

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP EM UMA INDÚSTRIA DE BOBINAS PLÁSTICAS

Marcos Andre Moura Jordao Emerenciano (ufpe)

marcos.jordao.e@gmail.com

Misia Macedo Dantas (ufpe)

misiadantas@gmail.com

Rodrigo Sampaio Lopes (ufpe)

rodrigoengep@hotmail.com



Atualmente os consumidores exigem produtos cada vez mais customizados, forçando a indústria a produzir lotes menores. Como consequência, maior é o tempo gasto em preparação de máquinas o que é considerado um desperdício, uma vez que esta é uma atividade que não possui valor agregado. Neste contexto, surge a metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED) que permite reduzir o tempo de preparação de máquinas. Este artigo tem por objetivo aplicar um procedimento para organização e execução da metodologia SMED em que tratam a implementação da metodologia como uma interface de um projeto. A metodologia é aplicada em uma impressora de uma indústria de bobinas plásticas. Os resultados mostram que foi possível obter uma redução significativa no tempo de preparação para troca de pedidos.



Palavras-chave: SMED, setup, troca rápida de ferramentas, produtividade

1. Introdução

Em virtude do crescente avanço tecnológico e competitividade global os consumidores anseiam por uma ampla variedade de produtos cada vez mais personalizados, entregues com alta qualidade, com tempos de resposta rápidos e vendidos a preços razoáveis (FERRADÁS; SALONITIS, 2013). Como consequência, as empresas são forçadas a acompanhar constantemente os movimentos do mercado a fim de se tornarem mais eficientes na entrega de seus produtos e fornecerem uma melhor resposta às exigências dos clientes (SIMÕES; TENERA, 2010).

Diante disso, torna-se necessário que as organizações adquiram versatilidade para que possam aumentar sua produção, sua flexibilidade e também diminuir seus custos (SIMÕES; TENERA, 2010). Neste sentido, a capacidade das empresas em realizar uma rápida transição de um produto para outro é um passo fundamental (BRAGLIA; FROSOLINI; GALLO, 2016a). Uma maneira de se alcançar esse objetivo é reduzir o tempo de preparação de máquinas, isto é, o tempo decorrido entre a produção da última peça boa do lote anterior e a produção da primeira peça boa do próximo lote, através de programas de troca rápida de ferramentas, uma vez que a transição de um lote para outro é uma das atividades mais demoradas e sem valor agregado em vários ambientes de produção (BRAGLIA; FROSOLINI; GALLO, 2016b).

Diversos são os benefícios proporcionados pela troca rápida de ferramentas, dentre os quais estão incluídos o aumento da capacidade de produção, redução de custos, (VAN GOUBERGEN; VAN LANDEGHEM, 2002), melhoria da qualidade, redução de desperdício e retrabalho, redução do inventário e do lead time, aumento da flexibilidade do sistema e da capacidade de resposta ao cliente (ALLAHVERDI; SOROUGH, 2008), aumento da eficiência global da máquina, melhoria da qualidade de manutenção (ANI; SHAFEI, 2014), além da redução dos tamanhos dos lotes (MACKELPRANG; NAIR, 2010). Vale ressaltar que programas de troca rápida podem aumentar a produtividade em até 70% (DAS; VENKATADRI; PANDEY, 2014).

Dentro das ferramentas existentes, a abordagem tradicional que visa a redução do tempo de preparação é representada pela metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) proposta por Shigeo Shingo (BRAGLIA; FROSOLINI; GALLO, 2016b). A metodologia consiste em reduzir o tempo gasto em atividades que não possuem valor agregado. Isto pode ser alcançado realizando as atividades de preparação de máquina enquanto o equipamento está funcionando, o que aumentando o tempo para as etapas restantes, tornando o fluxo de produção mais suave (SHINGO, 1985)

Segundo Braglia, Frosolini e Gallo (2016b), o problema de como aplicar operacionalmente os conceitos SMED a diversos contextos e situações industriais tem recebido uma ampla atenção por parte dos estudiosos. Portanto, o desenvolvimento de ferramentas que apoiem e melhorem a análise e implementação das várias etapas do SMED é bem aceito por profissionais e pesquisadores.

Neste sentido, o presente artigo busca aplicar as diretrizes da metodologia proposta por Kušar *et al.* (2010), a qual engloba as fases já preconizadas pelo criador do método SMED acrescentando passos que tratam a implementação da metodologia como uma interface de um projeto. A metodologia é aplicada em uma impressora do setor de impressão de uma indústria de bobinas plásticas localizada na cidade de Gravatá no agreste pernambucano.

O restante do artigo está organizado da seguinte maneira. Na seção seguinte a ferramenta SMED é descrita. A seção 3 trata sobre a metodologia proposta por Kušar *et al.* (2010) e seus respectivos passos. O estudo de caso é delineado na quarta seção, com aplicação das etapas propostas pelo modelo. Os resultados são apresentados na seção 5. Por fim, a última seção traz algumas conclusões acerca do estudo.

2. Sobre o *Single Minute Exchange of Die* - SMED

Originada por Shigeo Shingo no final dos anos 80, a metodologia SMED baseia-se em um conjunto de técnicas que possibilitam a preparação de máquinas no mínimo tempo possível. Além de melhorar o processo de preparação e fornecer uma redução no tempo de preparação (CAKMAKCI, 2009), o SMED proporciona uma maneira rápida e eficiente de alterar um

processo de fabricação quando o produto deve ser modificado (BRAGLIA; FROSOLINI; GALLO, 2016b).

Shingo (1985) divide as atividades de operação de *setup* em atividades internas, aquelas que podem ser realizadas somente quando a máquina está desligada e atividades externas, aquelas que podem ser realizadas quando a máquina está em funcionamento.

A estrutura original do SMED é composta por quatro fases:

Fase 0 – Nesta fase, ainda não existe uma separação clara entre as atividades que devem ser realizadas (SIMÕES; TENERA, 2010). Assim, todo o procedimento de preparação deve ser analisado. Para isso, as operações de *setup* devem ser decompostas em uma série de ações elementares ou microatividades. Gravações de vídeo e/ou folhas de verificações podem ser utilizadas para estudar o processo em detalhe e listar todas as atividades necessárias para o *setup* da máquina (DAS; VENKATADRI; PANDEY, 2014; BRAGLIA; FROSOLINI; GALLO, 2016b)

Fase 1 – Esta fase refere-se à separação das atividades em internas ou externas. Uma pergunta que pode ser feita para ajudar na classificação das atividades de *setup* é "Eu tenho que desligar a máquina para executar esta atividade?". Esta etapa pode reduzir o tempo de preparação em 30% a 50% (CAKMAKCI, 2009; SIMÕES; TENERA, 2010).

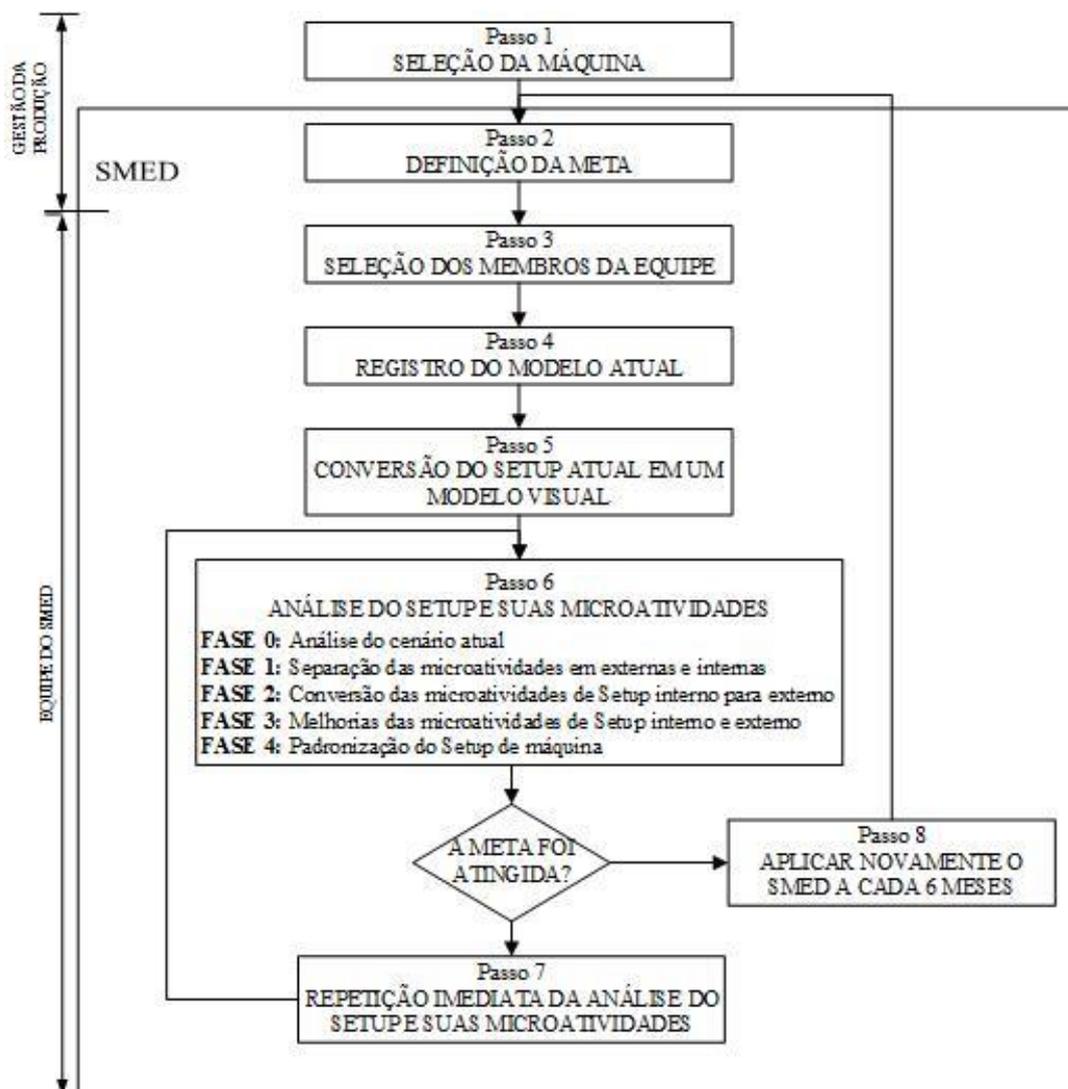
Fase 2 – Esta fase consiste na conversão tanto quanto possível das atividades internas em atividades externas. Isto é conseguido principalmente através da realização de modificações técnicas nos processos de preparação. Com esta fase, a redução do tempo de preparação pode alcançar 75% (SINGH; KHANDUJA, 2010).

Fase 3 – Nesta última fase, o objetivo principal é reduzir o tempo gasto para a realização das atividades internas e externas, buscando simplificar e padronizar todas as atividades de preparação podendo reduzir o tempo de preparação em até 90% (SIMÕES; TENERA, 2010; SINGH; KHANDUJA, 2010).

3. Metodologia

Diversos estudos na literatura aprimoram as etapas de aplicação do método SMED. A abordagem utilizada pelo presente artigo foi proposta por Kušar *et al.* (2010). Baseado no trabalho em equipe, o procedimento foi formulado para organizar e implementar uma redução no tempo de preparação de máquinas através de oito passos, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Procedimento para aplicação do SMED



Fonte: Adaptado de Kušar *et al.* (2010)

Passo 1: Primeiramente, o gerente industrial deve selecionar o equipamento através de alguns critérios. Máquinas com tempos de *setup* altos, em setores gargalo da empresa e com alta frequência de *setup* têm prioridade na escolha pelos gestores.

Passo 2: Nesta etapa é definido um valor alvo para a redução do tempo de preparação. A fixação de uma meta influencia diretamente a motivação dos membros do projeto.

Passo 3: Designação da equipe SMED. O time deve ser formado por integrantes do núcleo tático e de gestão da empresa, técnicos da manutenção e operadores da troca de ferramentas. Neste mesmo passo, o gerente industrial indicará um Líder de Equipe para o projeto de aplicação do SMED. Em relação ao estudo e validação do método, se faz necessário um Moderador de Equipe que irá conduzir a equipe dos passos 4 ao 7. Outros membros podem ser designados como um fotógrafo/ cinegrafista, um cronometrista, um assistente para fazer anotações sobre as atividades de preparação e/ou para desenhar o diagrama de percurso.

Passo 4: Neste momento serão documentadas as atividades necessárias para a troca de ferramentas e suas respectivas ordens de execução, registrando os tempos de execução, funcionários envolvidos e ferramentas utilizadas. Para um acompanhamento e análise futura, o *setup* deve ser filmado e fotografado, além disto o caminho percorrido pelo operador deve ser registrado.

Passo 5: Deve-se modificar os dados extraídos sobre o processo, convertendo-os para uma forma visual. Cartões coloridos ou projeções são indicados.

Passo 6: Neste passo, o time deve se reunir e realizar a análise da operação de *setup* através da aplicação das 4 fases da metodologia SMED propostas por Shingo, além de uma quinta fase proposta por Kušar *et al.* (2010).

- a) Fase 0: Após a identificação das atividades realizada no Passo 4, o Moderador deve apresentá-las ao restante do time para que todos tenham conhecimento de como a troca de ferramentas é realizada atualmente;

- b) Fase 1: O Moderador apresenta todas as microatividades envolvidas no processo e o time deve classificá-las em atividade interna ou externa;
- c) Fase 2: O Moderador em cooperação com o restante da equipe converte as atividades internas em externas o máximo possível;
- d) Fase 3: A equipe propõe melhorias para as microatividades internas e externas;
- e) Fase 4: Consiste na padronização das microatividades internas e externas e na aplicação do princípio de melhoria contínua.

Passos 7 e/ou 8: ao término da etapa anterior o novo método é implementado, os tempos são registrados e, caso a meta não seja atingida, deve-se retornar ao Passo 4. Porém, quando os resultados são satisfatórios o estudo está finalizado, sendo o SMED reformulado a cada semestre, o que é representado pelo Passo 8.

4. Estudo de caso

A empresa em estudo é de origem familiar e destaca-se regionalmente ao fornecer uma ampla variedade de bobinas técnicas fabricadas com materiais do tipo: Polipropileno (PP), Polietileno de baixa densidade (PEBD) e Polietileno de alta densidade (PEAD), podendo ser metalizados e/ou laminados.

Um dos diferenciais competitivos da organização é o foco na qualidade e a produção em pequenos lotes. O setor de impressão é o que proporciona maior valor agregado ao produto final uma vez que fornece produtos com alto grau de customização, pois as embalagens ganham a imagem solicitada pelo cliente.

Seguindo a metodologia proposta por Kušar *et al.* (2010), o estudo procedeu da seguinte forma:

Passo 1: Para iniciar as intervenções de melhorias e escolha do equipamento, foi elaborada uma análise de *SWOT* (Quadro 1) que confirmou a necessidade de aperfeiçoamento e alinhamento da produção.

Quadro 1 - Análise do ambiente interno e externo da organização

SWOT	FORÇAS	FRAQUEZAS
AMBIENTE INTERNO (EMPRESA)	<ul style="list-style-type: none">- Qualidade do Produto- Colaboradores capacitados e comprometidos- Localização- Setor de Marketing atuante- Parcerias com fornecedores	<ul style="list-style-type: none">- Elevados tempos de setup no setor de impressão- Baixo capital para investimento e P&D- Ausência de escalonamento da produção
AMBIENTE EXTERNO (MERCADO)	<ul style="list-style-type: none">- Alta demanda- Baixo custo logístico- Flexibilidade	<ul style="list-style-type: none">- Momento da economia- Demanda maior do que a capacidade- Preços baixos dos concorrentes

Fonte: Este estudo (2017)

Através desta análise foi definido que o setor de impressão seria contemplado com a aplicação da metodologia SMED, especificamente o equipamento Impressora *ColorFlex* modelo *EAXCTA* 1200. A empresa apresenta como diferencial competitivo os pedidos em pequenos lotes, em razão disto e da alta customização ofertada, existem em média três trocas de pedidos por dia, o que acarreta paradas de máquina e perdas por tempo de preparação de máquina.

Este modelo de impressora é conhecido como 6 cores, ou seja, a arte final é composta por no máximo 6 cores ou suas respectivas combinações. A velocidade de trabalho é de 100 metros por minuto, a depender da espessura e densidade do filme plástico. O equipamento produz 180 kg/h com média de 8% de taxa de falhas. Do ponto de vista das tecnologias atuais oferecidas pelo mercado, este equipamento se enquadra como intermediário, pois oferece 6 cores quando comparadas às 10 cores oferecidas pelos equipamentos de alta tecnologia.

Passo 2: Para definição da meta, o núcleo de gestão e engenharia da empresa se reuniu e consultou outros estudos bem como realizou um benchmarking em outras organizações. Levando em consideração a quantidade de funcionários disponíveis para a execução do *setup* e analisando dados históricos da empresa, observou-se um valor médio de 173 minutos para a duração do *setup*. A meta ficou estabelecida em 90 minutos, o que representa uma redução de 83 minutos, aproximadamente 47,98% em cada troca de pedido

Passo 3: A equipe responsável por implementar o SMED foi composta por 11 membros:

- Um estagiário em Engenharia de Produção como líder do grupo, cronometrista e analista;
- O supervisor do setor de impressão como Moderador da equipe;
- 3 Operadores da máquina em estudo ficaram diretamente responsáveis pela execução do *setup* junto a seus respectivos assistentes.
- Um técnico em eletrônica como cinegrafista;
- Dois funcionários da manutenção dividiram as tarefas de registrar as microatividades da troca de pedido e o caminho percorrido pelo operador.

Passo 4: Durante um período de quinze dias, os *setups* foram fotografados e registradas em vídeo cada microatividade e sua sequência lógica. O método de cada operador foi acompanhado bem como seus tempos de execução, ferramentas utilizadas e possíveis ocorrências.

Passo 5: Os dados registrados no Passo 4 foram digitalizados. Através de uma reunião com os membros da equipe e, com o auxílio de equipamentos de vídeo, foi possível identificar visualmente as microatividades executadas, os tempos de execução e o método de cada funcionário.

Passo 6: A análise inicial deste passo permite entender de que maneira o processo é executado e suas peculiaridades. O cronometrista ficou responsável por registrar os tempos de execução das microatividades envolvidas no *setup*. Esses dados serviram para a aplicação do SMED.

- a) Fase 0: Neste passo foi apresentado a equipe a folha de registro com as microatividades desempenhadas, fragmentando as atividades de Movimentação, Regulagem de Máquina, Espera ao Sistema e Controle, conforme mostra a Tabela 1;

Tabela 1 - Registro das microatividades

SMED	Análise				Tempo
	Movimentação	Regulagem de Máquina	Espera ao Sistema	Controle	Duração (min.)
TROCA DE TINTA	10	8	2	3	23
TROCA DE ANILOX	7	15	0	2	24
TROCA CILINDRO PORTA CLICHÊ	15	10	0	2	27
TROCA DE CÂMERAS	5	15	0	0	20
TROCA DE FITA DUPLA FACE	3	11	0	0	14
AJUSTE DE TINTA	10	5	7	5	27
AJUSTE DE SOLVENTE	3	0	0	7	10
AJUSTE DE REGISTO	5	8	6	0	19
LIMPEZA TAMBOR CENTRAL	12	0	0	8	20
COLAGEM DO CLICHÊ	13	17	0	0	30
TROCA DE ENGRENAGEM	5	10	0	4	19
TROCA DE BOMBA	8	10	2	0	20

Fonte: Este estudo (2017)

b) Fase 1: Sobre a classificação de cada microatividade, a equipe classificou em *setup* externo aquela executada com a máquina em funcionamento, e *setup* interno, aquela cuja execução pode ser feita apenas com a máquina parada. Conforme a observação inicial e aprovação da equipe SMED, a Tabela 2 demonstra a classificação das microatividades;

Tabela 2 - Separação entre os *Setups* Internos e Externos

Microatividade	Duração (min.)	Setup Externo	Setup Interno
TROCA DE TINTA	23	✓	
TROCA DE ANILOX	24		✓
TROCA CILINDRO PORTA CLICHÊ	27	✓	
TROCA DE CÂMERAS	20	✓	
TROCA DE FITA DUPLA FACE	14		✓
AJUSTE DE TINTA	27		✓
AJUSTE DE SOLVENTE	10	✓	
AJUSTE DE REGISTO	19		✓
LIMPEZA TAMBOR CENTRAL	20		✓
COLAGEM DO CLICHÊ	30		✓
TROCA DE ENGRENAGEM	19		✓
TROCA DE BOMBA	20		✓
TOTAL	253	80 min	173 min

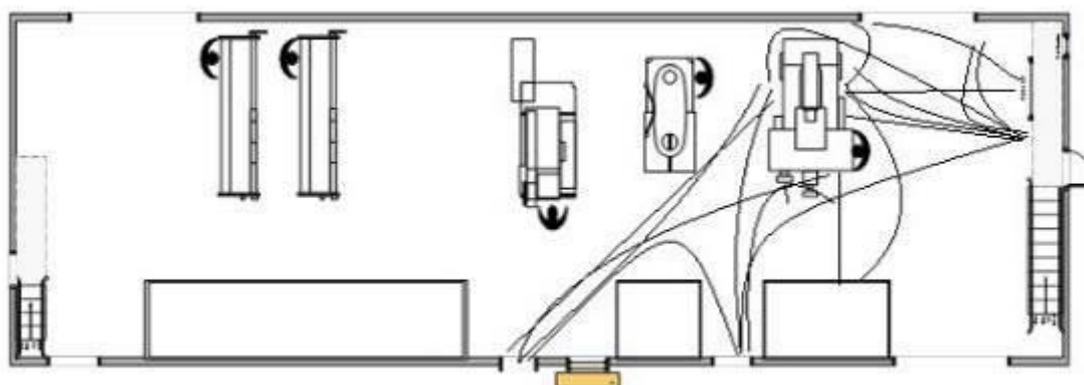
Fonte: Este estudo (2017)

Observa-se que o tempo de máquina parada no *Setup* Interno totaliza 173 minutos, aproximadamente 3 horas. Como são feitas, em média, três trocas de pedido por dia, obtém-se

um total de aproximadamente 8 horas e 39 minutos de máquina parada. Durante parte deste período, o equipamento poderia estar em funcionamento, aumentando a produtividade e reduzindo os custos do produto.

Outro ponto observado diz respeito ao deslocamento dos funcionários no momento de preparação da máquina, como demonstrado pela Figura 2. A imagem ilustra a movimentação dos colaboradores, podendo observar fluxo cruzado e repetições de percurso.

Figura 2 - Registro do percurso dos funcionários antes das melhorias



Fonte: Este estudo (2017)

- c) Fase 2: Em reunião com o grupo do SMED, o líder da equipe elencou em conjunto com os demais integrantes a possibilidade de transferência de algumas microatividades para o *Setup* Externo, conforme a Tabela 3;

Tabela 3 - Transferência das microatividades do *Setup*

Microatividade	Duração (min.)	<i>Setup</i> Externo	<i>Setup</i> Interno
TROCA DE TINTA	23	✓	
TROCA DE ANILOX	24		✓
TROCA CILINDRO PORTA CLICHÊ	27	✓	
TROCA DE CÂMERAS	20	✓	

TROCA DE FITA DUPLA FACE	14	✓	
AJUSTE DE TINTA	27		✓
AJUSTE DE SOLVENTE	10	✓	
AJUSTE DE REGISTO	19		✓
LIMPEZA TAMBOR CENTRAL	20		✓
COLAGEM DO CLICHÊ	30	✓	
TROCA DE ENGRENAGEM	19	✓	
TROCA DE BOMBA	20		✓
TOTAL	253	143 min	93 min

Fonte: Este estudo (2017)

Analisando a Tabela 3, pode-se perceber uma redução de 80 minutos no *Setup* Interno com a transferência das microatividades denominadas Colagem de Clichê, Troca de Engrenagem e Troca de Fita Dupla Face. Esta transferência reduziu cerca de 46,24% do tempo de máquina parada nas trocas de pedido.

- d) Fase 3: No âmbito das melhorias das microatividades, um estudo de Tempos e Movimentos foi executado a fim de propiciar o melhor método para a realização da troca de pedido. Por meio dos vídeos, os operadores foram capacitados para seguir o padrão estabelecido. O procedimento foi acompanhado durante 45 dias. Cada operação de *setup* era cronometrada com objetivo de corrigir ou não um desvio na execução do método;

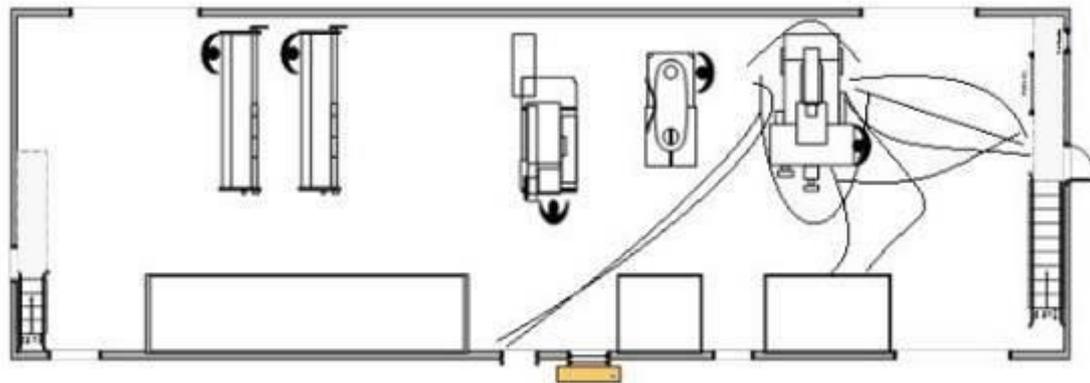
Outras melhorias foram implementadas, as quais contribuíram diretamente para a redução dos tempos de execução como:

- Materiais e ferramentas na quantidade correta e no momento e lugar exatos;
- Melhorias nas condições ambientais, de segurança e organização da planta industrial;

- Procedimentos detalhados, com linguagem objetiva e acompanhamento constante durante realização dos *setups*;
- Definição clara e objetiva das atividades relacionadas aos operadores e seus assistentes;
- Listas de verificação para *setup* externo que auxiliam os operadores e assistentes no cumprimento das atividades;
- Identificação por cores de peças da máquina utilizadas na troca dos pedidos.

A Figura 3 ilustra a melhoria no percurso dos funcionários após o novo procedimento de troca de ferramentas.

Figura 3 - Percurso dos funcionários após as melhorias

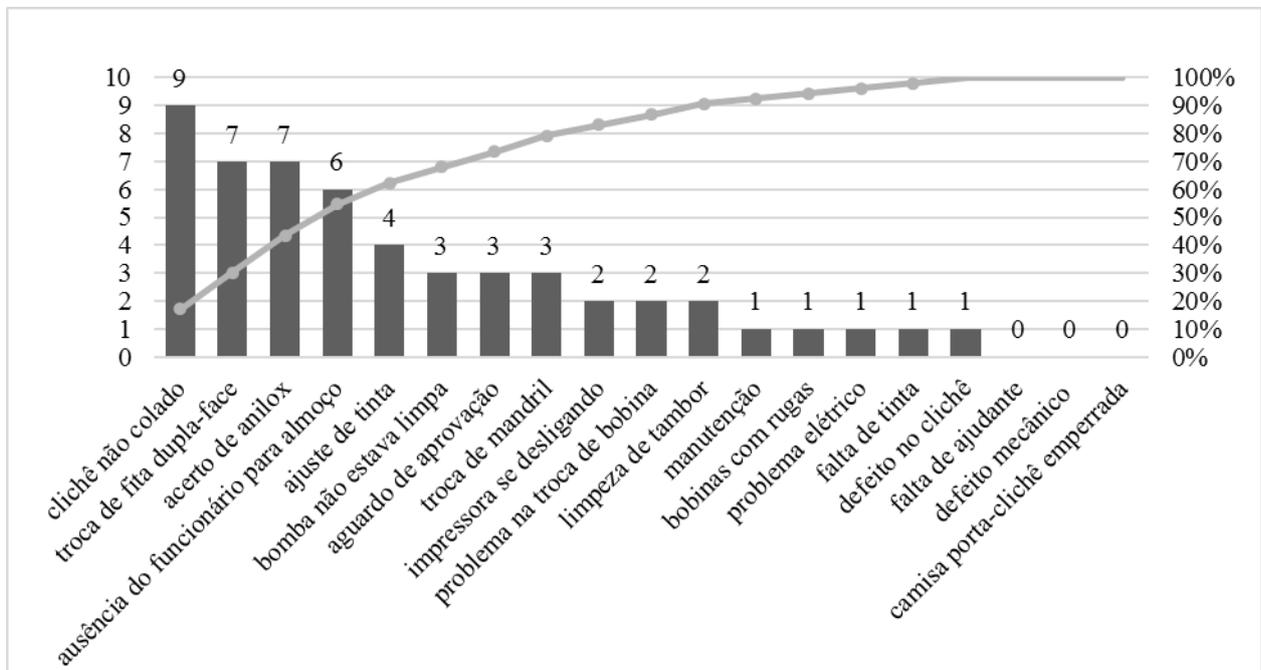


Fonte: Este estudo (2017)

- e) Fase 4: Para garantir uma consistência e padronização das atividades, cada tarefa executada no *setup* foi analisada e otimizada com o padrão estabelecido. A maneira de registro foi o POP, Procedimento Operacional Padrão. Nele foram descritas as ferramentas necessárias, posições de braços e tempo (meta) de duração das atividades. Um total de 18 procedimentos foram criados e repassados como treinamento aos funcionários.

Passo 7: Por um período de 90 dias, através de uma lista de verificação, os operadores relataram os tempos dos *setups*. Caso a duração da troca de algum pedido excedesse os 90 minutos estipulados como meta, as anomalias eram registradas. Sendo assim, em intervalos mensais, os dados obtidos serviram de insumos para uma análise com finalidade de solucionar esses eventuais motivos de não adequação à meta. O gráfico de Pareto representado na Figura 4 demonstra a quantidade de ocorrência da anomalia e sua frequência nos primeiros 30 dias.

Figura 4 – Análise das anomalias



Fonte: Este estudo (2017)

Quando a anomalia persistia por mais de 30 dias e com alta taxa de ocorrência, o método seria refeito junto ao reforço dos POPs com os operadores e assistentes da máquina em estudo.

Passo 8: Nos casos em que a meta era alcançada, ficou estabelecido uma periodicidade de 6 meses para a revisão do método.

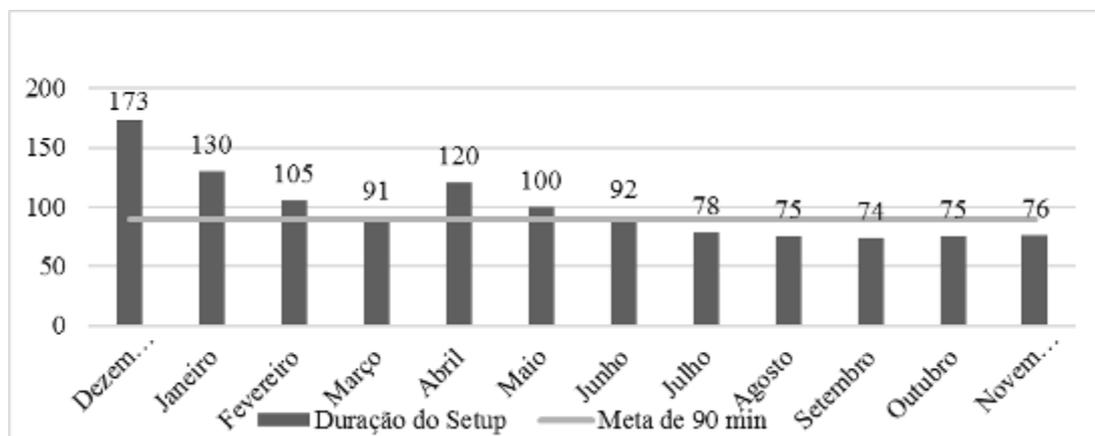
5. Resultados

A princípio procurou-se reduzir os tempos de *setup* com objetivo de obter um aumento na produtividade. Com o desdobrar dos estudos, percebeu-se outras possibilidades de melhorias que incluíam a redução de descartes de aparas de impressão, consumo de tintas e solventes.

Sendo assim, a respeito das aparas de impressão, foram elaborados treinamentos e reuniões que conscientizavam os operadores para a redução dos índices de desperdícios do sistema produtivo. Nas reuniões mensais eram apresentados gráficos e histogramas que demonstravam as proporções de desperdício, visando obter melhor comprometimento da equipe.

O novo método resultou em maior eficácia e qualidade da impressão, assim como segurança dos operadores e assistentes, redução da variabilidade dos tempos de *setup*, já que os funcionários passaram a seguir um procedimento padrão. O acompanhamento da duração de *setup* pode ser visualizado na Figura 5, onde demonstra a média dos valores mensais entre o período de dezembro de 2015 a novembro de 2016.

Figura 5 - Acompanhamento mensal dos tempos de *Setup*



Fonte: Este estudo (2017)

Em média, os *setups* levaram menos de 90 minutos para ser realizados. Levando em consideração um período de 12 meses em que cada mês tem aproximadamente 80 amostras pode-se afirmar que o sistema está estável.

Outro fator observado no chão de fábrica foi a diminuição dos estoques de insumos da impressora (bobinas de filmes plásticos). Como consequência das reduções do tempo de *setup* os *lead times* se tornaram menores, resultando em uma redução de pedidos em atraso, melhorando assim a credibilidade da empresa.

6. Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo comprovaram a eficácia da metodologia SMED, promovendo uma equipe de trabalho mais consciente sobre os desperdícios de tempo e flexibilizando o setor de impressão para uma adaptação das flutuações de demanda.

Os aspectos gerenciais, este artigo trouxe à empresa uma melhoria na gestão, ao equilibrar os interesses do setor comercial com as diretrizes da produção. Além disso, a aplicação da metodologia permitiu que esforços fossem direcionados no sentido de aproveitar pedidos com preparação de máquina semelhante o que acarretou como a redução do *lead time* garantindo, assim, o cumprimento de prazos perante os clientes internos e externos.

REFERÊNCIAS

ALLAHVERDI, Ali; SOROUSH, H.M. The significance of reducing setup times/setup costs. **European Journal of Operational Research**, v. 187, n. 3, p. 978–984, 2008.

ANI, Mohd Norzaimi Bin Che; SHAFELI, Mohd Sollahuddin Solihin Bin. The Effectiveness of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Technique for the Productivity Improvement. **Applied Mechanics and Materials**, v. 465–466, p. 1144–1148, 2014.

BRAGLIA, Marcello; FROSOLINI, Marco; GALLO, Mose. Enhancing SMED : Changeover Out of Machine Evaluation Technique to implement the duplication strategy. **Production Planning & Control**, v. 7287, n. July, p. 1–15, 2016a.

BRAGLIA, Marcello; FROSOLINI, Marco; GALLO, Mose. SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-upreduction programs: the SWAN approach. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, p. 1–11, 2016b.

CAKMAKCI, Mehmet. Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 41, n. 1–2, p. 168–179, 2009.

DAS, Biman; VENKATADRI, Uday; PANDEY, Pankajkumar. Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 71, n. 1–4, p. 307–323, 2014.

FERRADÁS, Pablo Guzmán; SALONITIS, Konstantinos. Improving Changeover Time: A Tailored SMED Approach for Welding Cells. **Procedia CIRP**, v. 7, p. 598–603, 2013.

KUŠAR, Janez *et al.* Reduction of machine setup time. **Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering**, v. 56, n. 12, p. 833–845, 2010.

MACKELPRANG, Alan W.; NAIR, Anand. Relationship between just-in-time manufacturing practices and performance: A meta-analytic investigation. **Journal of Operations Management**, v. 28, n. 4, p. 283–302, 2010.

SHINGO, Shigeo. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. [S.l.]: **Taylor & Francis**, 1985.

SIMÕES, Andreia; TENERA, Alexandra. Improving setup time in a Press Line – Application of the SMED methodology. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 43, n. 17, p. 297–302, 2010.

SINGH, Bikram Jit; KHANDUJA, Dinesh. SMED: for quick changeovers in foundry SMEs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 59, p. 98–116, 2010.

VAN GOUBERGEN, Dirk; VAN LANDEGHEM, Hendrik. Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 18, n. 3, p. 205–214, 2002.