

## APLICAÇÃO DE MÉTODOS DA MELHORIA CONTÍNUA EM UM PROCESSO PRODUTIVO DE ELEMENTOS FIXADORES

### APPLICATION OF METHODS OF THE CONTINUOUS IMPROVEMENT IN A PRODUCTIVE PROCESS OF FIXING ELEMENTS

#### Resumo

*O gerenciamento da melhoria contínua em tempos de globalização, tornou-se ao longo dos anos o principal fator competitivo entre empresas do mundo inteiro dos mais variados setores de produção cuja sobrevivência no mercado demanda a otimização de processos produtivos para oferecer produtos e serviços que atendam as expectativas de seus clientes. Neste cenário, as empresas precisam gerenciar suas atividades e recursos para alcançar bons resultados, adaptando ferramentas e metodologias que permitam configurar seu processo de gerenciamento da melhoria contínua. Este trabalho tem como objetivo apresentar e propor a aplicação dos métodos PDCA e Kaizen como ferramentas suporte ao gerenciamento da melhoria contínua para reduzir índices de não conformidade referentes às características da qualidade tração e dureza de um processo de produção de elementos fixadores tais como parafusos empregados na fixação de estruturas metálicas. A empresa adotada opera no segmento metal mecânico da região norte do estado de Santa Catarina, cuja principal atividade é a fabricação de elementos de fixação como parafusos, porcas, arruelas, entre outros. Os resultados obtidos revelaram uma redução significativa dos índices de não conformidades em fixadores relativo à tração e dureza. Estes resultados são considerados satisfatórios na medida em que cumpriram os objetivos inicialmente propostos e favoreceram o compromisso de melhoria contínua deste processo.*

**Palavras-chave:** melhoria contínua; metodologias de gerenciamento, processo de produção.

#### Abstract

*The management of continuous improvement in times of globalization has become, over the years, the main competitive factor among companies worldwide of the most varied production sectors whose survival in the market demands the optimization of productive processes to offer products and services that meet the expectations of its customers. In this scenario, companies need to manage their activities and resources to achieve good results, adapting tools and methodologies that allow them to configure their continuous improvement management process. This paper aims to present and propose the application of the PDCA and Kaizen methods as tools to support the management of continuous improvement to reduce nonconformity indices referring to the characteristics of the quality traction and hardness of a process of production of fastening elements such as screws used in the fixing of metal structures. The adopted company operates in the mechanical metal segment of the northern region of the state of Santa Catarina, whose main activity is the manufacture of fasteners such as screws, nuts, washers, among others. The results obtained showed a significant reduction in the indexes of non-conformities in fasteners relative to traction and hardness. These results are considered satisfactory in that they fulfilled the initially proposed objectives and favored the commitment of continuous improvement in this process.*

**Keywords:** continuous improvement; management methodologies; production process.

[www.dep.uem.br/revistapis](http://www.dep.uem.br/revistapis)

Custodio da Cunha Alves  
[custodio.alves@gmail.com](mailto:custodio.alves@gmail.com)  
Univille Universidade

Data do envio: 11/03/2019  
Data da aprovação: 18/11/2019  
Data da publicação: 19/12/2019

Universidade Estadual de Maringá  
Engenharia de Produção  
v.06, n.01 : p.001-014, 2019





## 1. Introdução

O ambiente empresarial, em tempos de globalização, encontra-se submetido a constantes mudanças de cenários e a competitividade vem se intensificando significativamente ao longo dos anos, aumentando cada vez mais a busca por espaço entre as organizações no mercado onde atuam. Neste contexto, as empresas precisam gerenciar suas atividades e recursos para orientá-los a alcançar bons resultados, adaptando ferramentas e metodologias que permitam configurar seu processo de gerenciamento e melhoria contínua.

O gerenciamento da melhoria contínua, com a globalização, tornou-se ao longo dos anos o principal fator competitivo entre empresas do mundo inteiro, dos mais variados setores de produção. Essa internacionalização crescente da economia, caracterizada por um mercado global extremamente agressivo, tem estimulado cada vez mais a indústria moderna a adotar políticas que possam assegurar a sua sobrevivência e competitividade, através da tomada de decisões de suas atividades de gestão estimulando a melhoria contínua de seus produtos e processos (RICARDO, et al., 2013).

A atual conjuntura na qual as empresas nacionais que além de enfrentar crises econômicas dos últimos anos, encontram-se imersas em um ambiente competitivo com mudanças constantes, cada vez mais frequentes. Assim, a qualidade dos produtos e a melhoria contínua dos processos tornam-se um imperativo para a sobrevivência dessas empresas, com o objetivo de oferecer produtos e serviços a baixo custo e que atendam as expectativas de seus clientes. Neste cenário, estas empresas precisam gerenciar suas atividades e recursos para orientá-los a alcançar bons resultados, adaptando ferramentas e metodologias que permitam configurar seu processo de gerenciamento da melhoria contínua.

A implementação de um sistema de gestão da qualidade fundamentado em metodologias para o gerenciamento de melhoria contínua tais como Kaizen e PDCA poderá permitir que toda empresa nacional da atual conjuntura desenvolva políticas, estabeleça objetivos e processos, tome as ações necessárias e, sobretudo, como uma forma de encarar o atual cenário que pode ajudar a empresa a se descobrir e orientar as mudanças que a tornam mais eficiente e competitiva.

O objetivo geral deste trabalho é a aplicação de metodologias de melhoria contínua tais como Kaizen e PDCA na análise e melhoria do processo de produção de fixadores para reduzir índices de não conformidades referentes as característica de qualidade tração e dureza do elemento de fixação parafuso de aço 1040 com diâmetros superiores a uma polegada que é aplicado na fixação de estruturas metálicas. A empresa cujo processos produtivos são aplicados tais metodologias para o gerenciamento de melhoria contínua opera no segmento metal mecânico da região norte do estado de Santa Catarina, cuja principal atividade é a fabricação de elementos de fixação como parafusos, porcas, arruelas, entre outros.

Os objetivos específicos visaram à compreensão do que é a melhoria contínua, filosofia Kaizen e o ciclo PDCA; aplicação das ferramentas básicas da qualidade utilizadas na implementação do ciclo PDCA permitindo a orientação do processo de tomada de decisão para o estabelecimento das metas, dos meios e ações necessárias para executá-las e acompanhá-las a fim de garantir a melhoria contínua do processo produtivo em questão; formação e participação de grupos de trabalho Kaizen; executar ações de melhoria aplicando a metodologia Kaizen como as práticas 5S's e o PDCA como veículo que assegura a sua continuidade no prosseguimento de uma política que mantenha e melhore os padrões de trabalho.

A metodologia utilizada cuja sistemática de aplicação envolvem os métodos Kaizen e PDCA como ferramenta suporte que permitem a análise e a melhoria contínua do processo produtivo de elementos de fixação, objeto de estudo deste trabalho.

Este artigo está estruturado em cinco seções, incluindo a presente introdução onde encontram-se descritos os objetivos do trabalho e a motivação para os métodos de melhoria contínua propostos fazendo uma alusão à importância da filosofia Kaizen em ambientes de economia globalizada para o gerenciamento de melhoria contínua dos processos de produção; a seção 2 apresenta um breve referencial teórico sobre elementos de fixação com destaque aos ensaios mecânicos de tração e dureza para avaliação das propriedades mecânicas em parafusos do processo de produção, objeto de estudo deste trabalho; na seção 3, são descritos os procedimentos da metodologia adotada cuja sistemática envolve a aplicação dos métodos de melhoria contínua Kaizen e PDCA; na seção 4, está a análise e discussão dos resultados; e finalmente, a seção 5, apresenta as considerações finais.

## 2. Referencial Teórico

O gerenciamento da melhoria contínua em tempos de globalização, tornou-se ao longo dos anos o principal fator competitivo entre empresas do mundo inteiro dos mais variados setores de produção cuja sobrevivência no mercado demanda a otimização de processos produtivos para oferecer produtos e serviços que atendam as expectativas de seus clientes. Neste cenário, as empresas precisam gerenciar suas atividades e recursos para alcançar bons resultados, adaptando ferramentas e metodologias que permitam configurar seu processo de gerenciamento da melhoria contínua.

## Ferramentas de suporte à melhoria contínua

A melhoria contínua é considerada como uma das formas mais eficazes para melhorar o desempenho e a qualidade das organizações, uma vez que não se pode ignorar sua importância na antecipação de qualquer cenário de mudança. Por isso, é fundamental enquanto raiz de desenvolvimento permanente numa organização, uma vez que o processo de melhoria contínua é um caminho que permite levar tal organização para estágios de maior desempenho e sustentabilidade.

A implementação e manutenção da filosofia de melhoria contínua numa organização implicam na presença de metodologias que de forma disciplinada e contínua, a promovam. Adotar um programa Kaizen, aplicando o ciclo PDCA como metodologia de suporte à melhoria contínua, é um importante passo para colocar em prática soluções aos problemas. Esta é uma forma mais eficiente para praticar a melhoria contínua de forma sustentável. Por isso, é fundamental enquanto raiz de desenvolvimento permanente numa organização (RICARDO, et al., 2013).

## Metodologia Kaizen

A metodologia Kaizen (também conhecida como uma filosofia) cujo termo japonês Kaizen significa melhoria contínua é um dos pilares da filosofia Lean (GREEN, et al., 2010). A melhoria contínua via metodologia Kaizen envolve a participação de todos os colaboradores desde o diretor executivo até à linha de montagem, e tem como principal objetivo melhorar os processos e desempenhos da organização, implementando melhorias que envolvam baixos investimentos (THOMAZ, 2015).

O processo de melhoria contínua é um caminho que permite levar as empresas para estágios de maior desempenho e sustentabilidade. Neste contexto, o pensamento orientado para tal processo, o ciclo PDCA, a priorização da qualidade, a

gestão baseada em dados, a focalização no cliente, o trabalho em equipes e autodisciplina são algumas das principais premissas que alicerçam a metodologia Kaizen. O primeiro passo no processo Kaizen estabelece o ciclo PDCA, também conhecido por ciclo de Deming, como veículo que assegura a sua continuidade no prosseguimento de uma política que mantenha e melhore os padrões de trabalho.

O Kaizen visa reduzir as perdas na esfera do trabalho prático que afetam as eficiências desse trabalho. Usando um procedimento detalhado e direto, pode-se eliminar as perdas de forma sistemática usando várias ferramentas Kaizen (DIMITRESCU, et al., 2018). Estas atividades não se limitam apenas às áreas de produção, mas também podem ser implementadas em áreas administrativas (GARZA-REYES, et al., 2018).

A melhoria contínua através da metodologia Kaizen consiste em eliminar desperdícios de

forma contínua e gradual, com o intuito de aumentar a produtividade, sendo que a sua meta é a obtenção da perfeição. Para esta metodologia funcionar na sua plenitude é necessário que haja envolvimento e dedicação de todos os colaboradores da empresa.

O Kaizen (Kai = Mudar e Zen = Melhorar) não é uma técnica que atua de forma independente, é na verdade, uma metodologia, ou seja, uma filosofia que engloba todas as técnicas de melhoria e faz a ligação entre cada ferramenta. Quando esta filosofia é aplicada adequadamente numa empresa de forma gradativa os processos serão melhorados continuamente.

A metodologia Kaizen segundo (IMAI, 1986), é um guarda-chuva que abrange todas as técnicas de melhoria, tirando o máximo proveito do que cada uma oferece conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - O "guarda-chuva"



Fonte: O "guarda-chuva" Kaizen (adaptado de IMAI, 1986)

Num ambiente de trabalho, o Kaizen significa um processo de melhoria contínua envolvendo todos, mas, de um modo geral a filosofia kaizen defende uma melhoria não só num ambiente empresarial como também na vida pessoal e na vida social (IMAI,1986). Podemos então, tentar encarar o Kaizen como

um estado de espírito, uma mudança de mentalidade para outra mais atenta e dedicada em encontrar formas de melhorar constantemente o que fazemos. Essa é, portanto, a essência da filosofia Kaizen que não visa tão somente ganhos de produtividade, redução de custos e eliminação de

desperdícios. Visa, sobretudo, a melhoria contínua das condições de trabalho do homem, buscando sua total interação com os processos de manufatura, aumentando assim a sua satisfação

Tal como muitas das abordagens de gestão, a melhoria contínua não é uma solução rápida, tanto para implementar, quanto para fornecer resultados uma vez que aos poucos, as melhorias surgem, dando tempo a todos para se ajustarem e aprenderem. Cada pequeno incremento dado no sentido de melhoria contínua é apoiado num ciclo de melhoria contínua, designado por ciclo PDCA. Este ciclo é repetido continuamente até que a perfeição seja alcançada (PINTO, 2012).

### Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) conhecido como o ciclo de melhoria contínua ou ciclo de Deming foi originalmente desenvolvido por Walter Shewhart em 1930. No entanto, só a partir de 1950 com Edwards Deming no Japão, é que o ciclo começa a ser popularizado (DEMING, 2018; SHEWHART, 2015). É uma metodologia para solução de problemas baseada na melhoria contínua, que possibilita que as diretrizes traçadas pelo planejamento estratégico sejam viabilizadas na empresa, sendo de extrema importância o alinhamento de todos os colaboradores dentro da organização com o método (CAMPOS, 2014).

Atualmente, poucas metodologias de gestão mostram-se tão eficazes no gerenciamento da melhoria contínua como o método ciclo PDCA cuja correta aplicação conduz a ações sistemáticas que dinamizam a obtenção de bons resultados, com a finalidade de garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações.

O ciclo PDCA é uma metodologia dinâmica que pode ser implementada pela gestão dos processos de uma organização para a melhoria contínua da organização, metodologia com a qual estão alinhados os requisitos normativos,

uma vez que, o PDCA pode ser uma ferramenta da qualidade útil para definir, implementar e controlar ações corretivas e de melhoria. Além disso, é mais do que apenas uma ferramenta da qualidade. É um conceito fundamental para melhoria contínua de processo incorporado na cultura da organização. Como é simples de entender é importante que seja amplamente utilizado em ambientes organizacionais que buscam o aprimoramento contínuo de seus processos (SOKOVIC, PAVLETIC & PIPAN, 2010).

Uma das ferramentas mais importantes para a produção Lean é o ciclo PDCA. Este ciclo procura a melhoria contínua, impedindo a estagnação dos processos, buscando um estado de perfeição, impossível de atingir, que obriga a um ciclo infinito de melhorias. Por norma, à medida que se fazem ciclos PDCA, a dificuldade vai aumentando, o que torna o trabalho cada vez mais elaborado para quem o realiza (RIBEIRO, 2011).

A manutenção e melhoria do desempenho dos processos podem ser alcançadas através da aplicação do conceito de PDCA a todos os níveis da organização. Isto aplica-se a todos os processos, desde os processos de estratégicos para as atividades operacionais mais simples.

A análise preliminar do PDCA é realizada via Controle da Qualidade de Resposta Rápida (Quick Response Quality Control, QRQC) que lista as questões, seu impacto no trabalho realizado e sua gravidade. Ao mesmo tempo, durante as sessões do "QRQC", a evolução da análise e o grau de avanço dentro dela são seguidos (DIMITRESCU, et al., 2018).

Segundo Werkema (2016), o ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões aplicado para atingir as metas necessárias à sobrevivência de uma organização. Portanto, quanto mais informações (fatos, dados e conhecimentos) forem agregadas ao método, maiores serão as chances de alcance das metas. Este ciclo de melhoria contínua faz parte do KAIZEN que tem como principal objetivo

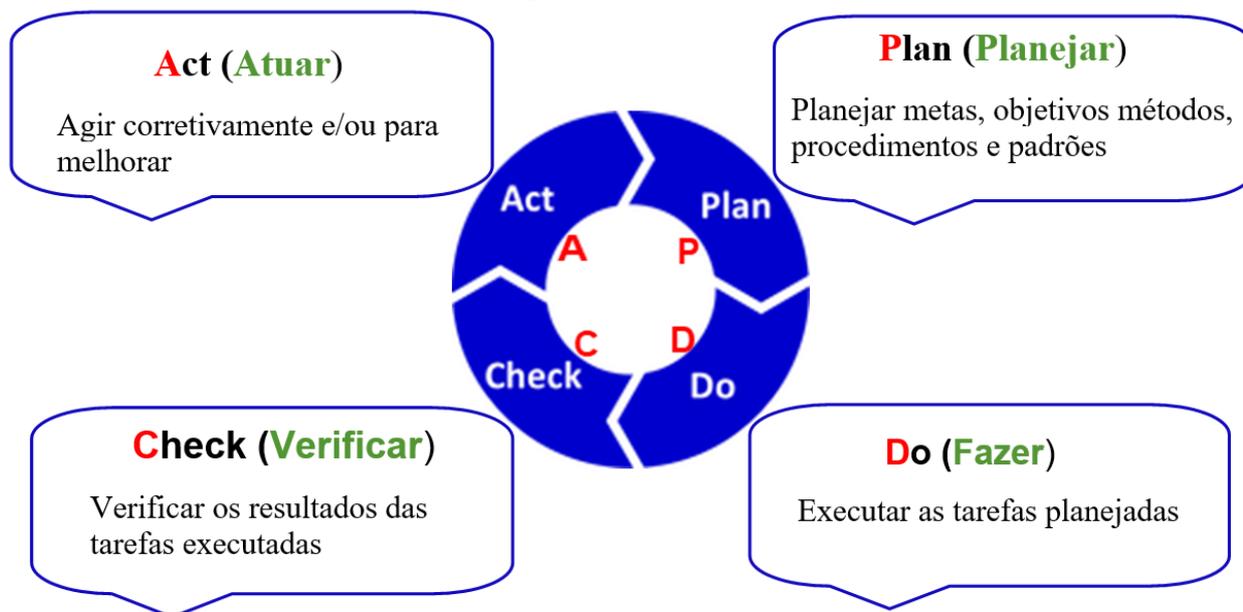
alcançar um resultado sustentável com investimentos muito pequenos (HASAN & HOSSAIN, 2018).

O ciclo PDCA é um processo iterativo através do qual as melhorias são implementadas a um processo qualquer. Isto deve-se ao fato de uma falha na obtenção de resultados indica uma falha no processo, pelo que é necessário melhorá-lo. O ciclo se inicia pelo planejamento. Em seguida, a ação ou conjunto de ações planejadas são executadas, analisa-se se o que foi realizado estava de acordo com o planejado, e toma-se uma ação

para eliminar ou amenizar defeitos no produto ou nos processos em execução.

O PDCA é constituído por quatro fases (Plan, Do, Check e Act) estruturadas de maneira cíclica, e por isso, possuindo uma característica de aplicação contínua e constante. Cada quadrante do ciclo é representado por uma fase que deve ser aplicada para que a seguinte possa ser realizada. De acordo com a figura 2, o ciclo PDCA segue o espírito de melhoria contínua, onde o processo pode ser sempre reavaliado, sendo reiniciado no início de cada novo ciclo, um novo processo de mudança.

Figura 2 – Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Moen & Norman, 2009

O ciclo PDCA, conforme ilustrado na Figura 2, consiste em implementar a seguinte sequência de suas quatro etapas que devem ser executadas repetidamente na gestão de qualquer processo:

- Planejar (Plan): O problema é o que impede o alcance dos resultados esperados, ou seja, das metas; analisar o fenômeno, analisando-se os dados relacionados com o problema; analisar

o processo, tentando descobrir-se as causas fundamentais dos problemas e elaborar um plano de ação;

- Executar (Do): realizar as atividades conforme o plano de ação previamente traçado;
- Verificar (Check): monitorar e avaliar periodicamente os resultados e processos, confrontando-os com os objetivos, especificações e estados desejados, consolidando as

informações, eventualmente elaborando relatórios. Atualizar ou implementar a gestão visual;

- Atuar (Act): agir de acordo com o avaliado e tendo em conta os relatórios, eventualmente determinar e elaborar novos planos de ação, de forma a melhorar a qualidade, eficiência e eficácia, aprimorando a execução e corrigindo eventuais falhas ações que permitam a melhoria contínua do desempenho dos processos.

Para que processos de melhorias de fato ocorram é imprescindível a contribuição dos colaboradores envolvidos fornecendo novas ideias para solução de problemas. Para isso, existem métodos que podem ajudar na revelação de novas ideias e entre eles está o Brainstorming que é uma técnica de geração de ideias em grupo que envolve a contribuição espontânea de todos os colaboradores de uma organização. Sua utilização propõe soluções criativas e inovadoras para solução de problemas. No processo de melhoria contínua esta técnica pode ser aplicada como ferramenta de auxílio ao ciclo PDCA, pois através dessa ferramenta os colaboradores participam do processo de mudança, contribuindo com ideias tanto de identificação de problemas a serem solucionados quanto de ações de melhorias a serem implantadas.

Segundo Campos (2014), na etapa P(Planejar) do ciclo PDCA deve-se utilizar ferramentas para identificar o problema, como por exemplo, Brainstorming que tem como objetivo levantar todas as causas do problema através da exposição das ideias dos participantes da equipe.

### 3. Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho envolve a sistemática de aplicação dos métodos Kaizen e PDCA como ferramenta de apoio que permitem a análise e a melhoria contínua de um processo produtivo de elementos de fixação. A empresa cuja metodologia de aplicação abrange tais métodos da melhoria contínua em seu processo de produção opera no segmento metal mecânico da região norte do estado de Santa Catarina, cuja principal atividade é a fabricação de elementos de fixação como parafusos, porcas, arruelas, entre outros.

O processo de produção de elementos de fixação tais como parafusos dessa empresa é composto por um longo processo produtivo devido a grande variedade desses produtos existente. De maneira geral esse processo envolve etapas distintas de fabricação como a decapagem, conformação mecânica, laminação, tratamento térmico e tratamento superficial conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma do processo de fabricação do parafuso



Fonte: Autores (2019)

A proposta de aplicação dos métodos PDCA e Kaizen como ferramentas suporte ao gerenciamento da melhoria contínua para reduzir índices de não conformidade referentes às características da qualidade tração e dureza do processo do processo produtivo de elementos fixadores dessa empresa, objeto de estudo deste trabalho, envolvem apenas parafusos de aço 1040 com diâmetros

superiores a uma polegada e que são empregados na fixação de estruturas metálicas.

A adoção do processo de produção varia conforme o tipo de parafuso a ser fabricado. Ao final de cada processo os produtos passam por ensaios mecânicos, para garantir a qualidade dentro das especificações normativas.

Neste trabalho, a atenção de melhoria contínua esteve voltada as etapas de fabricação que envolvem tratamento térmico e superficial do processo produtivo de elementos fixadores envolvendo parafusos de aço 1040 para reduzir índices de não conformidades referentes à tração e a dureza fora do especificado, causas estas que não atendem as especificações normativas e que por sua vez são resultantes de redução de tensões para níveis considerados aceitáveis.

Conforme normas existentes, o aumento ou redução da dureza apropriado conforme norma estabelecida, atuam na resistência mecânica do parafuso, temperatura de têmpera de austenitização e tempo de austenitização ambos fora do especificado pela norma. Além disso, óleo inadequado para a têmpera, composição química do aço, temperatura e tempo de revenimento para aliviar as tensões, velocidade de resfriamento, regulagem do forno, inclusões não metálicas, contração térmica, etc.

A norma estabelece que para atingir uma dureza especificada de 33/38 HRC (311HB/353HB) é necessário utilizar uma temperatura que varia entre 580° e 590°C e a Tensão de tração varie entre de 1035 e 1173N/mm<sup>2</sup>, conforme normativa de especificação ASTM-A490. Desta forma, as causas decorrentes das características da qualidade que envolvem não conformidades referentes a tração e a dureza em elementos fixadores abordadas neste trabalho são obtidas ao longo das etapas do processo do tratamento térmico e superficial do processo produtivo, objeto de estudo deste trabalho. Tais etapas são responsáveis pela maioria dos índices de parafusos com a tração e /ou a dureza fora das especificações normativas. Estas causas são definidas nesse processo através do método de Brainstorming (Cinco Porquês e Ishikawa).

### **Desenvolvimento do ciclo PDCA**

O ciclo PDCA neste trabalho, conforme Figura 2, envolvem as quatro fases distintas e de suma

importância para o processo de melhoria contínua. Para o desenvolvimento completo do ciclo é aplicada a metodologia do ciclo PDCA para o gerenciamento da melhoria contínua no processo redução da tração e dureza do parafuso A490 fora do especificado, e as ferramentas estatísticas adequadas para atingir os objetivos propostos.

Na primeira fase do Ciclo PDCA é planejado as metas, traçado os objetivos, os métodos e procedimentos a serem realizados para atacar as causas responsáveis pela origem das não conformidades, tentando desta forma solucionar o problema.

O problema de não conformidade abordado neste artigo, consiste na aplicação de ferramentas de suporte à melhoria para a redução dos índices de tração e dureza fora do especificado em parafuso A490 para aço SAE 4140 acima de 1 polegada, uma vez que, após esta etapa do processo produtivo este produto é utilizado pelo cliente final na montagem de estruturas metálicas.

Na aplicação do ciclo PDCA após exposto o problema referente aos índices de não conformidades de parafusos resultante de tração e dureza fora de especificações normativas via diagrama de causa e efeito, foi estabelecido uma meta a ser alcançada, meta esta que, para o presente artigo, é estabelecido uma redução de reprocesso no tratamento térmico na ordem de 80% do parafuso A490 citado anteriormente.

Para atender o desenvolvimento do PDCA foi estruturado um plano de trabalho para investigar e avaliar as não conformidades. Para isso, efetuou-se uma coleta e registro de dados para que o sistema pudesse ser auditado e avaliado posteriormente.

Os dados foram retirados do software de ERP utilizado na empresa em estudo via ambiente SAP. Com os resultados desses dados aliado à utilização o uso de ferramentas estatísticas da qualidade de tais como o gráfico de Pareto que

demonstra as causas decorrentes das não conformidades encontradas no processo produtivo, visando à eliminação das causas responsáveis pelas não conformidades.

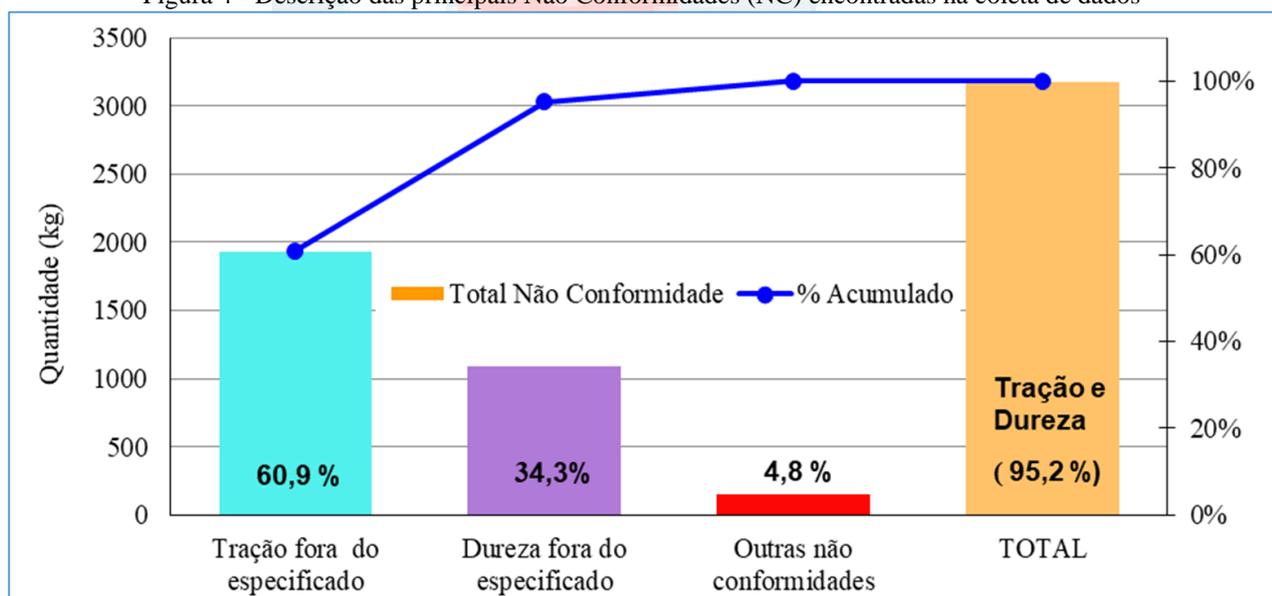
Para a análise das causas em potencial, também foi utilizado o Diagrama de Causa e Efeito, para desta forma evidenciar e classificar as possíveis causas do problema em estudo, o que contribuiu também para orientação das discussões sobre o tema relacionado. Além disso, outras ferramentas utilizadas para complementar à análise como as ferramentas dos Cinco Porquês e Brainstorming. Com o planejamento estabelecido e as causas definidas foi dado o prosseguimento para a segunda fase do ciclo PDCA, a fase Do (Fazer ou Executar).

### Estratificação dos dados

Durante um determinado período foi realizado uma coleta de dados para analisar e identificar os prejuízos decorrentes da tração e dureza fora do especificado para propor uma melhoria sobre este estudo. Os resultados desta análise são identificados com ferramentas estatísticas tais como gráfico de Pareto (Figura 4).

Com uma coleta de dados concluída e a meta estabelecida, realizou-se a estratificação dos dados coletados para análise durante o período estabelecido. Com isso, ficou evidente que para a quantidade produzida nesta análise as principais não conformidades encontradas: tração com 1932,4 kg, dureza 1091kg e outras não conformidades apenas 152 kg.

Figura 4 - Descrição das principais Não Conformidades (NC) encontradas na coleta de dados



Fonte: Autores (2019)

Conforme Figura 4, as não conformidades apontadas durante a estratificação dos dados estão relacionadas com o desenvolvimento da causa do problema a ser resolvido, causa esta, com 34,3% das não conformidades apontadas com a tração fora do especificado e 60,9% com dureza fora do especificado, ou seja, 95,2% (tração + dureza). Aparecem ainda outras não conformidades com menor gravidade, com uma frequência bem menor que corresponde

apenas 4,8% do total. Estas não conformidades não são utilizadas neste estudo que envolve apenas não conformidades relativas a tração e dureza encontradas via estratificação dos dados.

### Técnica de análise “cinco porquês”

A fase Do (Fazer ou Executar) do ciclo PDCA lista as causas para as não conformidades encontradas no processo de fabricação de

elementos de fixação, os motivos e as ações para estas não conformidades.

A Tabela 1 ilustra os dados relacionados a técnica de análise dos “cinco Porquês”, determinando o que fazer, como fazer e a etapa de cada ação a ser realizada.

Tabela 1 - Descrição das principais causas para desenvolvimento da técnica de análise “Cinco Porquês”

CAUSAS 1: PORQUÊ	MOTIVOS	O que fazer/Como fazer
Temperatura de austenitização	Aumenta o choque térmico	Diminuir temperatura de Austenitização para níveis especificados pela norma vigente
	Aumenta a diferença de temperatura inicial e final.	
CAUSAS 2: PORQUÊ	MOTIVOS	O que fazer/Como fazer
Temperatura do óleo de têmpera	Tratamento térmico	Aumentar a temperatura do óleo
	Causa um choque térmico inadequado	
CAUSAS 3: PORQUÊ	MOTIVOS	O que fazer/Como fazer
Regulagem do forno incorreta	Erro operacional	Verificar procedimentos estabelecidos
CAUSAS 4: PORQUÊ	MOTIVOS	O que fazer/Como fazer
Temperatura de revenimento incorreta	Erro de especificação	Revisar procedimentos estabelecidos
CAUSAS 5: PORQUÊ	MOTIVOS	O que fazer/Como fazer
Composição química do aço	Qualidade da matéria prima	Verificar materiais utilizados
Velocidade do resfriamento	Aumenta o choque térmico	Verificar velocidade de resfriamento

Fonte: Autores (2019)

### Método Brainstorming

Na metodologia do ciclo PDCA, o método brainstorming é aplicado, caracterizando a fase do ciclo PDCA. Foram realizadas várias reuniões entre os membros da equipe para levantarem as possíveis causas dos produtos estarem sendo produzidos com a tração e dureza fora do padrão especificado. Com as suposições anotadas foi realizada uma análise de tais hipóteses para melhor dimensionar as suposições propostas. Desta forma as principais ideias foram listadas como:

- Óleo inadequado de têmpera;
- Composição química do aço;
- Temperatura do óleo de tempera;
- Regulagem do forno errada;
- Velocidade do resfriamento;

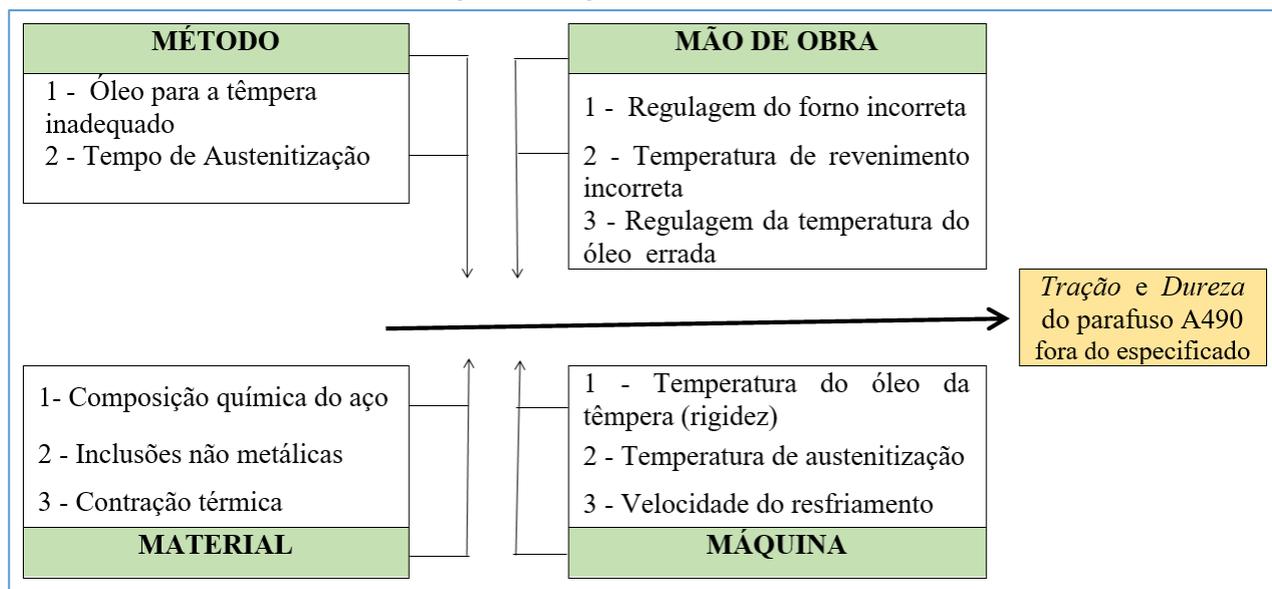
Com os resultados obtidos através do brainstorming onde estas suposições foram

utilizadas através de outra ferramenta da qualidade que forneceu assim uma real dimensão da raiz do problema existente.

### Diagrama de Causa e Efeito

Na continuidade do ciclo PDCA, foi utilizada a ferramenta da qualidade Diagrama de Causa e Efeito por ser uma técnica objetiva e adequada para ilustrar as principais causas do problema em questão. Esta ferramenta foi desenvolvida para representar as relações existentes entre um problema ou o efeito indesejável do resultado do processo bem como todas as possíveis causas desse problema. Desta forma, esta ferramenta atuou como um guia na identificação da causa fundamental desse problema e para a determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas conforme Figura 5.

Figura 5 - Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: Autores (2019)

### Ciclo PDCA – etapa (Check)

Nesta fase do ciclo PDCA foi realizado o monitoramento das ações destacadas na fase anterior, ações estas que visaram à redução das principais não conformidades conforme estabelecido na meta de planejamento do ciclo PDCA. Com isso verificou-se a eficácia do planejamento e da fase do ciclo.

### Ciclo PDCA – etapa (Act)

As ações tomadas no processo anterior foram padronizadas ao longo desta fase visando à manutenção das ações efetuadas ao longo do ciclo PDCA. Desta forma, torna o ciclo completo e contínuo. As ações preventivas e/ou corretivas tomadas para alcançar os objetivos propostos neste trabalho conforme a seguir:

- Redução da temperatura de austenitização;
- Aumento da temperatura do óleo para 70°C;
- Reciclagem com os operadores nos procedimentos do tratamento térmico adequado;
- Definido um novo procedimento com as informações referentes ao

revenimento conforme estabelecido pela norma técnica;

- Avaliação da procedência dos materiais e suas propriedades químicas conforme especificações normativas;
- Avaliação da velocidade de resfriamento do óleo da têmpera de acordo com o especificado pelo processo produtivo.

Ampliando o foco das análises para outras situações, neste caso para outras não conformidades encontradas no mesmo tratamento térmico, porém, com menor intensidade, buscando com isso, consolidar os procedimentos de trabalho e tornar estes métodos irreversíveis como ferramenta de análise e melhoria.

## 4. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos com a aplicação das metodologias de apoio ao gerenciamento da melhoria contínua Kaizen e PDCA propostas neste trabalho indicam que os objetivos foram atingidos. Após uma nova coleta de dados ficou evidenciado que houve redução significativa de não conformidades encontradas após a aplicação de tais metodologias principalmente no processo de

tratamento térmico do parafuso A490 com diâmetro acima de 1 polegada. As ações tomadas a partir deste estudo incluem a redução da temperatura de austenitização, aumento da temperatura do óleo para 70°C, estabelecido um novo procedimento com as informações referentes ao revenimento, avaliação da velocidade de resfriamento do óleo de têmpera de acordo com especificação do processo produtivo e a realização de reciclagem dos operadores com relação aos novos procedimentos do tratamento térmico adotado.

Os temas abordados neste trabalho com aplicação dos métodos Kaizen e PDCA como ferramentas de apoio dentro do âmbito que lhes deu origem, a melhoria contínua na gestão da qualidade potenciaram a adoção de um conjunto de ferramentas estatísticas, metodologias e medidas a implementar futuramente minimizando os custos produtivos e conseguindo assim processos e produtos mais competitivos para o mercado.

Em suma o objetivo pretendido foi alcançado resultando na identificação de um conjunto de situações onde é possível implementar melhoria no processo produtivo. A implementação destas medidas resultou em postos de trabalho mais organizados, fluxo adequado das linhas e eliminação de desperdício em metros quadrados ocupados potenciando um melhor abastecimento das linhas e menores perdas de tempo. Os 5s representaram um exemplo de ferramenta de simples utilização com bons resultados na melhoria contínua de um processo produtivo. A aplicação das metodologias de apoio à melhoria contínua Kaizen e PDCA contribuíram para a obtenção de produtos cada vez mais competitivos e com baixos custos de produção.

Os resultados obtidos neste trabalho foram considerados satisfatórios na medida em que cumpriram os objetivos inicialmente propostos e favoreceram o compromisso de melhoria contínua.

## 5. Considerações finais

A sistemática de aplicação dos métodos da melhoria contínua Kaizen e Ciclo PDCA como ferramenta de apoio que permitem a análise e a melhoria contínua do processo produtivo de elementos de fixação de uma empresa da região norte do estado de Santa Catarina que opera no segmento metal mecânico, objeto de estudo desse trabalho, foram formatadas e adaptadas de acordo com a realidade empresarial, através da coleta de dados, análise dos casos, implementação de ações e monitoramento de todo o processo. Dessa forma, foi possível atingir os objetivos propostos através da implementação de uma metodologia de resolução de problemas, da formação para as várias ferramentas e metodologias de melhoria contínua e da conscientização para a mudança cultural e comportamental dos colaboradores dessa empresa.

A implementação preliminar de um sistema de gestão da qualidade adequado permitiu que a empresa desse processo produtivo concentrasse seus esforços para desenvolver políticas, estabelecer objetivos e processos, e tomar as ações necessárias para melhorar seu desempenho. Neste contexto, foi muito útil aplicar os métodos Kaizen e PDCA como ferramentas suporte ao gerenciamento da melhoria contínua considerando com isso, uma forma (filosofia) de ver as coisas que podem ajudar a todos numa empresa a se descobrir e orientar as mudanças que a tornam mais eficiente e competitiva. É importante salientar ainda que a adaptação das ferramentas da qualidade para aplicação das metodologias propostas permitiu configurar o processo de gerenciamento e melhoria contínua necessária ao gerenciamento das atividades e recursos para orientá-los a alcançar bons resultados desse processo produtivo.

As ações desenvolvidas no âmbito da melhoria do processo produtivo de fixadores passaram pela realização da auditoria de 5s cujas

medidas identificadas resultaram em soluções adaptadas que contribuíram para uma redução substancial dos desperdícios envolvidos no processo produtivo e proporcionar um local de trabalho mais limpo e organizado.

As metodologias Kaizen e PDCA adotadas para o processo produtivo neste trabalho foram consideradas satisfatórias pois incidiram num conjunto de medidas a serem consideradas nos projetos de melhoria contínua existentes e futuros da empresa, ou seja, cumpriram os objetivos inicialmente propostos e favoreceram o compromisso de melhoria contínua.

Não foi possível quantificar neste estudo os valores monetários (em R\$) concretos quer nos produtos quer nos processos. No entanto, partindo de indicadores como a produtividade, redução de estoques, redução de produtos não conformes e redução de avarias, pode concluir-se que todos esses indicadores denotam melhorias que, seguramente, foram decisivas na redução do custo de produção dos elementos fixadores. Além disso, sabe-se ainda que a efetiva aplicação das metodologias propostas a longo prazo poderá refletir-se numa maior e melhor organização da gestão da produção com resultados bastante positivos para o monitoramento no que diz respeito aos custos.

## Referências

- CAMPOS, V. F. TQC: **Controle da Qualidade Total** (no estilo japonês). 8ª ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2014.
- DEMING, W.E. **Out of the Crisis**. MIT Press: Cambridge, Massachusetts, London, England, 2018.
- DIMITRESCU, A.; BABIS, C.; ALECUSAN, A. M.; CHIVU, O. and FAIER, A. M. Analysis of Quality Problems in Production System using the PDCA instrument. **Fiability & Durability**, Issue, 1, p.286-292, 2018.
- GARZA-REYES, J. A.; ROMERO, J.T.; GOVIDAN, K.; CHERRAFI, A. and RAMANATHAN, U. A PDCA - based approach to Environmental Value Stream Mapping (E-VSM). **Journal of Cleaner Production**, V. 180, p. 335-348, 2018.
- GREEN, J., Lee, J., & Kozman, T. (2010). Managing lean manufacturing in material handling operations. **International Journal of Production Research**, v.48(10), p. 2975-2993, 2010.
- HASAN, Z. and HOSSAIN, M. S. Improvement of Effectiveness by Applying PDCA Cycle or Kaizen: An Experimental Study on Engineering Students. **Journal of Scientific Research**, 10(2), p. 159-173, 2018.
- IMAI, M. **Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success**. McGraw-Hill Publishing Company, New York NY, USA: Random House, 1986.
- MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da Qualidade**. 8ª ed. Rio de Janeiro. FGV, 2007.
- MOEN, R. and NORMAN, C. Evolution of the PDCA cycle. In. Paper delivered to the Asian Network for Quality Conference in Tokyo on September 17, 2009. <<http://www.westga.edu/~dturner/PDCA>>. Acesso em: 27 fev. 2019.
- PINTO, J. P. **Gestão de operações na indústria e nos serviços**. 3ª edição LIDEL (Brasil) - Edições técnicas, Lisboa, 2012.
- RIBEIRO, R.N.L. **Aplicação de técnicas de melhoria contínua em processos produtivos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2011.
- RICARDO, C.C.; ALVES, C.C.; HENNING, E. ; WENDT, S.L. Processo automatização de uma fresadora: um estudo de melhoria contínua baseado na metodologia do ciclo PDCA. **Revista E-Tech Tecnologia para competitividade industrial**, V.6, n.1, p.01-20, Florianópolis, 2013.
- SHEWHART, W. A. **Economic control of quality of manufactured product**. Martino Fine Books, 2015.
- SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; PIPAN, K.K. Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, v. 43, n.1, p. 473-483, 2010.

THOMAZ, M. *Balanced ScoreCard e Hoshin Kanri: Alinhamento Organizacional e Execução da Estratégia*.  
Biblioteca Lean, Lisboa, 2015

WERKEMA, C. *Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas: PDCA e DMAIC*, editora  
Elsevier Academic, 2016.

