real para garantir a variabilidade prevista para o mesmo (COBB; LI, 2019).

Para Rantamaki, Tiainen e Kassi (2013), os fatores que contribuem para o sucesso da implementação do CEP são a escolha adequada de características de interesse (parâmetros de processo para controle estatístico), sistemas metrológicos adequados, uso de gráficos de controle com base na obtenção do regime estatístico nas etapas de

processamento, ação operacional imediata na constatação de causas especiais atuantes (autocontrole), interpretação adequada dos gráficos de controle preenchidos (avaliação dos padrões de comportamento da força de trabalho), processos educacionais e disseminação do conhecimento na organização.

Wang e Zhang (2008) elencam um conjunto instrumental mínimo para o CEP composto por gráficos de controle, histogramas, cálculos probabilísticos, análise de Pareto, diagramas de dispersão, análise de capacidade de processo e análise dos sistemas de medição. Portanto, o CEP pode ser considerado um conjunto de ferramentas, técnicas e métodos para monitorar processos de produção a partir da retirada de amostras em intervalos regulares, onde os gráficos de controle são os instrumentos mais difundidos e amplamente empregados para monitoramento de processos normalmente distribuídos (com variação aleatória), possibilitando analisar os comportamentos operacionais e obter o status das operações quase em tempo real.

Conclusivamente, Asif *et al.* (2009) e Grigg e Walls (2007) defendem que o CEP deve se integrar à estratégia de negócios e ser implantado em todos os níveis operacionais da organização industrial, sendo que a posterior inserção de programas avançados de gerenciamento da qualidade (como o Seis Sigma) possui maiores possibilidades de sucesso caso haja uma implantação bem sucedida do CEP.

3. Metodologia

A abordagem metodológica do trabalho obedeceu à orientação de pesquisa qualitativa que, do ponto de vista da Engenharia, possibilita a compreensão de fundamentos e assuntos pertinentes ao objeto de estudo relacionados, por exemplo, às organizações, ambiente de negócios ou contexto competitivo – a vertente qualitativa também utiliza como fonte de dados a literatura sobre dado tema, bem como a aplicação de métodos sistemáticos de busca de conhecimentos para apreciação crítica e síntese dos dados selecionados (BERNARDES; MUNIZ JUNIOR; NAKANO, 2018). Assim, o presente estudo se apoiou em pesquisas bibliográficas atualizadas.

A presente pesquisa seguiu embasamento descritivo que, conforme aponta Cauchick-Miguel (2019), subentende a coleta de dados para descrição detalhada de características do objeto de estudo e estabelecimento de correlações entre variáveis atreladas ao problema, buscando o aprofundamento do conhecimento através da explicação dos principais aspectos concernentes à exploração epistemológica.

O método de execução da pesquisa contempla três passos: levantamento bibliográfico sobre os temas de pesquisa (Sistema de Gestão da Qualidade, Gestão dos Processos de Negócio e Controle Estatístico do Processo); elaboração de proposta de estruturação das principais áreas-chave industriais (base para consolidar o CEP na cadeia de operações); desenvolvimento do modelo de referência baseado em atividades orientativas voltadas para estruturação de sistema de qualidade baseado em CEP para aplicação em pequenas e médias indústrias.

4. Modelo de referência proposto

O modelo de referência para implantação de sistemas de garantia da qualidade baseado em CEP para aplicação em pequenas e médias indústrias está embasado nas seguintes considerações:

- A qualidade de produtos e processos está fortemente associada às necessidades, desejos e expectativas referentes aos consumidores finais (“voz do cliente”);

- O sistema de qualidade possui uma relação de interdependência entre cultura organizacional (valores e comportamentos vinculados), qualidade instrumental (normas, ferramentas, técnicas e métodos) e comprometimento da força de trabalho nos processos produtivos e gerenciais (autocontrole);
- O sistema de qualidade deve estar fundamentado em quatro pilares (Projeto do Produto, Projeto do Processo, Realização do Produto e Pós-Venda), que configuram o Tetraedro da Qualidade Total, que está ilustrado na Figura 1.

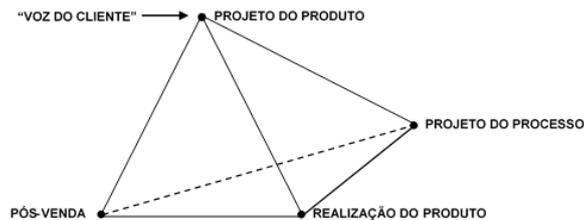


Figura 1 – Tetraedro da Qualidade Total.

Conforme ilustrado na Figura 1, em um sistema de qualidade o primeiro vértice (Projeto do Produto) pressupõe que a “voz do cliente” deve ser transformada em projeto documentado do produto acabado (produzido e comercializado). Já o vértice Projeto do Processo faz referência à elaboração de projeto técnico do processo produtivo completo que esteja em absoluta conformidade com o projeto do produto, desde a aquisição de materiais, cadeia de operações e disponibilização dos produtos. O terceiro vértice (Realização do Produto) diz respeito à operacionalização do processo completo referente à cadeia produtiva projetada anteriormente (processos de aquisição de materiais, fabricação e montagem, manutenção, inspeção, vendas e disponibilização dos produtos aos clientes). Finalmente, o vértice Pós-Venda está relacionado aos processos de atendimento dos consumidores finais e assistência técnica para produtos em campo, representando o *closed-loop* da qualidade total que se iniciou (e também foi finalizada) com a preocupação de atender aos requisitos atrelados à “voz do cliente”.

O modelo de referência proposto está baseado em duas etapas sequenciais e integradas para implantação do sistema da qualidade de base instrumental estatística, inicialmente assim descritas:

- Etapa 1 – Estruturação Industrial, que trata da transformação de um empreendimento tipicamente manufatureiro (fábrica) para o conceito de sistema de negócio industrial fundamentado na Gestão dos Processos de Negócio (BPM). Esta etapa focaliza o aprimoramento de todos os processos ligados às áreas de Vendas/*Marketing*, Engenharia do Produto, Engenharia do Processo, Engenharia da Qualidade e Logística de Suprimentos e Distribuição;
- Etapa 2 – Implantação da Qualidade Industrial Tradicional (Sistema de Gestão da Qualidade CEP – SGQ_{CEP}), cujo objetivo é a difusão do CEP em toda cadeia produtiva, resultando em um SGQ baseado em cultura de mensuração da qualidade, qualidade instrumental em nível estatístico na rotina industrial e projetos de melhoria de produtos/processos, bem como consolidação do conceito de autocontrole.

4.1 Etapa 1 – Estruturação Industrial

A Etapa 1 (Estruturação Industrial) propicia as bases para o início da implantação do sistema da qualidade industrial – esta etapa estipula a relação de atividades (boas práticas) que orientam um processo racional para organizar e aprimorar as principais áreas industriais, sendo crucial para o aumento da competitividade. Assim, a partir dos fundamentos da BPM, na Etapa 1 serão configurados conjuntos de atividades orientativas que representam as diretrizes para reestruturação das principais áreas industriais e processos de negócio correlatos presentes na maioria das PMI.

Nessa etapa do modelo de referência proposto, considera-se um conjunto de atividades orientativas relativas às áreas funcionais mais relevantes para a operacionalização das PMI, sendo que na verdade tais atividades subentendem o conteúdo mínimo necessário à reestruturação dos processos de negócio das cinco áreas industriais-chave (Vendas/*Marketing*, Engenharia do Produto, Engenharia do Processo, Engenharia da Qualidade e Logística de Suprimentos e Distribuição), conforme a lógica da BPM. Assim, na Figura 2 é mostrado um esquema de interdependência entre estas cinco já mencionadas áreas industriais-chave.



Figura 2 – Interrelação entre as áreas funcionais na Etapa 1 (Estruturação Industrial).

De acordo com a Figura 2, fica evidenciado que existem “pontos de contato” entre as áreas de Vendas/*Marketing*, Engenharia do Produto, Engenharia do Processo, Engenharia da Qualidade e Logística de Suprimentos e Distribuição, o que denota a necessidade de integração e otimização dos processos internos (inerentes a essas áreas individuais) e dos processos correlatos às interfaces gerenciais (compartilhados entre áreas funcionais).

Assim, as atividades orientativas para a área de Vendas/*Marketing* compreendem: formular plano estratégico de negócios; realizar pesquisas de mercado (avaliar a “voz do cliente”); analisar comportamento dos consumidores finais; avaliar portfólio de produtos e projetos; estimar demanda final (família e modelos de produtos); realizar diferenciação, posicionamento, segmentação de mercado e precificação dos produtos; elaborar comunicação mercadológica (propaganda e promoção de vendas); gerenciar processo de vendas e organizar a força de vendas; mensurar satisfação pós-venda dos produtos.

Também, as atividades orientativas previstas para a área funcional de Engenharia do Produto foram assim descritas: analisar viabilidade comercial, técnica e econômica para o novo produto proposto; elaborar plano do projeto via *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK); detalhar ciclo de vida do produto; realizar desdobramento da função qualidade (*Quality Function Deployment/QFD*); proceder à modelagem funcional e ergonomia do produto; definir arquitetura e estrutura do produto; efetuar

modelagem conceitual do produto; determinar plano de macroprocesso, correlacionando materiais e processos; desenvolver e estabelecer base de fornecedores; elaborar projeto detalhado do produto; executar atividades de prototipagem do produto; testar e homologar protótipo do produto; posteriormente ao projeto de fábrica, implantar processo industrial, produzir lote-piloto, aprovar processo (certificação do produto) e ajustar capacidade produtiva (ramp-up); realizar lançamento do produto; acompanhar desempenho do produto no mercado; propor melhorias no produto e processo (caso necessário).

Para o Projeto de Fábrica (Projeto do Processo Produtivo): planejar localização das instalações industriais; obter/analisar dados sobre previsão de vendas, produtos, estoques, tempos, fluxogramas e roteiros de produção; detalhar processo de produção e fluxos de materiais; planejar métodos de movimentação de materiais; calcular necessidades de equipamentos e configurar estações de trabalho; relacionar máquinas, processos e recursos de apoio; definir recursos de movimentação e armazenagem de materiais; integrar estações de trabalho, setores e departamentos; determinar necessidades de espaço físico para processo produtivo, atividades de apoio e facilidades; elaborar projeto detalhado do arranjo físico com base nos padrões construtivos exigidos (projeto arquitetônico); executar projeto de fábrica detalhado, realizar ajustes necessários e acompanhar desempenho da nova planta industrial.

Já a Engenharia do Trabalho (Engenharia de Métodos e Projeto do Posto de Trabalho) contempla: analisar detalhadamente o sistema de produção (avaliação do fluxo de processos); elaborar mapofluxograma do processo; avaliar integralmente os movimentos dos postos de trabalho (avaliação de atividades e relação homem-máquina); propor melhorias na execução das operações (reconfiguração do arranjo físico, processos, operações e movimentos correlatos); reprojeter máquinas e equipamentos; analisar tecnicamente o processo resultante (avaliação do novo conjunto de operações melhoradas, novo fluxo de processos e mapofluxograma reformulado); elaborar projeto dos postos de trabalho conforme aspectos de segurança, higiene, questões ergonômicas e ambientais; realizar estudo de tempos dos movimentos para as operações melhoradas; determinar ritmo de execução e tempo-padrão das operações melhoradas; desenvolver métodos padronizados para operações melhoradas (elaboração dos procedimentos operacionais e documentos associados); realizar capacitação funcional para assimilação dos novos métodos padronizados; avaliar resultados referentes à capacitação funcional; elaborar planos de incentivo salarial baseados em produtividade e metas individuais/coletivas.

A Manutenção Industrial inclui: avaliar, detalhadamente, princípios de funcionamento e estrutura dos equipamentos; realizar mapeamento de falhas na estrutura das máquinas instaladas no processo produtivo; analisar mecanismos das falhas potenciais e funcionais nos equipamentos; estabelecer níveis de prioridade para as falhas potenciais e funcionais voltados ao planejamento das atividades de manutenção; realizar alterações no projeto de equipamentos, nos procedimentos de manutenção e capacitação de operadores, conforme comprovação de necessidade; elaborar procedimentos de manutenção operacional (suprimento de materiais consumíveis e conservação do ambiente para que o próprio operador corrija falhas) e inspeção preditiva (verificação programada do estado de evolução de falhas potenciais para evitar falhas funcionais); elaborar procedimentos de restauração preventiva (correção programada do desgaste de itens para prevenir falhas) e substituição preventiva (reposição programada de itens para prevenir falhas); implantar procedimentos de inspeção funcional (verificação

programada do estado de itens para identificar deteriorações que comprometeriam o transcurso da operação) e reparo funcional (recuperação não-programada da capacidade funcional para reestabelecimento da operação).

As atividades orientativas referentes à área funcional de Engenharia da Qualidade foram assim elencadas: elaborar procedimentos operacionais, instruções de trabalho e documentação nas áreas funcionais (setores e departamentos); realizar ciclos de capacitação funcional multinível para prover conhecimento em ferramentas, técnicas, métodos e normas relativas à Qualidade Industrial; desenvolver ciclos de capacitação multinível dos funcionários para aplicação do Método de Análise e Solução de Problemas/MASP; implantar sistema de medição (sistema metrológico); executar projetos-piloto de melhoria baseados na aplicação do MASP em produtos e processos deficitários; realizar novos ciclos de capacitação operacional com base nos novos procedimentos de inspeção elaborados para produtos e processos melhorados; promover política de incentivo ao melhoramento de produtos e processos através de programas de participação de resultados e bonificações atrelados ao aperfeiçoamento dos indicadores de desempenho com base em metas individuais e coletivas.

O conjunto de atividades orientativas relativo à área de Logística de Suprimentos e Distribuição foi assim resumido: projetar rede de operações logísticas (estruturação da cadeia de suprimentos); mensurar demanda final dos produtos (previsão e pedidos confirmados); definir níveis de serviço logístico para atendimento dos clientes; implantar sistema de informação para apoiar o processamento de pedidos; realizar processamento de pedidos (plano de produção e entregas); planejar, programar, acompanhar e controlar a aquisição de materiais (base de fornecedores); gerenciar estoques de materiais (recebimento e almoxarifados), estoques em processamento e estoques de produtos acabados (depósitos); definir equipamentos de movimentação de materiais em almoxarifados e depósitos; suprir materiais aos processos de fabricação, montagem e atividades de apoio; realizar roteirização e especificar veículos de transporte; executar manutenção da frota de veículos de transporte (inclusive terceirização); preparar pedidos (expedição dos produtos); unitizar cargas para expedição dos produtos aos clientes; proceder ao carregamento e acomodação de cargas nos veículos de transporte; conferir documentação e realizar o transporte conforme planejamento (atendimento do pedido do cliente).

Por fim, considera-se que a Etapa 1 do modelo referencial sugere um guia de atividades orientativas voltadas à reestruturação dos processos de negócio e reconfiguração de áreas funcionais essenciais habitualmente encontradas na maioria das indústrias de pequeno e médio porte. Tal reestruturação deve ser interpretada como o “grande alicerce” para a implantação passo a passo de um SGQ sustentável baseado em CEP que representa o objetivo do presente estudo.

4.2. Etapa 2 – Implantação da Qualidade Industrial Tradicional

A Etapa 2 (Implantação da Qualidade Industrial Tradicional) visa consolidar um sistema de garantia da qualidade focado no Controle Estatístico do Processo (SGQ_{CEP}), que se baseia na premissa de 99,73% de conformidade mínima para processos industriais (três sigma), deve estar presente em toda cadeia de operações industriais, sendo alicerçado na utilização de normas, ferramentas, técnicas e métodos do conjunto atrelados ao CEP, bem como de planos de amostragem industrial, estabelecendo atividades (boas práticas) que fundamentam o projeto de implantação de um sistema da qualidade tradicional voltado ao gerenciamento e melhoria de produtos e processos.

Nesse aspecto, o SGQ_{CEP} deve atuar nos processos de aquisição de materiais (avaliação de fornecedores), manufatura (fabricação e montagem) e disponibilização dos produtos acabados. Dessa forma, na Etapa 2 será elencado um conjunto de atividades orientativas que representa os “pilares construtivos” da qualidade industrial três sigma voltada ao acompanhamento, controle e melhoria dos processos integrados desde a base de fornecedores até o pleno atendimento da demanda final dos produtos, resultando na consolidação de um sistema da qualidade com fundamentos estatísticos, conforme exibido na Figura 3.

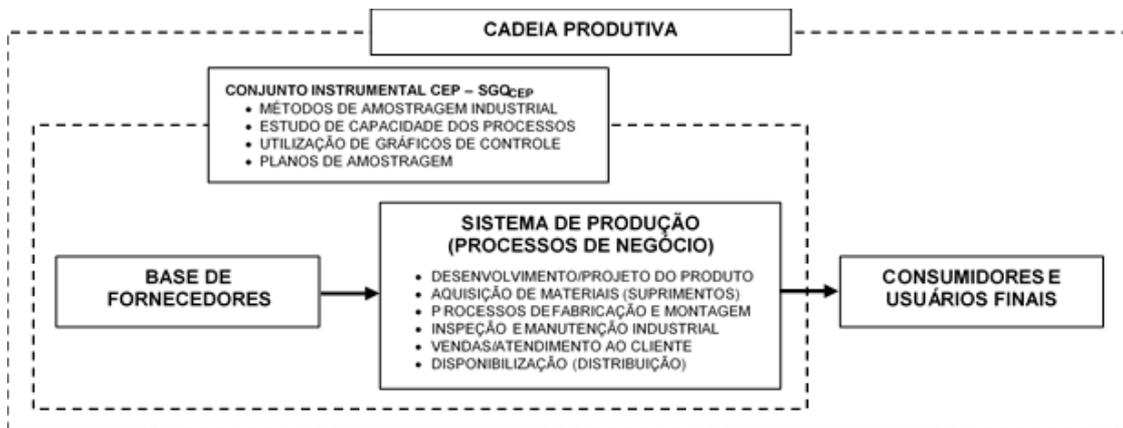


Figura 3 – Estrutura do sistema da qualidade baseado no CEP (SGQ_{CEP}).

Como já explicado, a Etapa 2 do modelo de referência visa a consolidação de um sistema de qualidade destinado às PMI através da proposição de um conjunto de atividades orientativas referentes à qualidade industrial tradicional três sigma.

Propõem-se continuar com a realização de projetos de melhoria dos processos com base na aplicação do MASP para disseminar resultados obtidos nos projetos-piloto realizados na Etapa 1 (área funcional de Engenharia da Qualidade); realizar novos ciclos de capacitação operacional com base nos novos procedimentos de inspeção elaborados para os processos melhorados; continuar com a política de incentivo ao melhoramento de produtos e processos através de programas de participação de resultados e bonificações para aperfeiçoar indicadores de desempenho em base individual e coletiva.

Ademais, deve-se promover ciclos de capacitação funcional multinível para aplicação do CEP no sistema de produção – métodos de amostragem industrial, estudo de capacidade dos processos, utilização de gráficos de controle e planos de amostragem (NBR 5425, 5426 e 5427); implantar sistema de inspeção por amostragem para recebimento de materiais e insumos (sistema de comutação de lotes para fornecedores, conforme NBR 5425, 5426 e 5427); obter *status* de regime de controle estatístico para os processos industriais através da otimização das causas naturais de variação relacionadas aos recursos de produção – materiais, máquinas, atuação da força de trabalho, aplicação dos métodos de trabalho melhorados, calibração dos instrumentos de medição e adequação das facilidades.

Também, o modelo propõe analisar a capacidade para todas as operações produtivas, efetuar projetos de melhoria com base no CEP para atingir e comprovar o regime de controle estatístico (estabilidade operacional); aplicar gráficos de controle adequados em todas as operações dos processos produtivos; implantar sistema de inspeção por amostragem industrial (sistema de comutação de lotes para processos críticos, conforme NBR 5425, 5426 e 5427); implantar sistema de inspeção por amostragem para controle de qualidade de produtos acabados diferenciados (sistema de comutação de lotes para

expedição, conforme NBR 5425, 5426 e 5427); homologar sistema da qualidade com base na Norma ISO 9001:2015 e normas setoriais correlatas, quando finalizada a implantação do SGQ_{CEP}.

Finalmente, a Etapa 2 do modelo referencial pressupõe um roteiro para a implantação de um sistema da qualidade em indústrias de pequeno e médio porte, promovendo o autocontrole e melhoria operacional através da aplicação da qualidade instrumental de base estatística três sigma em toda a cadeia produtiva. Nesse sentido, a consolidação do SGQ_{CEP}, (resultado final da Etapa 2) é crucial para aperfeiçoar o sistema da qualidade industrial e, posteriormente, realizar novos projetos de melhoria do sistema produtivo através de metodologias mais avançadas associadas à Engenharia da Qualidade, como o Seis Sigma e o *Lean Six Sigma*.

5. Considerações finais

A competitividade industrial está ligada à adequada compreensão e abordagem gerencial do trade-off entre custo, qualidade e inovação em produtos e processos, que, nesse sentido, depende de programas voltados ao melhoramento contínuo e uso de modelos de otimização baseados em melhores práticas industriais. A preocupação com a construção de vantagens competitivas leva as indústrias a aperfeiçoarem constantemente o desempenho do sistema de produção através de projetos voltados à otimização do gerenciamento de qualidade, de modo a reduzir custos operacionais e melhorar a performance do negócio, permitindo maximizar o valor agregado de bens e/ou serviços através de esforços para atender aos requisitos do cliente.

Estrategicamente, nas indústrias de pequeno e médio porte, a melhoria do desempenho organizacional é dependente da implantação, estruturação e consolidação de SGQ. A pesquisa teve como principal motivação as dificuldades que a maioria das pequenas e médias indústrias brasileiras possui com relação à execução de projetos de implantação de sistemas de qualidade, sobretudo, levando-se em consideração a necessidade de efetivo uso, disseminação e retenção do conjunto instrumental de base quantitativa-estatística referente ao CEP, que deve ser compreendido como requisito fundamental para a formação de uma cultura corporativa voltada à busca de excelência no desempenho de produtos e processos.

A proposição de um “roteiro otimizado” para auxiliar as indústrias de pequeno e médio porte na construção passo a passo de um sistema da qualidade está alicerçada em um processo preliminar de estruturação das principais áreas-chave industriais para apoiar a disseminação do CEP por toda cadeia produtiva. Portanto, o modelo referencial propriamente dito é constituído por conjuntos de atividades orientativas sequenciais que norteiam a implantação de um sistema de qualidade de base estatística. Por conseguinte, a Etapa 1 visou a realização intensiva de projetos de melhoria nas interfaces gerenciais e áreas-chave de Vendas/*Marketing*, Engenharia do Produto e Processo, Qualidade e Logística, de modo a fornecer os fundamentos para composição *a posteriori* de um sistema da qualidade robusto, prescrevendo um conjunto de práticas estruturantes para os processos de negócio através da lógica do BPM, que integra demandas estratégicas, requisitos do cliente e gerenciamento da qualidade total.

Por sua vez, a Etapa 2 pressupõe a formação de uma cultura de qualidade total através do fortalecimento das ferramentas, técnicas e métodos atrelados ao CEP por todo o sistema produtivo, refletindo um sistema da qualidade interpretado como “pilar construtivo da qualidade”. Assim, o SGQ_{CEP} é o grande responsável pela formação da cultura de medição de desempenho, aprendizagem organizacional da qualidade instrumental estatística e promoção dos projetos de melhoria contínua de

produtos/processos.

O SGQ_{CEP} permite a continuidade de projetos de melhoria mais complexos em produtos e processos críticos através de metodologias industriais mais avançadas, como o Programa Seis Sigma e o *Lean Six Sigma*, que são considerados vertentes evolutivas do *Total Quality Management* (TQM) para que o sistema produtivo atinja o conceito de Indústria 4.0. A proposição do modelo referencial foi embasada por uma pesquisa bibliográfica atualizada e elaborada a partir de bases internacionais e nacionais, sempre com foco na avaliação de trabalhos científicos publicados em língua inglesa nos últimos cinco anos.

Por fim, como sugestão para futuros trabalhos, tem-se a aplicação integral e fidedigna do modelo referencial em pelo menos uma PMI, com o intuito de realizar sua validação através de pesquisa-ação e narrativa da implantação via estudo de caso, bem como uma validação adicional do modelo proposto mediante a realização de estudo compreensivo multicase em pelo menos três empresas detentoras de sistemas de qualidade devidamente estruturados, onde se buscaria avaliar a aderência do modelo referencial proposto comparativamente ao entendimento do processo histórico de implantação dos SGQ presentes nessas organizações industriais.

Referências

- ANHOLON, R.; RAMPASSO I. S.; ORDONEZ, R. E. C.; SILVA, D.; QUELHAS, O. L. G. & FILHO, W. L. *Observed difficulties during implementation of quality management systems in Brazilian manufacturing companies*. Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 29, n. 1, p. 149-167, 2018.
- ANTONUCCI, Y. L. & GOEKE, R. J. *Identification of appropriate responsibilities and positions for business process management success: seeking a valid and reliable framework*. Business Process Management Journal Vol. 17, n. 1, p. 127-146, 2011.
- ASIF, M.; BRUIJN, E. J.; DOUGLAS, A. & FISSCHER, O. A. M. *Why quality management programs fail: a strategic and operations management perspective*. International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 26, n. 8, p. 778-794, 2009.
- BACOU, P.; MICHEL, C.; HABCHI, G. & PRALUS, M. *From a quality management system (qms) to a lean quality management system (LQMS)*. The TQM Journal Vol. 30, n. 1, p. 20-42, 2018.
- BERNARDES, E.; MUNIZ JUNIOR, J. & NAKANO, D. *Pesquisa qualitativa em engenharia de produção e gestão de operações*. São Paulo: Atlas, 2018.
- BERTALANFFY, L. V. *Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações*. Petrópolis: Vozes, 2008.
- BONATO, S. V. & CATEN, C. S. T. *Diagnóstico da integração dos sistemas de gestão ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001*. Production Vol. 25, n. 3, p. 626-640, 2015.
- CASTILLO-PECES, C.; MERCADO-IDOETA, C.; PRADO-ROMAN, M. & CASTILLO-FEITO, C. *The influence of motivations and other factors on the results of implementing ISO 9001 standards*. European Research on Management and Business Economics Vol. 24, n. 1, p. 33-41, 2017.
- CAUCHICK-MIGUEL, P. A. *Metodologia científica para engenharia*. Amsterdã: Elsevier, 2019.
- COBB, B. & LI, L. *Bayesian networks for statistical process control with attribute data*. International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 36, n. 2, p. 232-256, 2019.
- DELLANA, S. & KROS, J. *ISO 9001 and supply chain quality in the USA*. International Journal of Productivity and Performance Management Vol. 67, n. 2, p. 297-317, 2018.
- DEZI, L.; SANTORO, G.; GABTENI, H. & PELLICELLI, A. C. *The role of big data in shaping ambidextrous business process management: case studies from the service industry*. Business Process Management Journal Vol. 24, n. 5, p. 1163-1175, 2018.
- DJOFAK, S. & CAMACHO, M. A. R. *Implementation of ISO 9001 in the Spanish tourism industry*.

International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 34, n. 1, p. 18-37, 2017.

DUMAS, M., LA ROSA, M., MENDLING, J. & REIJERS, H. A. *Fundamentals of business process management*. New York: Springer, 2013.

DUMAS, M.; LA ROSA, M.; MENDLING, J. & REIJERS, H. A. *Introduction to business process management*. Fundamentals of Business Process Management, p. 1-33, 2018.

GOETSCH, D. L. & DAVIS, S. *Quality management for organizational excellence: introduction to total quality*. 7. ed. London: Pearson, 2015.

GRIGG, N. P. & WALLS, L. *Developing statistical thinking for performance improvement in the food industry*. International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 24, n. 4, p. 347-369, 2007.

JOHN, B. & SINGHAL, S. *An application of integrated EPC-SPC methodology for simultaneously monitoring multiple output characteristics*. International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 36, n. 5, p. 669-685, 2019.

LAKATOS, E. M. & MARCONI, M. A. *Metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MULLER, P.; CALIANDRO, C.; PEYCHEVA, V.; GAGLIARDI, D.; MARZOCCHI, C.; RAMLOGAN, R. & COX, D. *Annual report on European SMEs 2014 / 2015, SMEs start hiring again*. Brussels: European Union, 2016.

OST, J. H. & SILVEIRA, C. G. *Avaliação do processo de transição da ISO 9001:2008 para a ISO 9001:2015: um estudo voltado para empresas químicas do Estado do Rio Grande do Sul*. Gestão & Produção Vol. 25, n. 4, p. 726-736, 2018.

POKSINSKA, B.; EKLUND, J. A. E. & DAHLGAARD, J. J. *ISO 9001:2000 in small organisations*. International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 23, n. 5, p. 490-512, 2006.

PYON, C. U.; WOO, J. Y. & PARK, S. C. *Service improvement by business process management using customer complaints in financial service industry*. Experts Systems with Applications Vol. 38, n. 4, p. 3267-3279, 2011.

RANTAMAKI, J.; TIAINEN, E. L. & KASSI, T. *A case of implementing SPC in a pulp mill*. International Journal of Lean Six Sigma Vol. 4, n. 3, p. 321-337, 2013.

SCHUMPETER, J. A. & MCDANIEL, B. *The nature and essence of economic theory*. Piscataway: Transaction Publications, 2009.

SEVERINO, A. J. *Metodologia do trabalho científico*. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

TANEJA, S.; PRYOR, M. G. & HAYEK, M. *Leaping innovation barriers to small business longevity*. Journal of Business Strategy Vol. 37, n. 3, p. 44-51, 2016.

TERZIOVSKI, M. *Innovation practice and its performance implications in small and medium enterprises (SMEs) in the manufacturing sector: a resource-based view*. Strategic Management Journal Vol. 31, n. 8, p. 892-902, 2010.

VRONTIS, D.; THRASSOU, A.; SANTORO, G. & PAPA, A. *Ambidexterity, external knowledge and performance in knowledge-intensive firms*. The Journal of Technology Transfer Vol. 42, n. 2, p. 374-388, 2017.

WANG, W. & ZHANG, W. *Early defect identification: application of statistical process control methods*. Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 14, n. 3, p. 225-236, 2008.