

PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP EM CÉLULAS DE USINAGEM COM O USO DE CONCEITOS DA METODOLOGIA SMED: PESQUISA-AÇÃO EM UMA EMPRESA DO SETOR DE AUTOPEÇAS

Gabriela Moraes Simões Evangelista
gabriela.m.s.evangelista@gmail.com

Laura Keiko Arimitsu
lauraarimitsu@yahoo.com

André de Lima
andredelima.andre@gmail.com

Ivan Correr
icorrer@yahoo.com.br



Com a instabilidade econômica e política atual, as empresas necessitam de formas para se manterem competitivas no mercado, por isso é necessário que sejam implementados métodos para obtenção de melhorias do processo e redução de custos. No ambiente produtivo, um dos principais causadores do aumento de desperdícios é a operação de preparação das máquinas (setup), por essa razão reduzir esse tempo é de extrema importância, já que permite melhorias relacionadas à flexibilidade, capacidade produtiva, atendimento ao cliente e redução de tempos, estoques, não conformidades, lead times e custos. Ademais, algumas empresas empregam muito do seu tempo produtivo realizando os setups. Perante esse fato, originou-se o método conhecido como SMED (Single Minute Exchange of Die), capaz de proporcionar a simplificação e redução do tempo do setup, por intermédio da separação das operações internas e externas, padronizações, uso de gabaritos, eliminação de ajustes, check lists, comunicação e treinamentos dos envolvidos, entre outras ações. Neste contexto, o presente trabalho visa apresentar uma proposta de melhoria para redução do tempo de setup no processo de usinagem em uma organização do ramo de autopeças do estado de São Paulo, baseado nos conceitos da metodologia SMED visando o uso de técnicas de separação, redução ou eliminação do tempo de setup, padronização das atividades, sistematização e melhorias do processo, treinamento e envolvimento da equipe. A metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo foi baseada em uma pesquisa explicativa do tipo pesquisa-ação correlacionada ao uso do método DMAIC. Como resultado, foram desenvolvidas propostas de melhorias para separação de setup interno

e externo, padronização de atividades, uso de dispositivos, eliminação de ajustes e melhoria organizacional. Pretende-se, com a aplicação das propostas desenvolvidas, reduzir 50% do tempo de setup, possibilitando o aumento de fatores, como produtividade, disponibilidade, flexibilidade e qualidade, além de minimizar os custos e desperdícios do processo de usinagem.

Palavras-chave: Tempo de setup, SMED, usinagem, DMAIC

1. Introdução

No cenário mundial atual, as barreiras comerciais se expandem gradativamente, devido à globalização, tornando o ambiente industrial extremamente competitivo. Alguns dos desafios enfrentados pelas organizações são a alta concorrência, a exigência do mercado e a necessidade de atender o cliente (CALHADO et al., 2015).

Nos processos de usinagem, organizações buscam alternativas de aumentar a produtividade, reduzindo perdas de tempo em seu sistema produtivo, entre estas ações, realizar um melhor proveito do tempo de preparação de máquinas, eliminando o desperdício e consequentemente reduzindo o custo, aumentando a eficiência operacional (VIEIRA JR. et al., 2011).

Um dos métodos utilizados para a redução do tempo de preparação de máquinas, ou, *setup*, é o *Single Minute Exchange Die* (SMED). Sua aplicação visa a simplicidade e não exige altos custos de investimento, sendo muito utilizado por organizações que possuem um *mix* variados de produtos (SHINGO, 1985).

Como, as empresas fornecedoras de produtos para as indústrias automotivas, estão cada vez mais suscetíveis às influências de seus clientes, no que diz respeito às flutuações do mercado, aumento de produtividade das máquinas, viabilização de produção em lotes com tamanhos reduzidos, e em consequência, redução do estoque. A busca de metodologias, conceitos, sistemas e ferramentas que visam reduzir os custos organizacionais e eliminar os desperdícios são fundamentais (STRAPASSON; LEITE, 2012).

Portanto, o presente artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de melhoria para redução do tempo de *setup* no processo de usinagem em uma organização do ramo de autopeças do estado de São Paulo, baseado nos conceitos da metodologia SMED visando o uso de técnicas de separação, redução ou eliminação do tempo de *setup*, padronização das atividades, sistematização e melhorias do processo, treinamento e envolvimento da equipe.

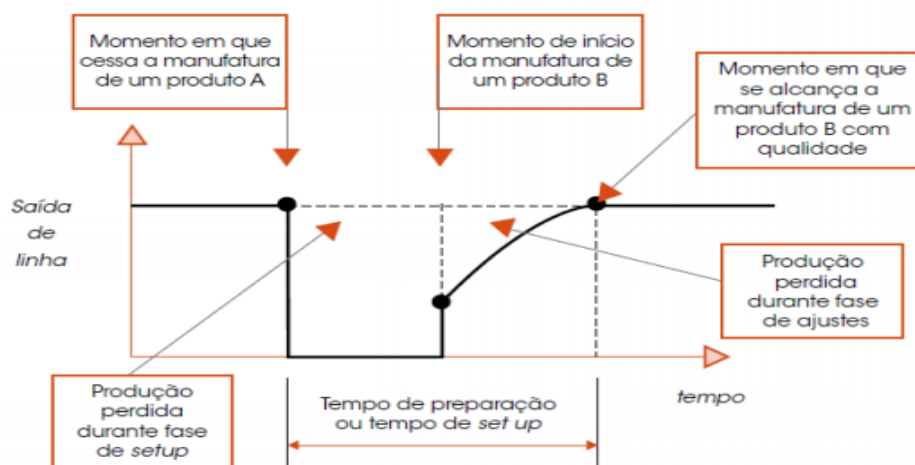
2. Referencial teórico

2.1 Tempo de setup

Anteriormente, a fabricação de produtos diversificados e com pequenos lotes eram considerados um grande empecilho para a gestão da produção. Acreditando ser caro preparar uma máquina para produzir apenas uma peça, as empresas optavam por diminuir a gama de produtos e produzir grandes lotes, além da implementação de células e máquinas dedicadas. Porém, o mercado teve um largo crescimento e desenvolvimento, exigindo que as empresas se adaptassem às suas necessidades, dessa forma para atender os clientes com um número maior de produtos disponíveis e de forma que reduza os seus estoques, o cenário alterou-se, surgindo *layouts* flexíveis, mão de obra multifuncional, produção em baixa escala e elevação de *mix* de produtos. O cenário anterior possibilitava minimizar a importância dos tempos de *setups*, mas o atual exige que esse tempo seja tratado de forma relevante (GAITHER; FRAZIER, 2004; MAESTRELLI et al., 2014).

Segundo Satolo e Calarge (2008), o tempo de *setup* é o tempo de preparação que ocorre entre a última peça produzida no lote atual (lote A) até a produção da primeira peça boa do lote posterior (lote B), como apresentado na figura 1.

Figura 1: Caracterização do tempo de *setup*



Fonte: Adaptado de Satolo e Calarge (2008)

Segundo Shingo (2000), as 4 etapas básicas de atividades de *setup* são mostradas no quadro 1.

Quadro 1: As principais etapas e atividades do *setup*

Etapa	Atividade
Preparação da matéria-prima, dispositivos e ferramentas	Etapa que ocorre a preparação da matéria-prima, dispositivos e ferramentas, sendo verificado se os materiais estão conformes para a utilização e nos locais corretos, também está incluso as limpezas das máquinas.
Montagem e remoção de ferramentas e componentes	Ocorre a remoção das ferramentas e componentes utilizados no lote anterior e a fixação das que serão utilizadas para atendimento ao novo lote que será produzido.
Centragem e determinação das dimensões das ferramentas:	Consiste nas atividades de posicionamento das ferramentas, medições e calibrações, a fim de encontrar as condições ideais para o processo.
Processos iniciais e ajustes:	São realizados os testes e ajustes necessários para a iniciação do processo, caso as etapas anteriores forem realizadas de forma satisfatória e eficiente, menor o tempo para essa etapa será empregada, já que a mesma é totalmente dependente das etapas anteriores.

Fonte: Adaptado de Shingo (2000)

Dentro do tempo de *setup*, relacionado ao processo de usinagem, existem inúmeras atividades, como requisição e transporte do ferramental, troca de ferramentas e dispositivos, ajustes, calibrações, programação das máquinas, *preset* de ferramentas, inspeções, aprovações, entre outras (BATELOCHI, 2007).

Com as transformações do mercado e com o desenvolvimento de diferentes modelos de produtos, a produção de lotes maiores é impulsionada, causando superprodução, desperdícios, estoques, elevando os custos de produção. Conseqüentemente há o aumento de ocorrências de *setup*, sendo assim é necessário que o tempo do mesmo seja reduzido. Já que um elevado tempo de *setup* impacta na disponibilidade da máquina. Por isso, a redução do tempo de *setup* é um dos principais focos das empresas de manufatura (SATOLO; CALARGE, 2008; CORAZZA, 2016).

2.2 Importância da redução do tempo de setup

A redução do tempo de *setup* é considerada um dos principais fundamentos de agregação à melhoria contínua de um processo, abrangendo melhorias nos sete desperdícios da Manufatura Enxuta (WILTSIE, 2012).

A melhoria no tempo de *setup* impacta várias esferas organizacionais (NICHOLAS, 1998; GOSS et al., 2010), conforme o quadro 2.

Quadro 2: Impactos nas esferas organizacionais

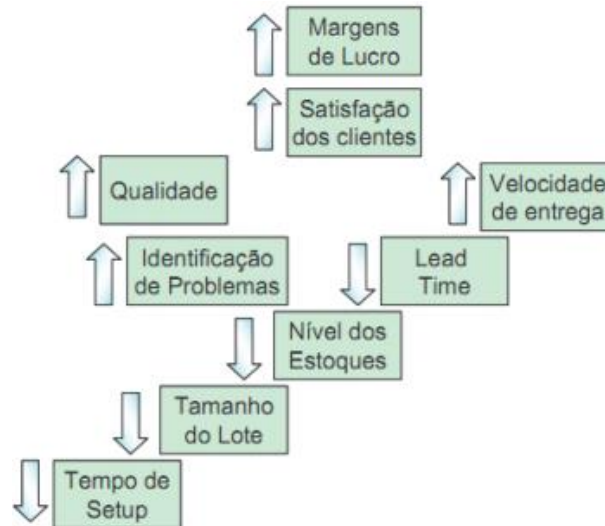
Esferas organizacionais	Impactos
Qualidade	Redução de não conformidades de produto e processo
Custo	Redução de custos relacionados à estoque acabado, <i>work in process</i> , mão de obra, indisponibilidade das máquinas, entre outros
Tempo	Redução de tempo com movimentação dos operadores, calibração, ajustes, troca de ferramentas, <i>preset</i> , entre outros
Flexibilidade	<i>Setups</i> ágeis proporcionam flexibilidade para atender as demandas variadas, seja para ajustes das ferramentas e equipamentos ou na preparação como um todo
Melhor utilização da mão de obra	Com o <i>setup</i> simplificado e padronizado, todos os operadores podem ser qualificados, sem necessidade de determinar pessoas específicas, reduzindo a dependência do operador para a realização da operação
Capacidade e <i>lead time</i>	Maior utilização das máquinas, consequentemente maximizando a capacidade produtiva e reduzindo o <i>lead time</i>

Fonte: Adaptado de Nicholas (1998) e Goss et al. (2010)

Outros autores descrevem benefícios adicionais aos citados anteriormente, Allahverdi e Soroush (2008) apresentam o impacto aos clientes, como melhoria no desempenho de entrega e na capacidade de resposta. Wiltsie (2012) ressalta melhorias na programação e controle de produção, quebras de ferramentas, programação das máquinas, redução de manutenção de equipamentos. Mardegan et al. (2006) expõe as vantagens da redução do tempo de *setup*, conforme figura 2.

Segundo McCarthy (2006), na maioria das empresas 50% do tempo de trabalho é empregado no processo de *setup*, dessa forma, reduzir o tempo de preparação torna-se requisito de competitividade no contexto empresarial mundial.

Figura 2: Vantagens da redução do tempo de *setup*



Fonte: Adaptado de Mardegan et al. (2006)

Para auxiliar nesses casos, a principal e mais difundida metodologia para a redução do tempo de *setup* é o SMED, uma das propostas sugeridas na filosofia Lean para a eliminação de desperdícios (MARDEGAN, 2006).

2.1.1 SMED

SMED (*Single Minute Exchange of Die*) é uma metodologia criada para obter maior eficácia no tempo de troca e preparação das máquinas e equipamentos, tendo como meta obter a redução no tempo de *setup* para um dígito (SHINGO, 1985).

O SMED foi desenvolvido com o intuito de suprir as flutuações da demanda, proporcionando uma resposta rápida das organizações perante as mudanças. Podendo ser aplicado em qualquer segmento, qualquer máquina ou equipamento. Possibilitando a realização do nivelamento da produção e a redução dos tamanhos dos lotes (SHINGO, 1985).

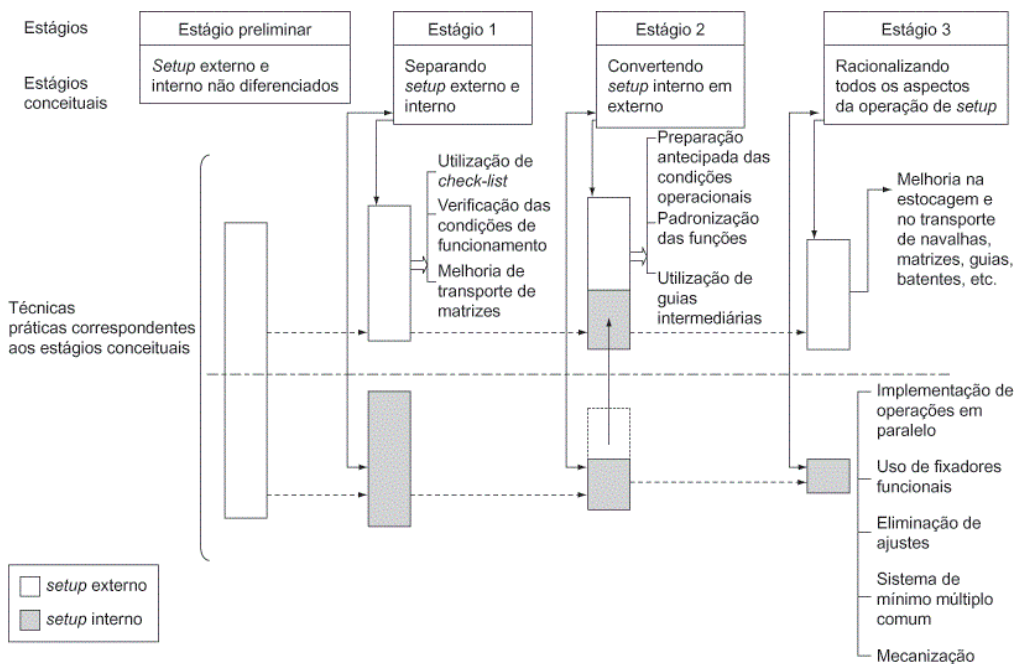
Uma das principais finalidades do SMED é simplificar e reduzir o tempo de troca de ferramentas, minimizando ou eliminando as perdas associadas ao processo de *setup* (FAGUNDES; FOGLIATTO, 2003).

Segundo Cakmakci e Karasu (2007) as operações de *setup* são divididas em dois tipos:

- a) *Setup* interno: são operações realizadas quando a máquina está desligada/parada;
- b) *Setup* externo: são operações realizadas quando a máquina ainda está operando/funcionando.

Shingo (2000) definiu que a metodologia se compõe por quatro estágios conceituais e técnicas que são aplicadas em seu respectivo estágio, onde ambos são necessários para a obtenção da redução do *setup*, conforme mostra a figura 3.

Figura 3: Estágios e técnicas da metodologia SMED



Fonte: Adaptado de Shingo (2000)

A metodologia SMED proporciona uma contribuição significativa para as organizações, fazendo com que as máquinas e equipamentos da área produtiva continuem em operação por um maior período de tempo, logo, obtendo um aumento no volume de produção (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003).

O precursor em estudar e aplicar as técnicas para redução do tempo de *setup* foi Shigeo Shingo (WERKEMA, 2006). Um dos objetivos principais da sua metodologia é converter o máximo possível do tempo de *setup* interno para externo (SHINGO, 2000).

Monden (1984) propõe uma metodologia semelhante à de Shingo, os aspectos que diferenciam é que o autor ressalta que etapa da conversão da operação do *setup* interno em externo como uma das mais importantes e recomenda uma análise mais detalhada, a padronização das funções direcionadas às operações de redução do tempo de *setup*, e a

realização de uma avaliação dos investimentos ao retorno obtido com a redução do tempo de *setup*.

Já Moxham e GreatBanks (2001) defendem a essencialidade de “pré-requisitos” ou um estágio inicial denominado “SMED ZERO”, onde se abrange os seguintes aspectos: trabalhar a comunicação e o envolvimento em equipe, controle visual da fábrica, analisar e medir o desempenho.

Por outro lado, McIntosh et al. (2007) recomendam o uso de outros recursos atrelados a implementação do SMED, utilizando-se de *checklist* ou gabaritos, técnicas do Kaizen, etc. Onde o foco principal é a melhoria contínua, buscando sempre o aprimoramento dos métodos existentes.

O SMED não é uma técnica simples, mas sim um conceito que requer o comprometimento e mudanças da organização como um todo, pois o tempo de *setup* é relacionado frequentemente à área produtiva, porém ele reflete nas outras áreas da organização. A falta de fornecimento de infraestrutura apropriada, treinamento e a falta da conscientização da importância de reduzir o tempo de *setup*, pode ocasionar o fracasso na implementação, o bom gerenciamento e a divulgação da importância da metodologia influencia diretamente nos resultados da mesma (VAN GOUBERGEN, 2000).

Outros autores descrevem benefícios adicionais aos citados anteriormente relacionados ao setor de usinagem, Calhado et al. (2015) apresentam um aumento da flexibilidade dinâmica para poder acompanhar as variações do mercado, e a possibilidade de produção em lotes pequenos, Cechect et al. (2008) aponta a redução no *lead time* e redução nos níveis de estoque. Xavier et al. (2014) retrata o resultado perante os clientes, com um melhor desempenho de entrega e na capacidade de resposta. Corazza (2016) destaca a organização, a padronização, pontualidade nos prazos de entrega e robustez na qualidade das atividades.

3. Metodologia do desenvolvimento da pesquisa

O estudo foi realizado em uma empresa multinacional de grande porte no ramo de autopeças. A empresa possui 29 plantas distribuídas no mundo, a planta estudada é situada no interior do estado de São Paulo.

A metodologia do desenvolvimento do estudo foi baseada em uma pesquisa explicativa do tipo pesquisa-ação. Conforme Gil (2007), a pesquisa explicativa tem como principal objetivo identificar os fatores que contribuem ou causam as ocorrências do evento. Determinado como pesquisa-ação, visto que é baseado na resolução ou melhoria de problemas, havendo a necessidade do envolvimento e participação dos pesquisadores de forma colaborativa perante ao evento (ELLIOT, 1997; THIOLENT, 2011). O estudo teve embasamento metodológico baseado na estruturação das etapas da pesquisa-ação formuladas por Thiollent (2011) e Mello (2012).

É notório a semelhança das etapas da pesquisa-ação com a metodologia DMAIC (definir, medir, analisar, implementar e controlar), sendo que ambas possuem o propósito de implementar melhorias. Usevicius (2004) ratifica que as principais equivalências entre as metodologias são o desenvolvimento de hipóteses, coletas de dados, planos de ação e as habilidades necessárias para conduzir um projeto pelo pesquisador da pesquisa-ação ou pelo *Black Belt*. O quadro 3 apresenta a correlação das etapas e objetivos da pesquisa-ação e DMAIC.

Quadro 3: Correlação entre as etapas e objetivos: pesquisa ação e DMAIC

PESQUISA AÇÃO		DMAIC	
ETAPAS	OBJETIVOS	ETAPAS	OBJETIVOS
Fase exploratória	Determinação do campo de pesquisa, os envolvidos e suas expectativas	Definir	Identificação do problema, tema, área e constituição de um time multifuncional
Tema da pesquisa	Definição do tema da pesquisa		
Colocação dos problemas	Definição da problemática no qual o tema da pesquisa será desenvolvido		
Seminário	Constituição do grupo dos pesquisadores		
Campo de observação	Delimitação do campo de observação no qual o tema é aplicável	Medir	Levantamento dos dados e mensuramento das variáveis do processo
Coleta de dados	Aplicação de técnicas para coleta de dados		
Hipóteses	Formulação de suposições de soluções para resolução do problema	Analisar	Análise e identificação da causa raiz
Análise de dados	A análise e interpretação dos dados obtidos devem ser realizados		
Plano de ação	Elaboração do plano de ação	Implementar	Execução do plano de ação para corrigir ou reduzir as variáveis
Divulgação dos resultados	Divulgação dos resultados aos membros do grupo e externamente para áreas interessadas	Controlar	Padronização e conclusão

Fonte: Adaptado de Harry e Schroeder (2000), Thiollent (2011) e Mello (2012)

4. Desenvolvimento, aplicação e resultados

Para a iniciação do projeto houve a necessidade da criação de um time multifuncional, para o desenvolvimento, acompanhamento e propostas de soluções.

A metodologia escolhida pelo time para o desenvolvimento das etapas do projeto foi o DMAIC, dessa forma os resultados serão apresentados nas fases: definir, medir, analisar e implementar.

4.1. Definir

O estudo iniciou com a necessidade de identificação do processo gargalo, conforme Goldratt e Cox (1998) a prioridade da aplicação de melhorias deve ser perpetuada no processo gargalo, pois essas melhorias tendem solucionar a restrição de modo a aumentar a capacidade de toda a fábrica, melhorando o atendimento a demanda, não havendo a necessidade de aquisição de novos equipamentos e mão de obra.

Para identificar o processo gargalo foram considerados os índices do OEE, conforme Hansen (2006), o OEE (Eficiência Global dos Equipamentos) é um indicador baseado em três variáveis: disponibilidade, performance e qualidade.

Com o levantamento de dados do OEE de todos os processos produtivos foi identificado que o processo com menor índice apresentado é a usinagem com OEE de 71,88%, sendo assim definido esse processo para aplicação da melhoria, demonstrado na Figura 4.

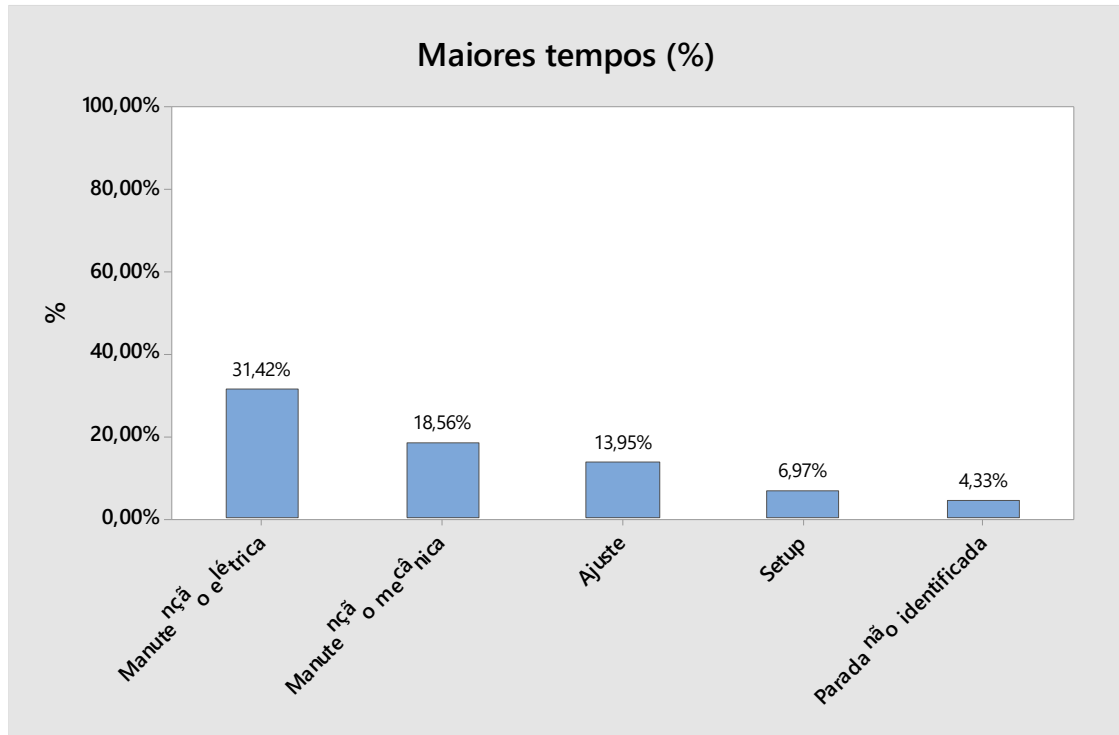
Figura 4: OEE dos processos produtivos



Fonte: Os autores

O próximo passo foi a definição do projeto, com essa finalidade foram listados os maiores tempos empregados no processo de usinagem, os dois principais são relacionados à manutenção, tais como, manutenção elétrica e preventiva, porém são tempos não atuantes, já que são pertencentes à outra área, logo os outros três tempos consecutivos e relevantes foram considerados: ajuste, *setup* e parada não identificada, de acordo com a figura 5.

Figura 5: Maiores tempos empregados nos processos de usinagem



Fonte: Os autores

Ainda com o propósito de definição do projeto, baseado na VOC (voz do cliente), os envolvidos no processo produtivo constataram duas necessidades de melhorias, sendo: redução do tempo de *setup* e aumento do tempo de ciclo. O *setup* apresentou-se expressivo, já que foi demonstrado nas duas informações coletadas, resultando na definição do projeto.

Posteriormente, para um melhor resultado de implementação foi fundamental selecionar uma célula de trabalho, definida como escopo do projeto, conseqüentemente houve a necessidade de conhecer os tempos médios e quantidades de *setups* de todas as células. A partir do quadro 4 é possível obter a célula adequada.

Quadro 4: Quantidade e tempo de *setups* por célula

Célula	Quantidade de setup	Tempo médio	Tempo total
1	17	4,21	71,57
2	21	2,73	57,33
3	30	2,48	74,40
4	24	3,49	83,76
5	2	7,50	15,00
6	16	3,00	48,00
7	4	4,25	17,00

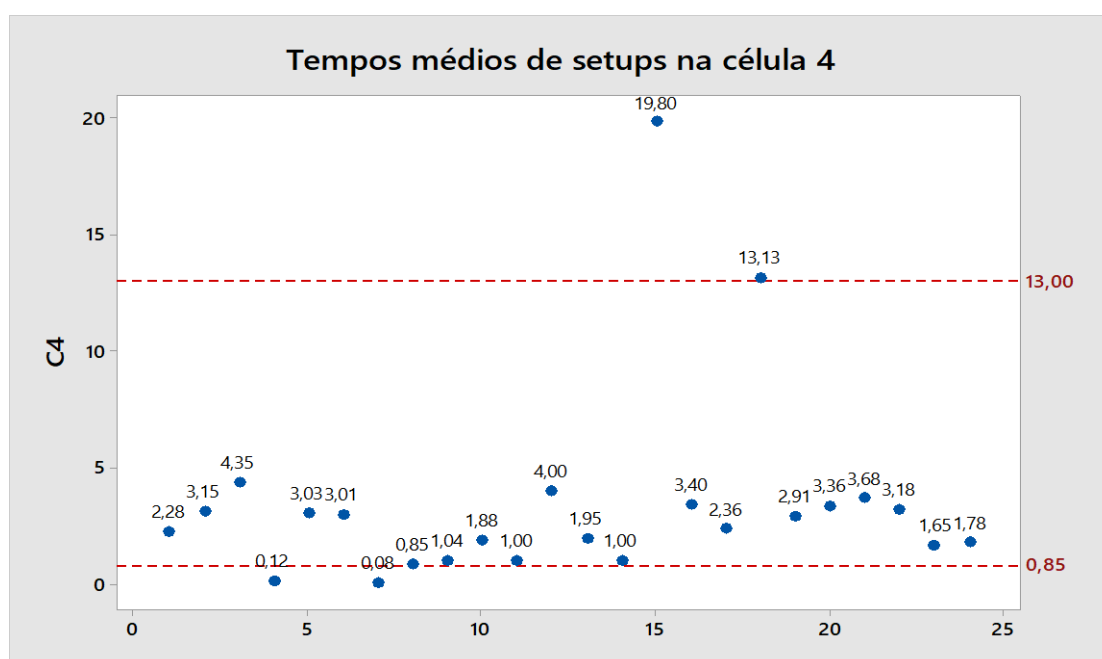
Fonte: Os autores

Mesmo não apresentando a maior quantidade de *setups* e o maior tempo gasto para o processo, a célula 4 mostra-se vantajosa, por demonstrar o maior tempo total, além de conter duas células famílias, possibilitando a abrangência das ações para a célula 2 e 3.

4.2. Medir

Com a definição da célula 4 houve a estratificação dos dados para uma maior confiabilidade, com o objetivo de medir e verificar a dispersão de dados, verificando assim a variabilidade do processo, conforme mostrado na figura 6.

Figura 6: Tempos médios de *setups* na célula 4



Fonte: Os autores

Pela existência de pontos dispersos e que não demonstram a realidade do tempo de *setup*, os dados abaixo dos limites inferiores e superiores foram desconsiderados, sucedendo na média real do tempo de *setup* de 2,60 horas.

A partir da medição da célula 4 foi realizado o cálculo de lacuna para propor a meta do projeto. No cálculo da lacuna é levado em consideração o valor da média de 2,60 horas, o melhor valor já encontrado de 0,85 horas e a proposta de redução de 50%, resultando numa meta de 1,80 horas.

Em seguida, com o intuito de identificar possíveis variáveis entre turnos e produtos, a medição se fez necessária, assim sendo realizado as estratificações.

A empresa opera em três turnos, de acordo com a quadro 5, o turno 1 efetuou 9 *setups* com tempo médio de 2,53 horas, o turno 2 com 8 *setups* e tempo médio de 2,98 horas e o turno 3 com 2 *setups* e 1,45 horas. O turno 3 demonstra diferença significativa perante aos turnos 1 e 2, seja na quantidade ou tempos médios de *setups*, porém a partir da realização de uma matriz de correlação foi identificado que no caso do turno 3, os *setups* ocorridos nesse período eram de produtos da mesma família e quando ocorre *setups* entre produtos com polegadas semelhantes, as necessidades de trocas são menores e mais ágeis, justificando assim a discrepância.

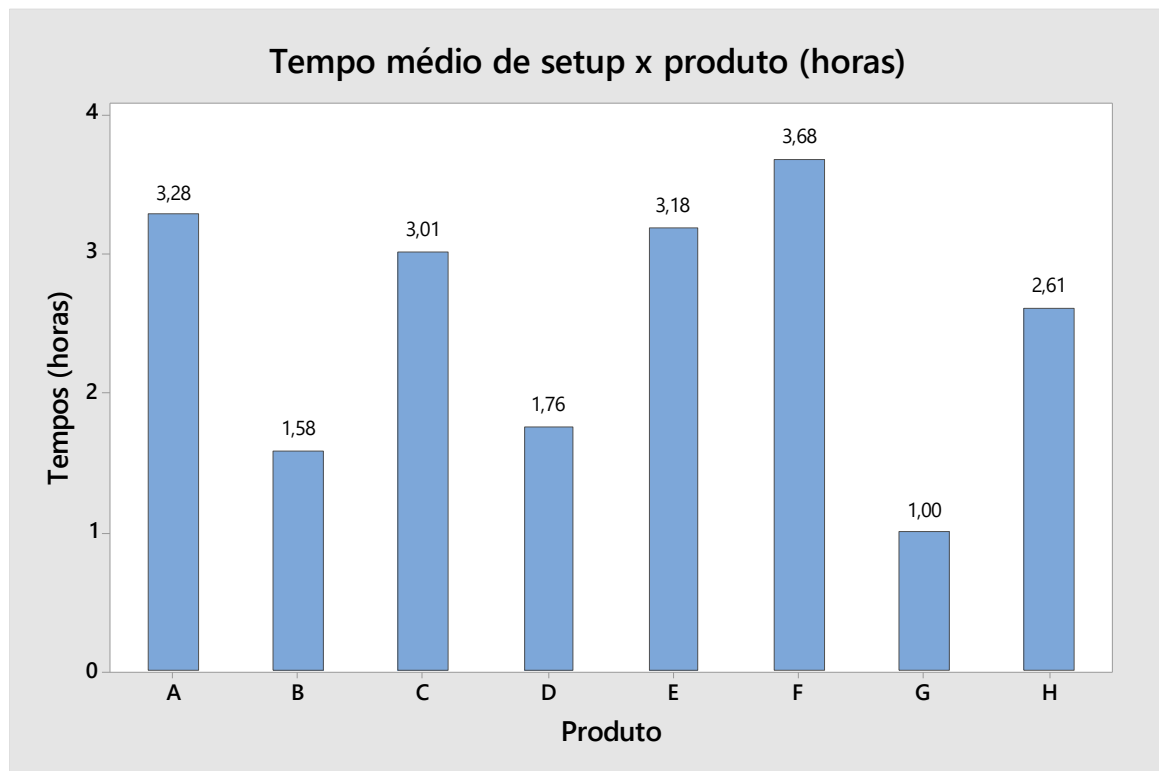
Quadro 5: Quantidade e tempo médio de *setups* por turno

Turno	Quantidade de <i>setups</i>	Tempo médio de <i>setups</i>
1	9	2,53
2	8	2,98
3	2	1,45

Fonte: Os autores

Também foi levantado o tempo médio de *setup* por produto, conforme figura 7, para constatar se há relevância entre tipos de produto para determinação de um projeto específico, mas como foi salientado pelo time, realizando melhorias na sistemática do processo de realização do *setup*, independente do produto haverá resultado.

Figura 7: Tempo médio de *setup* por produto

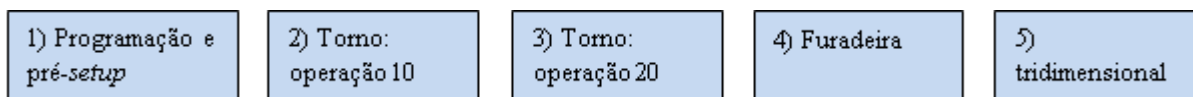


Fonte: Os autores

4.3. Analisar

Na etapa de analisar foi desenvolvido o mapeamento de processos (figura 8), por meio do mapa é possível identificar todas as etapas, atividades envolvidas e o impacto dessas atividades no aumento do tempo de *setup*.

Figura 8: Etapas do tempo de *setup*



Fonte: Os autores

Houve a análise da composição das atividades de cada etapa para a efetivação do *setup* e sequentemente o levantamento das causas do impacto dessas atividades de forma a elevar o tempo de *setup*, conforme os quadros 6, 7, 8, 9 e 10.

4.3.1 Programação e pré-*setup*

A etapa de programação e pré-*setup* (Quadro 6) compreende sete atividades.

Quadro 6: Etapas e atividades da programação e pré-*setup*

Atividades	Causa do impacto da atividade no aumento do tempo
1. Programação do PCP	1.1 Mix de produtos na mesma célula 1.2 Programação não planejada
2. Separação dos componentes	2.1 Componentes misturados 2.2 Falta de definição dos componentes para o uso em cada <i>setup</i> 2.3 Falta de identificação dos componentes
3 Separação dos calibradores	3.1 Calibradores misturados
4. Montagem de brocas	4.1 Realização da montagem no momento do <i>setup</i>
5. Verificação da condição dos insertos	5.1 Requisição de novos insertos 5.2 Necessidade de uma nova liberação após o <i>setup</i>
6. Verificação da programação da máquina	6.1 Falta de programação para novos produtos 6.2 Separação do CNC data e o pen drive dos programas
7. Separação dos instrumentos de medição	7.1 Tempo de movimentação para a busca dos instrumentos

Fonte: Os autores

4.3.2 Torno (operação 10)

A operação 10 abrange oito atividades (Quadro 7).

Quadro 7: Etapas e atividades do torno (operação 10)

Atividades	Causa do impacto da atividade no aumento do tempo
1. Troca de garras	1.1 Falta de padronização de parafusos (diferença entre unidades de medidas)
2. Verificação do travamento do centralizador	2.1 Entrada de cavaco no apoio do centralizador 2.2 Falta de planos de limpeza
3. Transferência do programa para CNC	3.1 Transferência durante o <i>setup</i> 3.2 Único CNC data para dois setores da fábrica
4. Edição do programa	4.1 Edição conforme a posição da ferramenta e o corretor (diferentes entre células)
5. Ajustes dos parâmetros de pressão de aperto	5.1 Falta de identificação e padronização das garras
6. Troca dos insertos	6.1 Falta de definição da vida útil dos insertos
7. Ajustes	7.1 Falta de dispositivos de medição
8. Verificação dos apoios (fora do setup)	8.1 Problema de oscilação axial

Fonte: Os autores

4.3.3 Torno (operação 20)

A operação 20 contempla cinco atividades (Quadro 8).

Quadro 8: Etapas e atividades do torno (operação 20)

Atividades	Causa do impacto da atividade no aumento do tempo
1. Troca de garras	1.1 Falta de padronização de parafusos (diferença entre unidade de medidas)
2. Troca e a regulagem do pino centralizador	2.1 Folga do pino centralizador
3. Verificação dos parâmetros de pressão de aperto	3.1 Falta de identificação e padronização das garras
4. Ajustes	4.1 Falta de dispositivos de medição
5. Verificação (fora do setup)	5.1 Problema de oscilação axial

Fonte: Os autores

4.3.4 Furadeira

As etapas e atividades da furadeira (Quadro 9) consiste de oito atividades.

Quadro 9: Etapas e atividades da furadeira

Atividades	Causa do impacto da atividade no aumento do tempo
1. Montagem das brocas	1.1 Dimensão errada na haste das brocas 1.2 Defeito no cone
2. <i>Preset</i>	2.1 Programa parametrizado errado 2.2 Medição errada da altura da broca 2.2 Medição no ponto incorreto (variação entre turnos)
3. Troca da flange	3.1 Quebra da porca T 3.2 Montagem do conjunto (gera falha no <i>air check</i>)
4. Troca da pinça	4.1 Excesso de cavaco
5. Alteração da posição das garras	5.1 Demora na alteração
6. Centralização do furo de válvula	6.1 Dificuldade para encontrar o centro
7. Transferência do programa para a furadeira	7.1 Falta do cartão para transferência do programa
8. Ajustes	8.1 Falha no <i>preset</i> /ou no programa

Fonte: Os autores

4.3.5 Tridimensional

A etapa de tridimensional é composta de nove atividades (Quadro 10).

Quadro 10: Etapas e atividades da tridimensional

Atividades	Causa do impacto da atividade no aumento do tempo
1. Movimentação para a tridimensional	1.1 Equipamento afastado da usinagem
2. Espera pela medição	2.1, 3.1, 4.1, 5.1 e 6.1 Equipamento lento, não adequado ao processo e não dedicado apenas ao setup (atende medição de <u>part numbers</u> da produção)
3. Preparação do equipamento (para o lado interno do produto)	
4. Realização das medições (para o lado interno)	
5. Preparação do equipamento (para o lado externo do produto)	
6. Realização das medições (para o lado externo)	
7. Emissão dos relatórios	7.1 Necessidade de preenchimento de especificações pelo inspetor
8. Movimentação de retorno para a célula	8.1 Equipamento afastado da usinagem
9. Medição (inspeção)	9.1 Método não adequado

Fonte: Os autores

4.4 Implementar

Inicialmente, com o uso dos conceitos SMED foi proposto a separação das seguintes atividades de *setup* interno que são possíveis de serem realizadas de forma externa, conforme quadro 11.

Quadro 11: Atividades internas e externa de *setup* (cenário atual x proposto)

Atividades	Atual		Proposto	
	Setup Interno	Setup Externo	Setup Interno	Setup Externo
Montagem de brocas				
Verificação da condição dos insertos				
Verificação da programação da máquina				
Transferência do programa para CNC				
Edição do programa				
Montagem das brocas				
<i>Preset</i>				
Transferência do programa para a furadeira				
Movimentação para a tridimensional				
Aguardar medição da tridimensional				

Fonte: Os autores

Em seguida, a partir da análise das causas que impactam no aumento do *setup* foram definidas propostas de solução para cada causa.

Com o intuito de ressaltar todas as propostas sugeridas, as mesmas foram segregadas e relacionadas em grupos, como mostrado no Quadro 12.

Quadro 12: Propostas para a melhoria do tempo de *setup* na usinagem

Grupos	Propostas de melhorias	
Grupo 1 - Ferramentas	1.1 Montagem e <i>presetting</i> das brocas anteriormente ao <i>setup</i>	1.2
	Realização do estudo de vida útil e padronização do tempo de uso dos insertos	
	1.3 Sistematização e padronização do processo de montagem das brocas	1.4
	Verificação das condições e requisição dos insertos anteriormente ao <i>setup</i>	
Grupo 2 - Componentes	1.5 <i>Presetting</i> externo	
	2.1 Separação e identificação dos componentes	2.2
	Criação de <i>check list</i> que determina todos os componentes que serão utilizados para a operação por <i>part number</i>	2.3
	Padronização das especificações dos parafusos utilizados na troca das garras	
	2.4 Criação de uma proteção para o centralizador	
	2.5 Elaboração de plano de limpeza do centralizador para não ocorrência do travamento	
	2.6 Identificação e alinhamento entre o uso dos pinos guias e das garras	2.7
	Diminuição da folga do pino centralizador	2.8
Realização da montagem do conjunto da flange no pré- <i>setup</i>	2.9	
Grupo 3 – Calibradores e equipamentos de medição	Engate rápido para a alteração da posição das garras	
	3.1 Separação dos calibradores por <i>part number</i>	3.2
	Utilização do equipamento de medição mais ágil, adequado e preciso para o processo de <i>setup</i> (equipamento já existente na fábrica, porém não calibrado, por ter uma calibração mais complexa, sendo necessária ser realizada por um terceiro)	3.3 Relatório
	de inspeção e medição automático, sem necessidade de preenchimento pelo operador	
Grupo 4 – Programação CNC	3.4 Padronização e melhoria das inspeções	
	4.1 Separação e transferência do CNC data e pen drive com antecedência	4.2
Grupo 5 - Ajustes	Padronização das posições das ferramentas e corretores na programação da máquina	
	5.1 Equipamentos para ajustes específicos por célula	5.2
Grupo 6 - Movimentação	Realização de <i>presetting</i> externo, reduzindo as necessidades de ajustes	
	6.1 Recolocação do principal equipamento na usinagem	
Grupo 7 – Programação	7.1 Programar produtos famílias na mesma célula, eliminando a necessidade de inúmeras trocas e ajustes	

Fonte: Os autores

Para o levantamento das atividades, causas e sugestões de melhorias foi essencial a participação de todos os envolvidos no processo de usinagem para melhor entendimento e abrangência das ações. Após as implementações, os mesmos deverão ser treinados sobre as novas sistemáticas do processo.

5. Considerações finais

Como apresentado, a metodologia SMED proporciona uma contribuição significativa para as organizações, visando a redução dos tempos de *setup* e aumentando o tempo produtivo de máquinas e equipamentos. Cenário este, que se apresenta na grande maioria das empresas atualmente, em especial empresas de manufatura, devido a necessidade de se obter resultados

melhores, menores custos, menores tempos e maior flexibilidade para atender a demanda do mercado.

Para o presente projeto, foi possível apresentar uma proposta de melhoria para redução do tempo de *setup* no processo de usinagem, baseado nos conceitos da metodologia SMED.

Para o desenvolvimento, planejamento e execução do projeto, foram executadas as etapas: definir, medir, analisar e implementar, cujos resultados foram apresentados como propostas de melhorias como: separação de *setup* interno e externo, padronização de atividades, uso de dispositivos, eliminação de ajustes, melhoria organizacional, dentre outras melhorias apresentadas e que são melhor exemplificadas no Quadro 12.

A última etapa do projeto que é a checagem dos resultados, está em fase de conclusão e espera-se obter uma redução de 50% do tempo de *setup* nos processos de usinagem estudados. Os resultados finais obtidos com a conclusão do presente projeto, serão apresentados e divulgados posteriormente em congressos da área.

REFERÊNCIAS

ALLAHVERDI, A.; SOROUGH, H. M. *The significance of reducing setup times/setup costs. European Journal of Operations Research*, 187, 978-984, 2008.

BATELOCHI, L. Fundamento do *set up* rápido. **Revista O mundo da Usinagem**, p.6-11, n°38, 8° ed., 2007.

CALHADO, M. P. et al. Implantação do método de troca rápida de ferramentas no setor de usinagem em uma indústria de autopeças. *In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. Fortaleza, 2015.

CAKMAKCI, M.; KARASU, M. K. *Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: a study of application in a large size company of automobile industry. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 33, n. 3-4, p. 334-344, 2007.

CECHECT, L. A. et al. Implantação dos conceitos de TRF em uma empresa do setor de plásticos. *In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. Bauru, 2008.

CORAZZA, E. J. Otimização do tempo de *setup* no setor de usinagem, em uma empresa de processamento de alumínio de Joinville/SC – Brasil. *In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. João Pessoa, 2016.

ELLIOT, J. *La investigación-acción en educación*. 3° ed. Madrid: **Morata**, 1997.

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. **Gestão e Produção**, v. 10, n. 2, p. 163-181, 2003.

- GAITHER, N.; FRAZIER, G. Administração da produção e operações. 8° ed. São Paulo: **Pioneira Thomson Learning**, 2004.
- GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª ed. São Paulo: **Atlas**, 2007.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J. A Meta: um processo de melhoria contínua. 2° ed. São Paulo: **Nobel**, 1998.
- GOSS, R.; MAXIM, C.; ADHIKARI, D.; ROTHE, J. *Leveraging new SEMI standard to reduce waste and improve flow for semiconductor manufacturing*. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, 26, 658–664, 2010.
- HANSEN, R.C. Eficiência Global dos Equipamentos – uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre, **Bookman**, 2006.
- HARRY, M.; SCHROEDER, R. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. **Currency/Doubleday**, New York, NY, 2000.
- MAESTRELLI, N. Redução de tempos de preparação de máquinas (*setup*): um caso de aplicação. **Revista Manufatura em foco**, Prol Editora Gráfica, p.8-11, ano 2, n°12, 2014.
- MARDEGAN, R. et al. Estudo de caso de implementação de troca rápida de ferramenta em uma empresa metal mecânica. In: **XXVI Congresso de Engenharia de Produção**. Fortaleza, 2006.
- MCCARTHY, R. *Toolroom management: presetting increases profits and productivity*. **MoldMaking Technology**, 2006.
- MCINTOSH, R. I.; SUGAI, M.; NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. In: **Revista Gestão e Produção**. São Carlos, 2007.
- MELLO, C. H. P. et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Production Journal**. v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.
- MONDEN, Y. Produção sem estoques: uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota. São Paulo: **IMAM**, 1984.
- MOXHAN, C.; GREATBANKS, R. *Prerequisites for the implementation of the SMED methodology. A study in the textile-processing environment*. **The International Journal of Quality & Reliability Management**. v.18, n. 4/5, p. 404-414, 2001.
- NICHOLAS, J. *Competitive manufacturing management* Irwin. **McGraw-Hill**, 181-186, 1998.
- SALOTO, E. G.; CALARGE, F. A. Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais. **Exacta**, p. 283-296, v. 6, n°2, 2008.
- SHINGO, S. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Cambridge: **Product Press**, 361p., 1985.
- SHINGO, S. Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos. **Bookman**, 2000.
- STRAPASSON, M.; LEITE, H. V. dos R. Troca rápida de ferramenta: estudo de caso em uma indústria do setor metal mecânico. In: **XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. Bento Gonçalves, 2012.
- THIOLLENT, M. J. M. Metodologia da pesquisa-ação. 18° ed. São Paulo: **Cortez**, 2011.

USEVICIUS, L. A. **Implantação da metodologia seis sigma e aplicação da técnica estatística projeto de experimentos na resolução de problemas e otimização de processos de fabricação.** Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

VAN GOUBERGEN, D. *Set-up reduction as an organization-wide problem.* In: **SOLUTIONS 2000 CONFERENCE**, 2000. *Proceedings...* Cleveland: DRI Research e Publications, 2000.

VIEIRA JUNIOR, M. et al. *Statement of losses caused by the presetting of tools by the manual method.* In: **POMS 22nd Annual Conference**, Anais... Reno, Nevada, U.S.A, 2011.

WERKEMA, C. *Lean Seis Sigmas: introdução às ferramentas do Lean Manufacturing.* v.4. Belo Horizonte: **Werkema Editora**, 2006.

WILTSIE, J. *Setup reduction-one discipline you must master.* **Magazine Production Maching**, 2012.

XAVIER, C. A. R. et al. A melhoria do *setup* de uma empresa de usinagem: um estudo de caso em Porto Velho. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**. Blumenau, v.8, n.2, p.12-34, TRI II, 2014.