

Redução do tempo de setup: uma proposta de melhoria aplicada a uma empresa do setor metal mecânico

RESUMO

Fernanda Cavicchioli Zola

fernandazola@ufgd.edu.br

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil

Rafael Henrique de Souza

rafael_h_souza@hotmail.com

Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná, Brasil

Luis Henrique Nogueira Marinho

luishenrique_marinho@hotmail.com

Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil

Franciely Velozo Aragão

Fvaragao2@uem.br

Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná, Brasil

Frente a um mercado cada vez mais exigente, as empresas hoje devem buscar se superar a cada dia através de produtos e processos mais eficientes. Para isso, se faz necessário utilizar de diversas ferramentas disponíveis pela área da Engenharia de Produção. O presente artigo é um estudo de caso realizado em uma empresa metal mecânica situado na região Noroeste do Estado do Paraná que teve como objetivo implementar uma proposta de redução do tempo de setup utilizando da metodologia do ciclo PDCA atrelados a ferramentas da qualidade e TRF – Troca Rápida de Ferramentas. As melhorias implementadas foram em relação aos métodos de esquadrejamento e controle do uso de consumíveis, com intuito de reduzir os tempos de setup das atividades esquadrear, inspecionar dimensões dos produtos e ajustar kerf. Após as implementações realizadas foi possível obter redução de 35,27% no tempo de setup e aumento de 6,20% na eficiência do setor de corte à Plasma CNC. Além disso, os planos de melhoria implementados geraram outros resultados que não eram esperados, superando desta forma as expectativas de todos os envolvidos.

PALAVRAS-CHAVE: Setup. TRF. PDCA. Plasma CNC.

INTRODUÇÃO

No decorrer dos últimos anos o perfil de muitos mercados vem sofrendo alterações em um curto espaço de tempo. Indústrias têm sido desafiadas a buscar novas formas de inovação devido ao atual contexto econômico, convivendo diariamente com o constante desafio de se reduzir custos para manter a competitividade. Para Falconi (2004), o que realmente assegura a sobrevivência das empresas é a garantia de sua competitividade, sendo que esta competitividade decorre da produtividade, que por sua vez decorre da qualidade.

As empresas perdem parte do seu faturamento em problemas internos. Estas perdas estão associadas aos descontos em vendas por má qualidade nos produtos, perda de produção por paradas de equipamentos, excesso de estoque, excesso de consumo de energia, refugos por qualidade, retrabalho de toda natureza, erro no faturamento etc. (FALCONI, 2004).

Além disso, outro fator que influi diretamente no faturamento da empresa e no valor final do produto é o tempo de *setup*, sendo este um dos principais problemas enfrentados pelas organizações. Segundo Tubino (1999), tempo de *setup* trata-se do tempo gasto com a preparação dos recursos, algo indesejável, entretanto necessário ao processo produtivo.

O *setup* é um exemplo típico de desperdício, não agregando valor ao produto final e, portanto, seu valor deve ser reduzido ao máximo. Com bases nestes princípios, empresas buscam melhorias em seus processos de forma a estudar e agir sobre as causas obtendo como resultado a redução destes efeitos (PASCAL, 2007).

Em busca de se minimizar ou até mesmo eliminar o tempo de *setup* se torna indispensável a implementação e combinação das ferramentas disponíveis pela área da Engenharia de Produção. Desta forma se faz necessário buscar os métodos e técnicas que melhor se enquadrem no processo em análise. Para Oakland (1994), o principal objetivo das ferramentas da qualidade é identificar os maiores problemas e através de análise buscar a melhor solução. Fogliatto e Fagundes (2003) destacam que a redução dos tempos de *setup* através da implementação da Troca Rápida de Ferramenta - TRF pode promover melhorias nos sistemas produtivos como reduções de estoques, de retrabalho e de ociosidade das máquinas (MOREIRA; PAIS, 2011). A partir da TRF é possível reduzir ao mínimo o *setup* dos centros de operações separando o *setup* interno do *setup* externo. Foi Shingeo Shingo quem criou o TFR e o dividiu em quatro estágios: (1) estágio preliminar que consiste na coleta dos tempos de todas as atividades, não se distinguindo *setup* externo de interno; (2) separação das atividades que são realizadas com a máquina parada (*setup* interno) das que podem ser realizadas com a máquina em pleno funcionamento (*setup* externo) (com essa separação pode-se reduzir o tempo de *setup* de 30 a 50%); (3) análise em relação às atividades de *setup* atuais e conversão das possíveis atividades de *setup* interno em externo; (4) melhorar as atividades básicas do *setup* interno e externo. A cada melhoria alcançada obtém-se como resultado a redução dos tempos de *setup* (SHINGO, 2005).

Outra ferramenta da qualidade de grande relevância é o ciclo PDCA que, segundo Werkema (2006, p. 24), “é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência da organização”.

Este trabalho, com auxílio de ferramentas da qualidade, busca identificar as atividades de *setup* e seus respectivos tempos de execução em um setor de corte

à plasma CNC (*computer numerical control*). Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo geral reduzir o tempo de *setup* em um setor de corte à plasma CNC utilizando dos conceitos de TRF e da metodologia do ciclo PDCA.

METODOLOGIA

O ciclo PDCA pode ser definido como uma sequência de atividades que devem ser seguidas de forma cíclica para melhorar as atividades da organização, sendo um método de gestão que empregar várias ferramentas, as quais constituirão os recursos necessários para coletar, processar e dispor das informações necessárias para o cumprimento das etapas do método (WERKEMA, 2006; CAMPOS, 2004; AGUIAR, 2006). O controle de processos, exercidos por meio do Ciclo PDCA, é composto por quatro etapas: (P) Planejar “Plan”, onde realiza-se a identificação do problema, estabelece-se os objetivos e as metas, define-se o método a ser utilizado e analisam-se os riscos, custos, prazos e recursos disponíveis; (D) Executar “Do”, onde ocorre a execução das tarefas exatamente como foi previsto na etapa de planejamento e são coletados dados que serão utilizados nas etapas subsequentes; (C) Verificar “Check”, onde, com os dados coletados, analisa-se se realmente o trabalho está sendo executado de acordo com o padrão definido, se os valores medidos correspondem aos valores dos objetivos; e, (A) Agir “Action”: onde atua-se no processo em função dos resultados obtidos, de forma a adotar como padrão o plano proposto, caso os objetivos tenham sido alcançados ou caso contrário, agir sobre as causas do não atingimento do objetivo.

Dessa forma, para realização do presente trabalho foram realizadas os seguintes procedimentos de acordo com cada etapa do ciclo PDCA:

P – PLAN (PLANEJAR)

Primeiramente, durante os meses de Dezembro de 2015 a Fevereiro de 2016, ocorreu um estudo do processo produtivo do setor de Corte à Plasma CNC. Neste estudo, foram coletados os dados referentes às atividades de *setup* (estágio 1 da TRF) e seus respectivos tempos de execução ao longo de cada mês, através de uma folha de verificação. A folha de verificação tem como objetivo organizar, simplificar e otimizar, mantendo as informações das coletas de dados registradas (AGUIAR, 2006).

Após a coleta de dados, pode-se contruir um gráfico de Pareto, que é um gráfico de barras verticais que dispões a informação de modo a torná-las evidente, priorizando visualmente temas que requerem maior atenção (MIGUEL, 2001). Com auxílio da ferramenta TRF e gráfico de Pareto, ocorreu uma análise em relação às atividades e seus respectivos tempos de *setup*, desta forma foram priorizadas as principais atividades responsáveis por grande parte dos efeitos;

A partir das atividades priorizadas pelo gráfico de Pareto foi realizado um *brainstorming* para elaboração do plano de ação para redução do tempo de *setup* (etapa 2 do TRF). Para tal análise foram realizados a construção do diagrama de Ishikawa, que é uma ferramenta gráfica a qual representam a relação existente entre um efeito e suas possíveis causas, sendo capaz de descrever situações complexas, que seria muito pouco provável serem descritas utilizando de outras ferramentas (WERKEMA, 2006; RAMOS, 2000; MACÊDO ET AL., 2001); e a

ferramenta 5W1H que permite determinar as ações a serem tomadas e como os recursos serão alocados através das perguntas *why* (por que), *what* (o quê), *who* (quem), *when* (quando), *where* (onde) e *how* (como) (GERLACH et al., 2011).

D – DO (EXECUTAR)

Após o planejamento realizado, com auxílio de uma equipe composta por integrantes do departamento de Engenharia, ocorreu, ao longo de todo o mês de Março de 2016, a implantação do projeto de melhoria e o treinamento dos operadores do setor, operadores da ponte rolante e encarregado da produção em relação aos novos métodos implantados.

C – CHECK (VERIFICAR)

No período de Abril de 2016 a Junho de 2016, os tempos de setup foram coletados com auxílio de uma folha de verificação e analisados estatisticamente utilizando-se de recursos computacionais: Pacote Office – Excel. Adicionalmente, longo deste período foram coletados os tempos de operação do setor para verificar a eficiência do mesmo após a implementação dos planos de melhorias. Nessa etapa ocorreu ainda uma reunião de *brainstorming* na qual participaram integrantes do departamento de engenharia e qualidade, encarregado da produção, operador do setor de corte à Plasma CNC e operadores da ponte rolante, para discutir sobre os resultados obtidos.

A – ACTION (AGIR)

Por fim, no segundo semestre de 2016, em função dos resultados obtidos, os planos propostos foram adotados como padrão.

ESTUDO DE CASO

A empresa estudada possui um catálogo com aproximadamente 1.300 itens, sendo somente a linha de produtos “balança” é responsável por aproximadamente 23% do faturamento mensal da organização.

Para sua produção, no setor de corte à Plasma CNC, a atividade inicia-se com a mesa do equipamento sendo abastecida com a chapa a ser cortada, seguido pela realização de algumas atividades de ajuste e configuração do equipamento pelo operador do setor. Posteriormente, o processo de corte a plasma CNC (Figura 1) inicia-se com o acionamento de um sinal START que é enviado à fonte plasma. Ao mesmo tempo a tensão de arco aberta (OCV) e os gases são transmitidos à tocha. Quando a vazão é estabilizada, a alta frequência (HF) é ativada. Posteriormente, o gás se ioniza ao passar pelo arco formado entre o eletrodo e o bico no interior da tocha. Este gás eletricamente condutor cria um caminho para corrente entre o eletrodo e o bico e dele resulta a formação do arco plasma. Quando o arco plasma entra em contato com o metal acontece a fusão do mesmo e, através da injeção de gás oxigênio em alta vazão, ocorre a expulsão do metal líquido da poça de fusão. Ao fim deste processo obtêm-se como resultado as peças cortadas, que seguirão para os processos subsequentes para compor o

produto final.

Figura 1 – Setor de Corte à Plasma CNC em operação



Fonte: Autoria própria (2017)

Por mês são processadas aproximadamente 32 toneladas de matéria prima – chapa de aço carbono. O tempo produtivo disponível é, em média, de 172 horas por mês, entretanto, o equipamento encontra-se operando com uma eficiência em torno de 57% devido ao elevado tempo de setup requerido pelo mesmo, dentre outros fatores.

PLAN- PLANEJAR

Inicialmente foi desenvolvida uma folha de verificação, conforme Figura 2, com intuito de identificar as principais atividades de setup e seus respectivos tempos.

Figura 2 – Folha de Verificação - Controle do Tempo de Setup

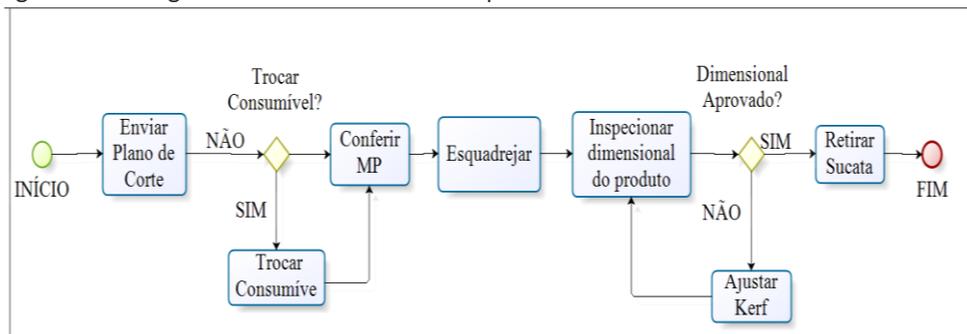
LOGO DA EMPRESA	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE Folha de Verificação: Controle do Tempo de Setup Corte a Plasma CNC	SGQ - 005 REV:001 DATA: 25/11/2015 Elaborado por: Rafael Souza
-----------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------

Data	Plano de Corte	Horário de Início da atividade de Setup	Horário de Término da atividade se setup	Atividade de Setup	Responsável

Fonte: Autoria própria (2017)

O operador responsável pelo setor de Corte à Plasma CNC foi treinado para realizar o preenchimento adequado da ficha e então foram coletados dados referentes a um período de três meses de operação. Através dos dados coletados foi possível aplicar o estágio preliminar do TRF, ou seja, a identificação das principais atividades, a qual se encontra na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma das atividades de Setup



Fonte: Autoria própria (2017)

Posteriormente foram identificadas as atividades existentes no processo, e então aplicado o estágio 1 da ferramenta TFR que consistem em classificar as atividades de setup como interno ou externo, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição e Classificação das atividades de Setup

Atividade de setup	Classificação	Descrição da atividade
Enviar plano de corte	Interno	Os planos de corte são desenvolvidos pelo setor de corte à plasma CNC onde são enviados do operador à máquina, através do software Lantek.
Trocar consumível	Interno	Consumível é o conjunto formado por eletrodo, bico e capa que são trocados de acordo com o plano de corte ou devido ao desgaste.
Conferir matéria-prima	Interno/Externo	Conferir se as dimensões da chapa (comprimento, largura e espessura) estão de acordo com as especificações do plano de corte.
Esquadrear	Interno	Identificar a orientação de três pontos da chapa através da máquina para que o equipamento reconheça a posição exata da matéria-prima.
Inspeccionar as dimensões do produto	Interno	Conferir a dimensão do produto já cortado. Essa inspeção ocorre duas ou mais vezes, baseado no produto a ser cortado e possíveis variações.
Ajustar Kerf	Interno	Se a peça inspeciona não está de acordo com o padrão é ajustado o kerf, sendo que quanto mais danificado estiver o consumível, maior vai ser o número de ajustes necessários.
Retirar Sucata	Interno/Externo	Retirar a sucata da mesa de corte à plasma CNC, ao final do plano de corte, e acomodar em sua lateral para ser encaminhado para a caçamba com o auxílio de uma empilhadeira.

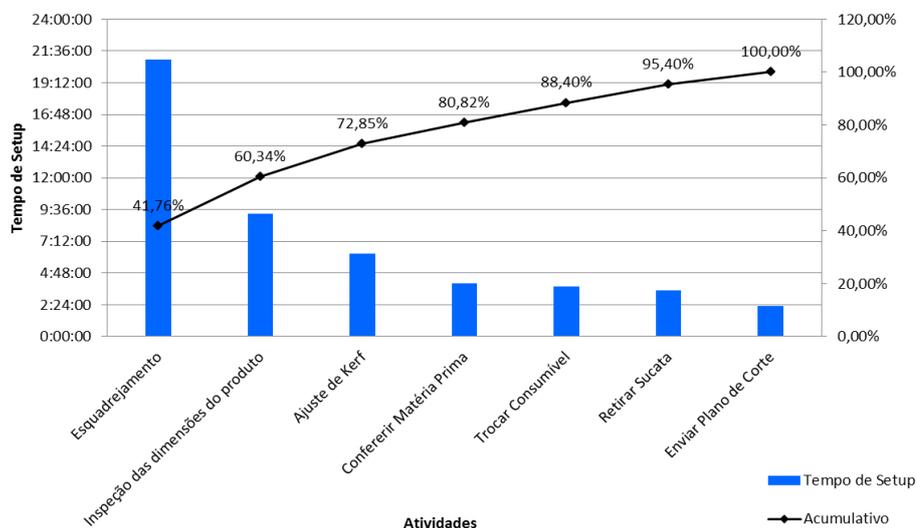
Fonte: Autoria própria (2017)

O trabalho desenvolvido analisou os dados em relação ao acúmulo do tempo de cada atividade no mês. Não foi possível realizar uma análise com base no tempo unitário, devido ao fato de algumas atividades não ocorrerem periodicamente, ou seja, em todo plano de corte/ordem de produção.

Ao longo dos meses analisados constatou-se que o tempo empregado para realização das atividades foram no primeiro mês 50:56:37h, no segundo mês

52:15:50h e no terceiro mês 47:02:55h. Em média são despendidos para preparação da produção um tempo de aproximadamente (50:05:07 horas/mês). Com os dados coletados foi gerado um gráfico de Pareto (Figura 4) com base na média dos tempos de setup coletados para cada atividade existente.

Figura 4 – Tempo médio de Setup



Fonte: Autoria própria (2017)

Através dos dados apresentados, constatou-se a necessidade de agir sobre as causas que resultam em 72,85% dos efeitos em média, ou seja, agir sobre as atividades esquadrejamento, inspeção das dimensões do produto e ajuste de kerf. Estas atividades, juntas, representaram aproximadamente 36 horas de máquina parada no período estudado.

A fim de determinar as causas relevantes dos problemas encontrados, foi realizada uma reunião de Brainstorming que levou em consideração os materiais, ferramentas e técnicas aplicadas para realização das atividades. Junto a esta reunião foi desenvolvido o Digrama de Ishikawa. Em seguida, utilizando das informações coletadas foram desenvolvidos planos de melhoria através da ferramenta 5W2H.

Para a atividade de esquadrejamento, devido a todos os envolvidos terem conhecimento da causa principal resultante dos elevados tempos, não ocorreu a aplicação do Diagrama de Ishikawa.

No esquadrejamento da chapa, antes do início da atividade o operador de ponte rolante abastece a mesa do equipamento com a chapa especificada na ordem de produção, a chapa é posicionada na mesa da forma que o operador da ponte rolante julgue correta. Nesta tarefa, o operador configura a máquina de forma que ela identifique a posição da chapa na mesa, ou seja, esta atividade identifica os pontos (x,y,z) das extremidades da chapa, para isso são utilizados três dos quatro cantos da chapa.

Sendo assim, verificou-se que a principal causa diz respeito ao método de esquadrejamento utilizado, ou seja, a forma que a chapa é posicionada na mesa e a maneira que se utiliza para configurar a máquina.

A inspeção das dimensões do produto, por sua vez, é realizada pelo próprio operador do setor e ocorre duas ou mais vezes ao longo da execução de cada

plano de corte, geralmente o número de inspeção está relacionado a problemas que ocorrem durante a execução da ordem de produção. Esta atividade ocorre com auxílio de uma ficha para registro da análise dimensional.

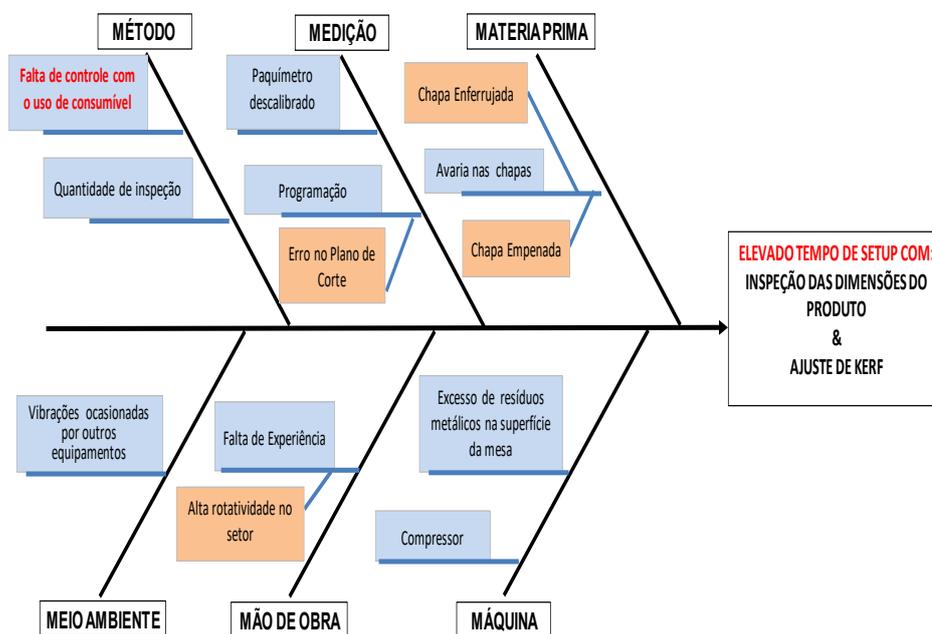
Por fim, o ajuste de kerf ocorre toda vez que uma peça ao longo da execução do plano de corte é reprovada na atividade de inspeção das dimensões do produto. Este ajuste é denominado a configuração dos parâmetros da máquina para adequar as dimensões do produto ao especificado em projeto técnico, ressaltando que este ajuste ocorre apenas se a peça for reprovada por estar com variação de no máximo 1,5 mm do especificado no projeto técnico. Vale destacar que o ajuste de kerf pode ocorrer diversas vezes durante a execução de uma mesma ordem de produção.

Para as atividades de inspeção das dimensões do produto e ajuste de kerf, apresenta-se, na Figura 5, um diagrama de Ishikawa.

Após levantadas as causas através do Diagrama de Ishikawa para as duas atividades analisadas, constatou-se que a falta de controle com o uso de consumíveis é uma das principais causas que resulta nos altíssimos tempos de setups destas atividades.

Atualmente os consumíveis são utilizados sem controle de sua vida útil. Sendo assim, verificou-se a necessidade de elaborar um plano de melhoria no qual ocorra maior controle do (eletrodo, bico e capa) de forma a utilizá-los apenas no período de vida útil.

Figura 5 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autoria própria (2017)

O Quadro 2, apresenta os planos de melhoria levantados e seus detalhamentos, através da ferramenta 5W1H.

Quadro 2 – Plano de melhoria 5W1H

Parâmetro	Plano de Melhoria	
<i>What?</i> (O que?)	Método de Esquadrejamento	Controle do uso de consumíveis
<i>Who?</i> (Quem?)	Setores de engenharia, qualidade, encarregado e operadores do setor de corte à plasma.	Setores de engenharia, qualidade, encarregado e operadores do setor de corte à plasma.
<i>Where?</i> (Onde?)	Setor corte à plasma	Setor corte à plasma
<i>When?</i> (Quando?)	Março 2016	Março 2016
<i>Why?</i> (Por que?)	Para redução do tempo de <i>setup</i> na atividade de esquadrejamento.	Para redução do tempo de <i>setup</i> nas atividades de inspeção das dimensões do produto e ajuste de <i>kerf</i> .
<i>How?</i> (Como?)	Através da implementação de batentes para esquadrejamento e treinamento dos operadores para execução do novo método.	Através da implementação de um procedimento para controle do uso do conjunto de consumíveis.

Fonte: Autoria própria (2017)

DO – EXECUTAR

A implantação das melhorias iniciou-se pela atividade de esquadrejamento. A Figura 6 mostra como as chapas eram posicionadas para execução da atividade antes de qualquer mudança.

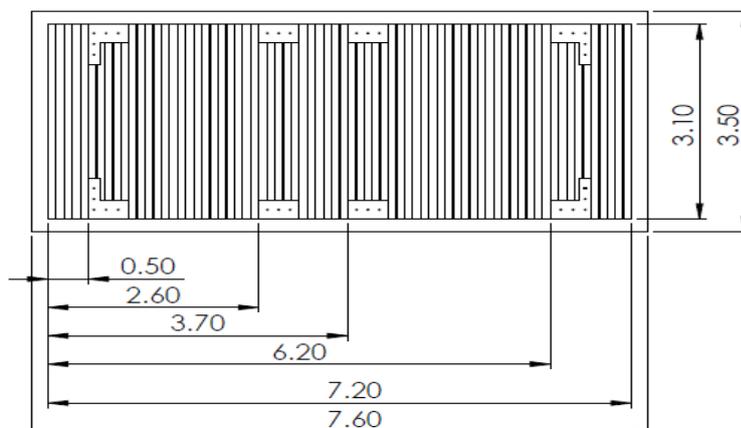
Figura 6 – Posição da chapa na mesa de corte



Fonte: Autoria própria (2017)

Com o novo método foram desenvolvidos batentes para serem fixados nas laterais da mesa. As Figuras 7, 8 e 9 apresentam o projeto elaborado.

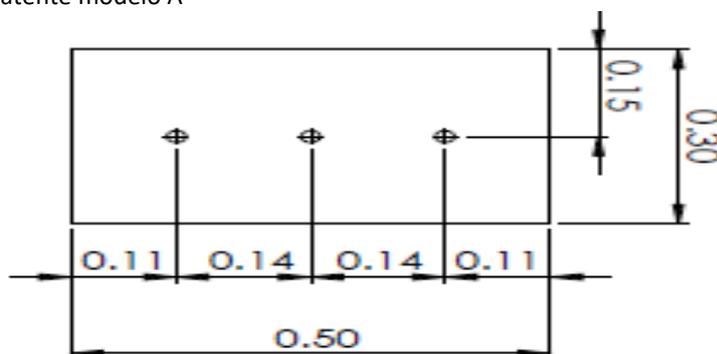
Figura 7 – Projeto mesa de corte à Plasma CNC com batentes fixadas



Fonte: Autoria própria (2017)

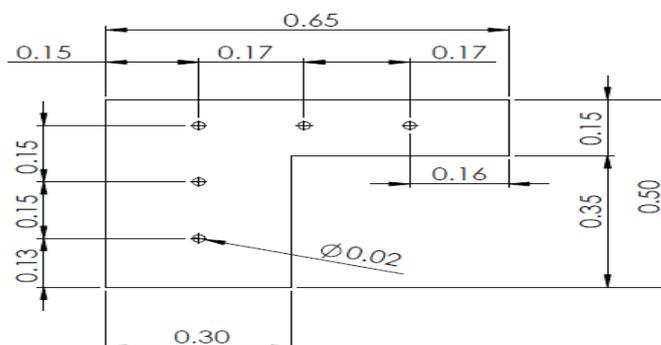
A Figura 7 expõe como estão distribuídos os batentes sobre a mesa de corte. Vale destacar que, o projeto levou em consideração todas as variáveis envolvidas para melhor posicionamento dos batentes sobre a mesa de corte do equipamento. Em toda a mesa foram fixados quatro batentes de cada modelo apresentado, desta forma criou-se a possibilidade de operar o equipamento em quatro posições distintas.

Figura 8 – Batente modelo A



Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 9 – Batente modelo B



Fonte: Autoria própria (2017)

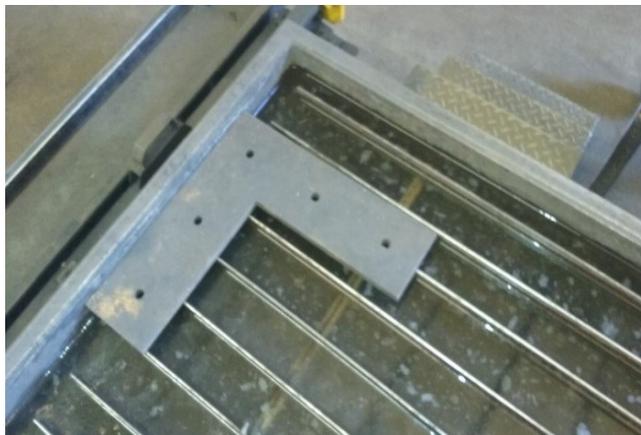
As Figuras 8 e 9 apresentam as dimensões de cada batente desenvolvido. Estes batentes foram projetados levando em consideração as dimensões da patola da ponte rolante, as dimensões das chapas a serem cortadas e as restrições do equipamento. É importante destacar que, a largura das batentes 0,30m está diretamente relacionada às dimensões da patola da ponte rolante, a espessura de 0,012m respeita o bom desempenho da tocha do equipamento durante a operação de corte, o comprimento de 0,50m do modelo A e B e 0,65m do modelo B está associado às dimensões da chapa de aço carbono. As Figuras 10 e 11 evidenciam os batentes fixados na mesa do equipamento de corte à Plasma CNC.

Figura 10 – Batente modelo A fixado na mesa



Fonte: Autoria própria (2017)

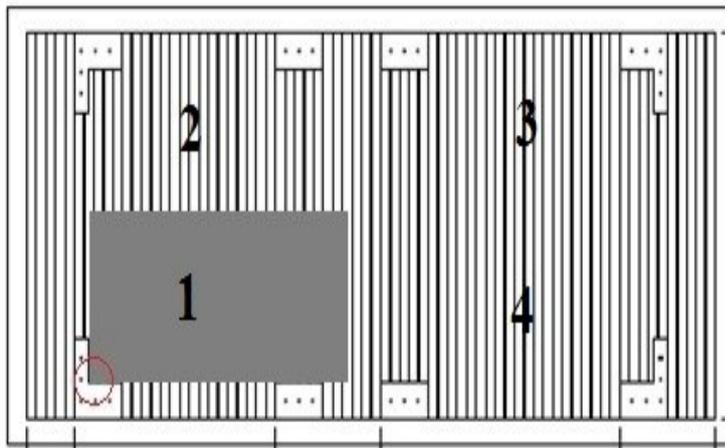
Figura 11 – Batente modelo B fixado na mesa



Fonte: Autoria própria (2017)

A Figura 12 demonstra a aplicação do novo método. Com este o operador da ponte rolante pode abastecer a chapa apenas em quatro posições diferentes, cada posição ocupa dois batentes, um de cada modelo. A máquina foi programada de forma a salvar a origem de cada posição. Partindo destes princípios e da chapa posicionada da forma correta, o operador do setor na atividade de esquadreamento apenas busca, através da máquina, a origem em que a chapa se encontra (canto da chapa). Com a origem identificada e a chapa estando posicionada de forma correta, paralela aos dois modelos de batente, não existe a necessidade de identificar outros pontos da chapa.

Figura 12 – Novo método de esquadreamento



Fonte: Autoria própria (2017)

O ponto em vermelho na Figura 12 é a origem (canto da chapa), é o único ponto que precisará ser identificado pela máquina com este novo procedimento, ressaltando que em cada uma das quatro posições existentes somente um ponto deve ser identificado na execução de cada plano de corte. Com a nova técnica descarta-se a necessidade de identificação de 3 pontos em cada chapa a ser cortada, como executado no método antigo.

Com este novo procedimento estabeleceu-se também um ciclo para o corte das chapas, ou seja, cada chapa vai ser cortada em uma posição diferente (1, 2, 3 e 4) e apenas depois de terem sido realizadas operações em todas as posições, volta-se a operar na posição 1. Esta lógica foi instituída para distribuir melhor os resíduos provenientes do corte que acumula-se na superfície da mesa. Com a distribuição destes resíduos sobre a mesa os batentes têm maior eficácia, já que desta forma a chapa se encaixa melhor aos batentes.

Já em relação aos consumíveis, antes da implementação de sua mudança a atividade era realizada da forma em que o operador julgasse correto. O responsável por operar o equipamento utilizava o consumível até o mesmo estar completamente danificado, ou seja, os consumíveis eram avaliados visualmente para serem substituídos, desta forma não se considerava sua capacidade, vida útil ou funcionalidade. Muitas vezes o consumível era substituído por outro e, em algum momento ao longo de outros planos de corte, voltava a ser utilizado, ou seja, era inserido no processo mesmo estando completamente desgastado e praticamente não exercendo sua função. Apresenta-se na Figura 13 o conjunto consumível (bico, eletrodo e capa).

Figura 13 – Conjunto de consumíveis (bico, eletrodo e capa)



Fonte: Autores (2017)

Partindo dos princípios anteriormente mencionados e dos efeitos que a falta deste controle acarretavam em outras atividades, decidiu-se desenvolver um estudo quanto ao seu uso, ou seja, a vida útil deste consumível.

Para a implementação da melhoria foi realizado um estudo prévio para verificar como seria mensurada a vida útil do consumível. Através de contato com os fabricantes do consumível e do equipamento de corte à plasma CNC, constatou-se que a melhor forma de mensurar a vida útil do mesmo seria através do número de piercings, que consiste no número de vezes que ocorre a furação da chapa para obtenção do produto final.

Desta forma, foi realizado um experimento a fim de determinar a vida útil dos consumíveis, onde os consumíveis eram inseridos no equipamento e a cada 100 piercings realizados, os consumíveis eram analisados. Nesta análise alguns parâmetros foram avaliados, dentre estes as dimensões das peças cortadas, o desgaste sofrido pelo mesmo, a necessidade em efetuar ajuste de kerf e o acabamento das peças cortadas. Com este experimento verificou-se que após 1700 piercings as peças cortadas já começavam a apresentar divergências em relação às medidas, necessitando assim de inspeção constante quanto ao dimensional e ajuste de kerf. Além disso, constatou-se também uma baixa qualidade em relação ao acabamento das peças cortadas. O experimento prosseguiu e com isso verificou-se que ao atingir aproximadamente 2500 piercings os consumíveis se apresentavam completamente danificados e não exerciam sua função com excelência.

Após o experimento realizado e com auxílio dos dados obtidos determinou-se que ao atingir 1650 piercings o consumível deveria ser substituído. Optou-se por este número, pois desta forma estaria abaixo do limite crítico, sendo assim, mesmo que o consumível atinja o número de piercings estipulado para substituição durante a execução do plano de corte, pode-se aguardar até o término do plano de corte em execução, já que existe uma margem de segurança de 50 piercings a mais que o valor estipulado para substituição. Com este método descarta-se a constante necessidade de inspeção das dimensões do produto e diminui-se a quantidade de ajuste de kerf a ser realizado ao longo do processo.

Os dados necessários para que ocorra o controle do uso do consumível encontram-se no plano de corte, como apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Exemplos de número de *piercings*

<i>Peso</i>	81.601 kg	<i>Perímetro de Corte</i>	<i>Nº de Piercings</i>
<i>X</i>	1146.5	38336.507 mm	39
<i>Y</i>	1484.2		

<i>Peso</i>	168.912 kg	<i>Perímetro de Corte</i>	<i>Nº de Piercings</i>
<i>X</i>	2773.5	61997.708 mm	245
<i>Y</i>	1507.5		

Fonte: Autoria própria (2017)

O número de piercings coletado no plano de corte passou ser inseridos em uma planilha eletrônica, desenvolvida através do software Excel. Esta planilha foi elaborada de forma a deixar visível o número total de piercings já utilizados e o status do consumível. O principal objetivo desta planilha é evidenciar o momento adequado de se efetuar a substituição do conjunto consumível. A anexo 1

demonstra como é realizado o atual controle após implementação do plano de melhoria. Ressaltando que o preenchimento da planilha se tornou de inteira responsabilidade do operador.

CHECK – VERIFICAR

Os novos procedimentos foram implantados por três meses para a coleta de dados da etapa de verificação. Verificou-se que no primeiro mês os tempos de setup diminuíram consideravelmente, entretanto, as mudanças eram recentes e estavam na fase de adaptação. Durante os dois meses subsequentes, foi possível notar que os tempos diminuíram em relação ao primeiro mês e, com isso constatou-se que as mudanças realizadas realmente surtiram efeitos positivos no processo. A Tabela 1, apresenta uma comparação entre os tempos médios de setup antes e depois da implementação de melhorias no setor em estudo.

Através dos dados coletados foi possível verificar que as atividades investigadas tiveram uma redução considerável nos tempos de setup. Com a implementação do novo método de esquadreamento, apresentado anteriormente, a atividade obteve uma redução em média de 54,29% em seu tempo de ciclo. Já com a execução do controle do uso de consumíveis a atividade de ajuste de kerf teve uma redução em média de 50,62% em seu tempo e a inspeção das dimensões do produto reduziu em média 45,19% do seu tempo.

Tabela 1 – Comparação do tempo de *setup*

Atividade	Antes	Depois
Ajuste de Kerf	06:15:41	03:05:30
Esquadreamento	20:54:54	09:33:36
Inspeção das dimensões do produto	09:18:31	05:06:08
Trocar consumíveis	03:47:50	05:41:48
Outras atividades	09:48:11	08:58:14
Total	50:05:07	32:35:16

Fonte: Autoria própria (2017)

O novo método de esquadreamento não interferiu negativamente em nenhuma das outras atividades, enquanto a implantação do controle do uso de consumíveis acarretou em um aumento médio de 50,02% nos tempos para realização da atividade “trocar consumível”, ou seja, houve um aumento de aproximadamente duas horas nesta atividade. Entretanto, este mesmo plano de melhoria reduziu em aproximadamente oito horas as atividades de ajuste de kerf e inspeção das dimensões do produto.

Em relação ao controle do uso de consumível, anteriormente eram utilizados no mês aproximadamente 15 conjuntos (eletrodo, bico e capa). Após a implementação do plano de melhoria em média são utilizados por mês 23 consumíveis. Este fato acarretou em acréscimo no custo mensal de em média R\$ 608,00. Os bons resultados obtidos com o plano de ação e ao aumento da qualidade e redução dos desperdiços de matéria-prima justificaram esse aumento.

De modo geral, obteve-se como resultado uma redução do tempo de setup em média de 35,27%, verificou-se também ao longo dos meses analisados que a eficiência do equipamento aumentou em média 6,2%, atingindo hoje em média

63,43%.

Além disso, com o novo método de esquadrejamento no qual se instituiu um ciclo de corte com intuito de distribuir uniformemente os resíduos sobre a mesa, verificou-se que a realização da limpeza geral da mesa, que antes acontecia de dois em dois meses e necessitava parar o equipamento por completo durante todo um período de trabalho, agora ocorre de quatro em quatro meses. Desta forma, reduziu-se em 50 % o número de limpeza geral a ser realizada no equipamento ao longo do ano.

Com o controle do uso de consumíveis ocorreu um aumento significativo na qualidade dos produtos provenientes deste processo, ou seja, hoje as peças se apresentam dentro das tolerâncias especificadas. Antes da implementação de melhorias era frequente o registro de reclamações em relação ao dimensional e principalmente ao acabamento do corte, em média entre reclamações e devoluções eram registrados mensalmente 6 ocorrências. No período de verificação não foi registrada nenhuma devolução ou reclamação em relação aos produtos provenientes do processo estudado.

ACTION – AGIR

Após todas as etapas anteriores realizadas e devido a não ter ocorrido falhas no plano de melhoria implantado adotou-se como padrão o plano desenvolvido, desta forma, a Instrução de Trabalho do setor de corte à Plasma CNC foi atualizado, incorporando então os novos métodos tanto de esquadrejamento quando de controle do uso de consumíveis, esta etapa corresponde também ao estágio 4 da ferramenta TRF

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A empresa na qual o trabalho foi desenvolvido apresentava muitas ineficiências em seu fluxo de produção. Dentre os departamentos existentes o que mais necessitava de atenção e investimentos era o setor de Corte à Plasma CNC. O primeiro passo rumo à obtenção de grandes resultados se deu através do desenvolvimento deste projeto, no qual buscou-se, utilizando da metodologia do ciclo PDCA atrelados às ferramentas da qualidade e TRF, otimizar os tempos de setup, visando maior disponibilidade do equipamento com intuito de um aumento considerável na produção.

Inicialmente, foi realizado um estudo para se identificar quais as atividades de setup existentes no setor e seus respectivos tempos. Através do estudo realizado, constatou-se que as atividades que necessitavam de intervenção eram esquadrear, inspecionar as dimensões dos produtos e ajustar kerf. Com estes pontos levantados, foi possível traçar os planos de melhoria, e definir as estratégias a serem seguidas.

Posteriormente os planos de melhoria saem do papel e se tornam realidade dentro da organização. Primeiramente foi implantado um novo método de esquadrejamento com intuito de tornar a atividade mais ágil. A segunda mudança ocorreu em relação ao controle do uso de consumíveis, com o propósito de reduzir o número de inspeção das dimensões do produto e ajuste de kerf.

A implantação dos planos de melhoria só se tornou possível devido ao grande apoio e incentivo fornecido a toda a equipe pela alta gerencia. Inúmeras barreiras

tiveram de ser superadas ao longo do desenvolvimento deste projeto, dentre elas mudança na cultura organizacional, treinamentos, orçamento disponível, dentre outros.

O objetivo do projeto foi alcançado e muitas das expectativas foram superadas. Os resultados obtidos foram significativos sendo que o tempo total de setup foi reduzido em 35,27% com a disponibilidade deste tempo para operação. A eficiência do setor hoje é de 63,43%, ou seja, ocorreu um aumento de 6,2% em média na eficiência do mesmo. Além disso, obteve-se como resultado a redução de 100% as devoluções e reclamações com problemas relacionados ao dimensional e acabamento do corte provenientes deste processo.

Finalmente, pode-se concluir que unir de forma estratégica diversas ferramentas para alcançar um objetivo pode proporcionar inúmeros benefícios, contudo, deve-se ressaltar que a essência das ferramentas devem ser respeitada e que bons resultados só serão atingidos com ousadia. Desta forma, deve-se sempre buscar realizar algo da melhor forma possível, reduzindo desperdício, aumentando a eficiência, trabalhando de forma enxuta e com qualidade.

Setup time reduction: a proposal for improvement applied to a mechanical metal company

ABSTRACT

Faced with an increasingly demanding market, companies today must seek to overcome themselves through more efficient products and processes. For this, it is necessary to use several tools available by the area of Production Engineering. The present article brings a case study in a metal mechanic company located in the northwest region of the State of Paraná- Brazil; that had the objective of implementing a proposal to reduce setup time using the PDCA cycle methodology coupled with quality tools and SMED - Single Minute Exchange of Dies. The improvements implemented were in relation to squaring methods and controlling of consumables' use, in order to reduce setup times of squaring activities, inspect product dimensions and kerf adjust. After the implementations, it was possible to obtain a reduction of 35.27% in setup time and an increase of 6.20% in the efficiency of the CNC Plasma sector. In addition, the implemented improvement plans generated other results that were not expected, surpassing in this way the expectations of all involved.

KEY-WORDS: Setup. SMED. PDCA. CNC plasma.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2006.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.
- MOREIRA, A. C., PAIS, G. C. S. Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 6, n.1, 2011.
- FALCONE, V. **TQC Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. 2 ed., Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.
- FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. Troca Rápida de Ferramentas: Proposta Metodológica e Estudo de Caso. **Revista Gestão & Produção**, v.10, n.2, 2003.
- GERLACH, G; PACHE, R; POLACINSKI E. Aplicação de ferramentas da qualidade no processo de recebimento de materiais em uma empresa metal-moveleira. In. Semana Internacional das Engenharias da FAHOR, 2011, Horizontina. **Anais..**, 2011.
- MACEDO, A. L. O; CAMPOS, R. R. Diagnóstico do complexo metal - mecânico: Brasil e Santa Catarina. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, v.7, n. 2, 2001.
- MIGUEL, P. A. C. **Qualidade: Enfoque e Ferramentas**. São Paulo: Artiliber – SP, 2001.
- OAKLAND, J. **Gerenciamento da qualidade total**. São Paulo: Nobel, 1994.
- PASCAL D.: **Lean Production Simplified: a Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System**. 2 ed. New York: Productivity Press, 2007.
- RAMOS, A. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2000.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- TUBINO, D. F. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.
- WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigmas: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

Recebido: 26 jul. 2017

Aprovado: 14 abr. 2018

DOI: 10.3895/gi.v14n2.6781

Como citar:

ZOLA, F. C.; SOUZA, R. H.; MARINHO, L. H. N.; ARAGÃO, F. V. Redução do tempo de setup: uma proposta de melhoria aplicada a uma empresa do setor metal mecânico. **R. Gest. Industr.**, Ponta Grossa, v. 14, n. 2, p. 77-95, abr./jun. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rgi>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Fernanda Zola

Rua João Rosa Góes, 1761, Vila Progresso, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

