

O ESTUDO DA CADEIA PRODUTIVA DO VIRABREQUIM PARA IDENTIFICAÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES UTILIZANDO AS FERRAMENTAS SIPOC E PDCA

SANDRO COSTA ROMEIRO ¹
MARCO ANTÔNIO DE ARAUJO ²
FELIPE COSTA ARAUJO ³

RESUMO

Este trabalho de pesquisa foi realizado com o intuito de estudar e analisar a cadeia produtiva do virabrequim, envolvendo os fornecedores, as matérias primas utilizadas, os processos de fabricação possíveis, armazenagem final, dentre outros. Para este estudo e análise, se propôs utilizar das ferramentas de gestão SIPOC e PDCA, ambas bastante utilizadas para a busca de identificação de potenciais problemas ou não conformidades em diversos ambientes industriais. Estas não conformidades são fonte de possíveis melhorias nos processos em todos os processos e níveis hierárquicos da organização, sendo imprescindível para a busca da maximização da produtividade, qualidade e lucratividade. Primeiramente, todas as fases do processo de fabricação do virabrequim foram exploradas através da ferramenta SIPOC, que envolve a busca de não conformidades desde os fornecedores e entradas do processo, passando pelos fluxos produtivos do processo de fabricação, até os consumidores do produto final. Diante das não conformidades identificadas em cada uma das fase anteriores, se utilizou a ferramenta PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) para o correto planejamento das ações necessárias, execução das mudanças pertinentes e implementação de medidas de revisão e monitoramento adequados para a melhoria contínua de todo o processo de fabricação.

Palavras-chave: Ferramentas de gestão, não conformidades, virabrequim, SIPOC, PDCA.

¹ Graduando em Engenharia de Produção pela FAEX.

² Professor de diversas disciplinas nos cursos de Administração e Engenharia de Produção da FAEX.

³ Mestrando em Administração das Organizações na FEA-USP Ribeirão Preto.

THE CRANKSHAFT MANUFACTURING CHAIN STUDY FOR THE IDENTIFICATION OF NONCONFORMITIES USING SIPOC AND PDCA

ABSTRACT

This paper aimed to study and analyze the crankshaft manufacturing chain, involving main suppliers, raw materials used, possible working processes, final storage, among others. This study and analysis was carried out in order to propose to usage of two management techniques, SIPOC and PDCA, with the purpose to identify potential problems or nonconformities in several industrial environments. These nonconformities are the source of potential process improvements involving all the processes and the companies' hierarchical levels, being essential to maximize productivity, quality and profitability. Firstly, all phases of the crankshaft manufacturing process were explored through the management technique SIPOC, which involves the search of nonconformities from suppliers and processes inputs, passing through the working flows of the manufacturing process, until the final consumers of the product. After the identification of the nonconformities in each of the previous phases, the technique PDCA (Plan, Do, Check, Action) was applied to the planning of corrective actions, execution of necessary changes and implementation of appropriate revision and monitoring measures for the continuous improvement of the whole manufacturing process.

Keywords: Management techniques, nonconformities, crankshaft, SIPOC, PDCA.

1 INTRODUÇÃO

O principal objetivo deste trabalho é estudar a cadeia produtiva do virabrequim, envolvendo os fabricantes das matérias primas, as entradas do processo, o processo de fabricação, as saídas disponibilizadas e os consumidores envolvidos, utilizando as ferramentas de gestão SIPOC e PDCA. O virabrequim é também conhecido como árvore de manivela, girabrequim, árvore de cambota, dentre outros, e se caracteriza como um componente que faz os êmbolos trabalharem alternadamente dentro do motor (CÂMARA, 2017). O eixo central do motor recebe a energia proveniente das explosões nos cilindros de combustão, empurrando os pistões e forçando o virabrequim a se movimentar de forma circular transformando energia explosiva em mecânica, alimentando desde as rodas até o ar-condicionado. A pressão exercida sobre os pistões faz com que este e sua biela se desloquem para baixo originando a rotação do virabrequim. O virabrequim apresenta quatro manivelas, onde cada manivela está ligada ao pistão por meio de uma biela com movimento translacional, imprimindo ao virabrequim um movimento rotativo (SILVA, 2013).

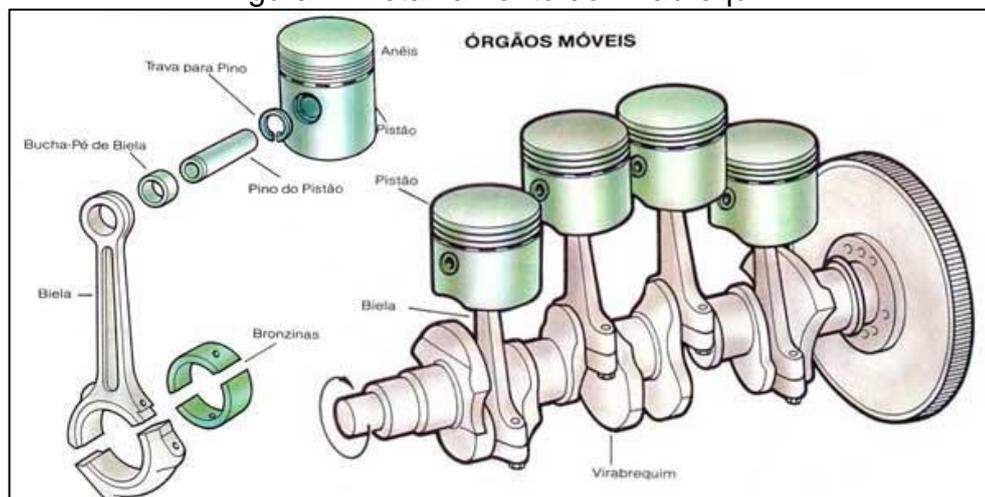
Segundo Martins (2011) e Silva (2013), o virabrequim pode ser manufaturado através de três processos distintos de fabricação: fundição, forjamento ou usinagem. Na fundição, o aço é derretido e em seguida colocado nos moldes que depois são prensados e, posteriormente, esfriados. No forjamento, o bloco de aço é aquecido a elevadas temperaturas e conformado mecanicamente através de diversas etapas até adquirir a forma desejada. Em ambos processos, é necessário realizar uma etapa final de acabamento. Na usinagem, que é caracterizado como o processo de fabricação mais caro e demorado dentre todos, o bloco de ferro fundido é somente usinado em diversas etapas para ser transformado em virabrequim. De maneira geral, o processo mais utilizado é a fundição devido aos menores custos de fabricação, porém o processo de forjamento apresenta as melhores características de resistência mecânica. O processo de usinagem é utilizado somente em aplicações muito específicas devido ao elevado custo de fabricação em relação aos demais processos (MARTINS, 2011).

Segundo Câmara (2017), de maneira geral, as principais recomendações sobre o teste de qualidade final após a retífica de acabamento do virabrequim são os seguintes: (i) nunca armazenar a peça deitada, mas sim em pé ou pendurada no estilo

morcego; (ii) não colocar a mão na parte retificada; (iii) não transportar a peça sem o carrinho apropriado; (iv) não armazenar por período prolongado sem o banho de óleo protetivo; (v) não encostar na lateral do colo do mancal ou biela.

Pode-se caracterizar o virabrequim como um dos componentes mais importantes de um motor, sendo responsável por receber a energia do movimento das bielas, provenientes das explosões no interior dos cilindros, e da transformação através deste força rotatória em energia mecânica. Segundo Silva (2013), um motor também é composto por diversos outros componentes conectados ao conjunto virabrequim, a saber: (i) biela, responsável por transmitir a força recebida pelo pistão e repassá-la ao virabrequim, sendo usualmente manufaturado com aço forjado; (ii) pistão, componente imprescindível responsável pela absorção da energia da combustão realizada dentro dos cilindros; (iii) anéis de vedação, posicionados nas canaletas do pistão e responsáveis pela redução no atrito do pistão com as laterais dos cilindros, manufaturados com material de grande resistência ao desgaste; (iv) bucha da biela, componente para diminuição do atrito entre o pino do pistão e a biela, geralmente manufaturada em bronze por ser um material macio e resistente ao desgaste, desde que tenha uma lubrificação adequada; (v) pino do pistão, componente de conexão entre o pistão e a biela; (vi) trava do pino, responsável por prender o pino em uma determinada posição, impedindo qualquer movimento; (vii) bronzina, caracterizada como um tipo de mancal, sendo utilizada para reduzir o atrito das peças giratórias, deslizantes ou oscilantes de um conjunto mecânico como o virabrequim e as bielas.

Figura 1: Detalhamento do Virabrequim



Fonte: REUNIDAS MOTORES (2017)

Com o intuito de estudar a cadeia produtiva do virabrequim, se propõe utilizar as ferramentas de gestão SIPOC e PDCA. Estas ferramentas são utilizadas em diversos estudos para a implementação de melhorias em ambientes industriais, assim como a fabricação de virabrequim e seus componentes. Inicialmente, para a análise de todas as fases do processo de fabricação, foi empregada a ferramenta de gestão SIPOC, envolvendo diversos parâmetros, tais como: fornecedores, inputs, fluxos produtivos, outputs e consumidores do produto final. A ferramenta SIPOC busca identificar os problemas ou não conformidades de diversas etapas do processo de fabricação do virabrequim. Após a identificação dos problemas em cada uma das fases do processo de fabricação, se utilizou a ferramenta conhecida como ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action) para se planejar as ações corretivas visando solucionar os fatores restritivos, além de medidas para assegurar que as ações necessárias sejam corretamente executadas no futuro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os fluxos organizacionais de uma empresa, sejam produtivos ou administrativos, são processos de trabalho que precisam ser monitorados e controlados em todos os níveis da organização. Os problemas organizacionais surgem quando os processos de trabalho não ocorrem da maneira como foram planejados, podendo gerar não conformidades. As não conformidades precisam ser identificadas e eliminadas pelos gestores devido a potenciais perdas relacionadas a diversos recursos, tais como: matérias-primas, horas produtivas, demérito organizacional, acomodação do capital humano, dentre outros. Segundo Krajewski et al. (2009), uma das principais melhorias contínuas a serem realizadas está relacionada a redução do tempo de manuseio e movimentação de materiais, com foco na correta localização das máquinas e pelo aperfeiçoamento do processo de fabricação para reduzir a necessidade de inspeção e reprocessamento.

Conforme Campos (1999, p.17): “o controle de processo é a essência do gerenciamento em todos os níveis hierárquicos”. Sem o comprometimento de todos colaboradores, uma organização não consegue superar os fatores restritivos, prejudicando a sua produtividade e lucratividade. Uma das alternativas para aumentar

o comprometimento do capital humano é explorar a ferramenta do Brainstorming. Desta forma, diante de um problema os colaboradores são chamados a darem as suas contribuições para a identificação das causas do problema e ações corretivas mais apropriadas.

Conforme Ohno (1997, p.130): “A fim de fabricar produtos de qualidade 100% do tempo são necessárias inovações nos instrumentos e equipamentos a fim de se instalar dispositivos para prevenção de defeitos. Isto é chamado Poka-Yoke (à prova de defeitos). Quando há um erro, o material não servira no instrumento, a máquina não funcionará e será barrado no processo posterior”. Ohno (1997) adiciona que as organizações devem priorizar a capacitação permanente do capital humano para o comprometimento com a melhoria contínua. Em outras palavras, todos os colaboradores devem ser treinados para sugerir melhorias que evitem as não conformidades.

De acordo com Baba (2008), o método conhecido como SIPOC é uma ferramenta que permite identificar os elementos relevantes para a melhoria de processo, e com isso é possível ganhar um maior conhecimento sobre determinada atividade e identificar oportunidades de melhoria. O SIPOC são as iniciais de *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers* (fornecedor, entradas, processos, saídas e consumidores) e visam conhecer melhor o processo e, conseqüentemente, as não conformidades. Utilizando-se a ferramenta SIPOC é possível criar indicadores para controlar as entradas e saídas, com o intuito de medir a satisfação dos clientes e a performance dos fornecedores, dentre outros, sendo possível elencarmos os principais indicadores de eficácia e de eficiência (PETENATE, 2012).

Segundo Andrade et al. (2012), o método SIPOC tem como objetivo principal uma melhor visualização da sequência dos processos por todos os membros da empresa a partir da segregação das informações de cada processo em entradas, saídas, processos, especificações de cada etapa e o fluxo de cada um. Com uma visão mais clara e abrangente de todos os processos se torna possível ter diversas melhorias, principalmente atingindo um nível de qualidade superior.

Figura 2: Ferramenta SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*)



Fonte: SWAN (2017)

Conforme Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000, p.393): “Um programa de melhoria da qualidade no âmbito da companhia supõe que todos os empregados têm a capacidade de motivação própria e pensamento criativo. Aos empregados é dado suporte, e suas ideias são solicitadas em um ambiente de mútuo respeito”. Os colaboradores realmente se comprometem com a melhoria continua quando o estilo de gestão do superior é transparente, democrático e motivador para combater as não conformidades. Conforme Campos (1999), um problema ou não conformidade é o resultado indesejado de um processo. Em outras palavras é quando o item de controle não é conquistado e os envolvidos precisam reverter à situação. Dentre as alternativas para a conquista das metas planejadas temos o ciclo PDCA.

Conforme Correa (2007, p.188): “o ciclo PDCA de Shewhart-Deming: são as iniciais de *Plan, Do, Check* e *Act* (planeje, faça, verifique e aja). É hoje quase um ícone para os planos de melhoramento críticos em operação.” A partir da identificação de um problema ou de uma oportunidade de melhoramento o gestor tem que planejar um plano de ação para combater a não conformidade e, posteriormente, priorizar a execução das ações corretivas. A próxima etapa envolve a verificação se as não conformidades foram eliminadas. Se o resultado das ações foram positivos é preciso agir para que as novas normas sejam realmente executadas pelos envolvidos nos processos.

Figura 3: Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Act*)



Fonte: BEZERRA (2014)

Segundo Araujo (2009), os funcionários da Toyota são preparados para buscar o Kaizen, que significa fazer mais e melhor a cada dia, sendo que com praticamente o mesmo número de funcionários que a GM (General Motors), ela é mais produtiva e tem qualidade superior. A performance mercadológica da Toyota é muito positiva e suas ações valem 12 vezes mais que as ações da montadora americana (Correa, 2011).

De acordo com Gaither e Frazier (2001, p. 508): “A melhoria contínua permite que as empresas aceitem começos modestos e façam pequenas melhorias iniciais na direção da excelência”. Apesar de modestas conquistas, o importante é implementar a empresa a filosofia para a melhoria contínua em todos os fluxos produtivos e administrativos. O progresso gradativo e contínuo na direção de melhorias significa que a empresa não pode aceitar o *status quo* porque sempre é possível elevar os níveis de qualidade, produtividade e lucratividade.

Correa (2007, p. 222) argumenta: “Normalmente associada com os conceitos de qualidade total, a melhoria contínua ou *Kaizen*, é uma abordagem evolutiva incremental... Com uma filosofia de transferir a responsabilidade pela qualidade aos funcionários...”. Quando os colaboradores são realmente motivados para a melhoria

contínua e superação dos fatores restritivos, as empresas tendem a melhorar a sua performance. O “fazer melhor a cada dia” cria uma energia positiva em todos os níveis da organização e os resultados aparecem com a maximização de seus indicadores de desempenho.

3 METODOLOGIA

O procedimento utilizado para este trabalho foi aplicar primeiramente a ferramenta SIPOC para identificação das não conformidades da cadeia produtiva do virabrequim. Pode-se sintetizar a ferramenta de gestão SIPOC nas seguintes etapas: (i) *suppliers* (fornecedor), fornecedores do processo; (ii) *inputs* (entradas), entradas recebidas dos fornecedores; (iii) *process* (processos), processamentos e fluxos produtivos ou administrativos; (iv) *outputs* (saídas), resultados gerados através dos processamentos e fluxos; (v) *customers* (consumidores), identificação do cliente final do produto ou serviço disponibilizado (ANDRADE et al., 2012).

O estudo da cadeia produtiva do virabrequim e as principais não conformidades identificadas, envolverão inicialmente as cinco etapas da ferramenta de gestão SIPOC. Em cada uma das etapas, diversos questionamentos devem ser realizados com o intuito de identificar potenciais não conformidades envolvidas no processo de fabricação do virabrequim.

A segunda etapa do procedimento proposto por este trabalho consiste na aplicação da ferramenta PDCA. Conforme Bertaglia (2003, p.411): “o ciclo PDCA é a descrição da forma como as mudanças devem ser efetuadas numa organização de qualidade”. Assim, diante dos problemas de qualidade o gestor tem que implementar mudanças (melhoria contínua) e os passos envolvidos são: planejamento (análise do problema, causas e envolvidos); implementação de mudanças (como será equacionado o problema); verificação dos resultados conquistados (corrigir os desvios).

A primeira fase da ferramenta PDCA (“PLAN”) se caracteriza pela identificação dos problemas de uma organização, sendo uma das fases mais primordiais deste ciclo porque possibilita diversas oportunidades de melhorias. O envolvimento dos colaboradores para se encontrar alternativas visando à eliminação dos fatores

restritivos é o diferencial das empresas vitoriosas. A segunda fase (“DO”) detalha a execução das metas e ações planejadas, que devem levar em consideração a estrutura disponibilizada pela empresa. As metas precisam ser factíveis, mensuráveis e relacionadas a um prazo determinado. A terceira fase (“CHECK”) apresenta uma comparação das ações planejadas com os resultados conquistados, após a implementação das melhorias. Se necessário, os planos e metas elaborados devem ser continuamente ajustados aos fatores restritivos das empresas ou dos fornecedores. Já a última fase (“ACTION”) engloba os processos de trabalho envolvidos nas melhorias, que precisam ser normatizados para que todos os setores da organização cumpram suas determinações (BEZERRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O principal objetivo deste trabalho é estudar a cadeia produtiva do virabrequim, utilizando-se as ferramentas de gestão SIPOC e PDCA. Ao final do processo de fabricação do virabrequim, deve-se realizar um teste de qualidade final, conhecido como teste de trinca, obrigatório para todas as peças fabricadas. Este teste consiste em magnetizar o eixo e espalhar sobre ele um líquido contendo partículas ou pó de ferro, as partículas se depositam sobre as trincas tornando-as visíveis sob ação de luz negra. A profundidade da trinca pode ser avaliada pela quantidade de partículas depositada sobre ela, influenciando na intensidade do campo, em caso positivo é peça será condenada, se a peça estiver aprovada será encaminhada para análise metrológica. Com um micrômetro mede-se o desgaste dos colos para saber quanto deveria ser usinado. Depois, mede-se com um calibre, o raio de concordância para saber se esta dentro das especificações. Depois de retificados os colos dos mancais e bielas, o virabrequim segue para o balanceamento do eixo, se o virabrequim ficar muito tempo armazenado deve ser aplicado um óleo para proteção.

As etapas e questionamentos da ferramenta SIPOC são sintetizadas nas seguintes fases: (i) 1ª Fase SUPPLIER, as matérias-primas envolvidas na composição do ferro fundido (ferro, silício e carbono) estão dentro das especificações; (ii) 2ª Fase INPUT, o recebimento do bloco fundido do virabrequim está dentro das normas especificadas de tolerâncias, armazenamento e transporte; (iii) 3ª Fase PROCESS, a

transformação do bloco fundido no virabrequim (forjamento, usinagem e estamparia), está dentro das especificações necessária dos mancais (aproximadamente 56 mm), bielas (aproximadamente 44 mm) e comprimento total do virabrequim (aproximadamente 37 cm), após a produção do virabrequim os testes de ovalização ou conicidade apresentam resultados favoráveis (metrologia das bielas, dos mancais, eixos, e o jateamento de areia no virabrequim eliminou completamente as rebarbas; (iv) 4ª Fase OUTPUT, o envio do virabrequim para os clientes está dentro das especificações necessárias, ou seja, sem empenamento, ovalização, rebarbas, dentre outros; (v) 5ª Fase CUSTOMER, o virabrequim recebido pelos clientes foi aprovado nos testes de inspeção, a fixação do virabrequim na bronzina (capa protetora), foi realizada conforme normas estabelecidas, e os consumidores foram informados da importância da lubrificação do motor (bronzinas), para se evitar o superaquecimento.

Neste trabalho propõe-se realizar a aplicação do ciclo PDCA em cada uma das não conformidades encontradas nas cinco etapas da ferramenta SIPOC. Conforme Daft (1999), o ciclo de melhoria continua do PDCA envolve as seguintes fases: (i) fase Plano, decidir que mudanças são desejáveis e planejar as ações necessárias; (ii) fase Fazer, cumprir a mudança e testar; (iii) fase Checar, observar os resultados; (iv) fase Agir, analisar os resultados, colocar o aprendizado em ação. Uma empresa aumenta sua performance quando prioriza a análise dos resultados conquistados em todos os seus fluxos operacionais. Diante dos problemas identificados é necessário priorizar ações que garantam a manutenção de seus padrões de qualidade.

De acordo com Krajewski et al. (2009), a grande maioria das empresas ativamente envolvidas em atividades de melhoria contínua treina suas equipes de trabalho para usar o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act* ou Planejar, Executar, Controlar, Agir). O ciclo PDCA também pode ser identificado como ciclo de Shewhart-Deming. Estas empresas visam envolver a todos os seus colaboradores para a superação dos fatores restritivos. A melhoria continua é um desafio de todos os níveis hierárquicos.

As não conformidades encontradas para cada umas das etapas da ferramenta SIPOC são melhor detalhadas nas próximas tabelas. Para cada etapa, foi realizada uma profunda análise destes problemas identificados utilizando-se a ferramenta PDCA, com o principal objetivo de encontrar maneiras de melhorar a não

conformidade identificada, além de assegurar o correto cumprimento destas ações no futuro através de medidas de controle e indicadores de desempenho.

Tabela 1 - Aplicação das ferramentas SIPOC e PDCA (1ª Fase: *Suppliers*)

<p style="text-align: center;">Não conformidade identificada</p> <p style="text-align: center;">O fornecedor da matéria prima para a fabricação do ferro fundido não mantém as especificações.</p>
<p style="text-align: center;">Análise do Ciclo PDCA</p>
<p style="text-align: center;">1. Plan</p> <p>Em conjunto com os envolvidos identificar os motivos da não conformidade. Após a análise foi observado que o armazenamento do ferro bruto não foi realizado conforme normas estabelecidas.</p>
<p style="text-align: center;">2. Do</p> <p>Foi priorizada nova capacitação com os funcionários envolvidos nos processos que apresentaram não conformidades.</p>
<p style="text-align: center;">3. Check</p> <p>Após a capacitação foi verificado se os envolvidos realmente eliminaram os fatores restritivos.</p>
<p style="text-align: center;">4. Action</p> <p>Foram padronizadas as atividades envolvidas no controle das matérias primas recebidas.</p>

Tabela 2 - Aplicação das ferramentas SIPOC e PDCA (2ª Fase: *Inputs*)

<p style="text-align: center;">Não conformidade identificada</p> <p style="text-align: center;">A empresa não armazenou corretamente os insumos após o seu recebimento, podendo comprometer suas especificações.</p>
<p style="text-align: center;">Análise do Ciclo PDCA</p>
<p style="text-align: center;">1. Plan</p> <p style="text-align: center;">Encontrar as causas envolvidas no armazenamento irregular das matérias primas recebidas. A participação de todos os envolvidos é de suma importância para a identificação das causas pontuais.</p>
<p style="text-align: center;">2. Do</p> <p style="text-align: center;">Criar novo layout nos almoxarifados e definir os locais para cada insumo.</p>
<p style="text-align: center;">3. Check</p> <p style="text-align: center;">Após o recebimento de novo lote de matéria prima verificar se o mesmo foi estocado corretamente.</p>
<p style="text-align: center;">4. Action</p> <p style="text-align: center;">Verificar se os novos procedimentos estão sendo obedecidos por todos os envolvidos no processo.</p>

Tabela 3 - Aplicação das ferramentas SIPOC e PDCA (3ª Fase: *Process*)

<p style="text-align: center;">Não conformidade identificada</p> <p>A formulação do ferro fundido não foi realizada conforme padrão especificado, comprometendo a qualidade do virabrequim (trincas).</p>
<p style="text-align: center;">Análise do Ciclo PDCA</p>
<p style="text-align: center;">1. Plan</p> <p>Após análise do problema em conjunto com os envolvidos foi identificado que a balança dosadora dos insumos estava descalibrada (manutenção realizada somente uma vez por ano).</p>
<p style="text-align: center;">2. Do</p> <p>Foi providenciado reparo necessário na balança dosadora.</p>
<p style="text-align: center;">3. Check</p> <p>O primeiro lote fabricado após o reparo foi inspecionado em tempo real para a verificação da conformidade.</p>
<p style="text-align: center;">4. Action</p> <p>A empresa passou a realizar revisões quinzenais para a verificação das balanças dosadoras.</p>

Tabela 4 - Aplicação das ferramentas SIPOC e PDCA (4ª Fase: *Outputs*)

<p style="text-align: center;">Não conformidade identificada</p> <p>O armazenamento não foi realizado dentro das normas estabelecidas provocando oxidação e arranhões nas bielas e mancais do virabrequim.</p>
<p style="text-align: center;">Análise do Ciclo PDCA</p>
<p style="text-align: center;">1. Plan</p> <p>Foi identificado que o número reduzido de funcionários envolvidos no armazenamento do virabrequim comprometia o atendimento das normas estabelecidas pela empresa.</p>
<p style="text-align: center;">2. Do</p> <p>Foi admitido novo funcionário para atender a demanda dos trabalhos no almoxarifado.</p>
<p style="text-align: center;">3. Check</p> <p>Após a admissão e capacitação do novo funcionário, foi verificado se o mesmo estava cumprindo as normas estabelecidas.</p>
<p style="text-align: center;">4. Action</p> <p>Todos os funcionários envolvidos no processo foram orientados para o armazenamento correto dos produtos fabricados.</p>

Tabela 5 - Aplicação das ferramentas SIPOC e PDCA (5ª Fase: *Customers*)

Não conformidade identificada O transporte não foi realizado dentro das normas estabelecidas provocando empenamento do virabrequim.
Análise do Ciclo PDCA
1. Plan Foi identificado que a transportadora envolvida no processo não sabia que o virabrequim tinha que ser acomodado na posição vertical.
2. Do Foi priorizada a capacitação das empresas transportadoras e orientação sobre a armazenagem do virabrequim sempre na posição vertical.
3. Check Após a primeira expedição do virabrequim, se assegurou o armazenamento vertical do mesmo antes do envio aos clientes.
4. Action As novas normas elaboradas foram disponibilizadas para as transportadoras e auditorias periódicas serão realizadas no futuro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produtividade e a melhoria contínua da qualidade são enfoques importantes no desenvolvimento de uma organização e determinam o seu nível de competitividade. A introdução de novas tecnologias e ferramentas de gestão, assim como SIPOC e PDCA, para minimizar as não conformidades é um desafio que precisa ser implementado. A alternativa recomendada pelos gestores é o envolvimento do capital humano em todas as etapas dos fluxos produtivos. Esse envolvimento pode ser resumido nas seguintes ações: capacitação, dar mais autonomia, valorizar e elogiar os colaboradores.

Diante de inúmeros problemas que normalmente acontecem nas organizações, o gestor tem que priorizar ferramentas de gestão para monitorar os fluxos produtivos e apoiar a tomada de decisões para a eliminação das não conformidades e dos desperdícios. Desta forma, toda a cadeia produtiva do virabrequim e de todos os seus

componentes, por exemplo, tende a melhorar a sua performance em termos de qualidade, produtividade e lucratividade, porque as não conformidades e os desperdícios estão sendo identificados para a utilização de ações criativas em tempo real.

Na prática, existem diversas metodologias e ferramentas que podem ser utilizadas para apoio a tomada de decisão por parte dos gestores. Neste trabalho se procurou utilizar as ferramentas de gestão conhecidas como SIPOC e PDCA. Em uma primeira etapa de identificação e análise do processo de fabricação do virabrequim, se utilizou a ferramenta SIPOC, que se resume basicamente em cinco fases: fornecedores, *inputs*, processos, *outputs* e consumidores. Em cada uma destas fases, a ferramenta foi utilizada com o intuito de identificar as não conformidades encontradas no processo de fabricação. Diante destas não conformidades ou problemas identificados em cada fase do processo de fabricação do virabrequim, a ferramenta PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) foi utilizada para se planejar as ações, realizar as mudanças necessárias e implementar medidas de revisão e monitoramento adequados para a melhoria contínua.

Para futuros trabalhos se propõe analisar o processo de fabricação do virabrequim através de outras ferramentas de gestão, visando complementar os resultados encontrados pelos métodos SIPOC e PDCA utilizados e tratar de averiguar diferentes parâmetros e não conformidades. É possível que, com distintas abordagens, novas não conformidades podem ser identificadas, contribuindo para a melhoria contínua dos processos. Pode-se também utilizar os resultados encontrados pelas ferramentas SIPOC e PDCA como base na construção de soluções mais complexas para este processo em particular, além de outros processos de fabricação semelhantes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. E. V.; MARRA, B. A.; LEAL, F.; MELLO, C. H. P. **Análise da Aplicação Conjunta das Técnicas SIPOC, fluxograma e FTA em uma empresa de médio porte.** XXXII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, RS, 2012.

ARAUJO, M.A. **Administração de produção e operações: uma abordagem prática.** Editora Brasport, Rio de Janeiro, RJ, 2009.

BABA, V. A. **Diagnóstico e análise de oportunidade de melhoria em um restaurante universitário por meio da filosofia Seis Sigma.** Dissertação em Administração de Organizações, FEA-USP, Ribeirão Preto, SP, 2008.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento.** Editora Saraiva, São Paulo, SP, 2003.

BEZERRA, F. **Ciclo PDCA: do conceito à aplicação.** Portal Administração, 2014. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com/2014/08/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao.html>>. Acesso em: 01/09/2017.

CÂMARA, I. S. **Usinagem de virabrequim.** Revista O Mecânico online, 2017. Disponível em: <<http://omecanico.com.br/usinagem-de-virabrequim/?print=print>>. Acesso em: 15/08/2017.

CAMPOS, V. F. **TQC - Controle de Qualidade Total.** Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2ª edição, Belo Horizonte, MG, 1999.

CORREA, C. **Por dentro da maior montadora do mundo.** Revista Exame online, 2011. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/revista-exame/por-dentro-da-maior-montadora-do-mundo-m0128084/>>. Acesso em: 06/09/2017.

CORREA, H. L. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica.** Editora Atlas, 2ª edição, São Paulo, SP, 2007.

DAFT, R. L. **Administração.** Editora LTC Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, RJ, 1999.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia de informações.** Editora Bookman, 2ª edição, Porto Alegre, RS, 2000.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração de produção e operações.** Editora Pioneira, 8ª edição, São Paulo, SP, 2001.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Administração da produção e operações.** Editora Pearson Prentice Hall, São Paulo, SP, 2009.

MARTINS, Jorge. **Motores de combustão interna.** Editora Publindústria, 3ª edição, 2011.

PETENATE, M. Ferramentas para melhoria - SIPOC. Portal Escola Edti, 2012. Disponível em: <www.escolaedti.com.br/ferramenta-melhoria-sipoc>. Acesso em: 11/09/2017.

REUNIDAS MOTORES. **Dicas técnicas sobre o funcionamento e principais componentes de motores**. Portal online Reunidas Motores, Peças e Serviços, 2017. Disponível em: <<http://www.reunidasmotores.com.br/dicas.php>>. Acesso em: 01/08/2017.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção da produção em larga escala**. Editora Bookman, Porto Alegre, RS, 1997.

SILVA, R. A. R. **Modelagem e simulação do mecanismo biela manivela e análise estrutural de biela automotiva**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Mecânica), UNESP, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/121264>>. Acesso em: 03/09/2017.

SWAN, E. **SIPOC: A high-level view of a process**. Portal online goleansixsigma.com, 2017. Disponível em: <<https://goleansixsigma.com/sipoc/>>. Acesso em: 04/09/2017.