

MELHORIA DO PROCESSO DE *SETUP* POR MEIO DA FERRAMENTA SMED

Roberto Giani Pattaro Júnior – pattarojunior@yahoo.com.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS- UNICAMP

Ricardo Henrique Inácio – ricardo_henrike@yahoo.com.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS- UNICAMP

Iris Bento da Silva - ibs@sc.usp.br
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP – SÃO CARLOS

Amauri Hassui – ahassui@fem.unicamp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS- UNICAMP

Área: 1 - ENGENHARIA DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO

Sub-Área: 1.1 - GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

Resumo: ATUALMENTE A MOVIMENTAÇÃO FINANCEIRA DO SETOR DE PETRÓLEO E GÁS, GERA UMA AMPLA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS, PRINCIPALMENTE NO SETOR DE SERVIÇOS DE USINAGEM. NO ENTANTO, A SOBREVIVÊNCIA DAS EMPRESAS QUE FORNECEM SERVIÇOS DE USINAGEM PARA ESSE SETOR, DEPENDEM DE SUA CAPACIDADE DE ENTREGAR COM SEGURANÇA, QUALIDADE E NO PRAZO DETERMINADO. PORTANTO, O OBJETIVO GERAL DESTES ARTIGOS É REALIZAR UM ESTUDO DE CASO COM A IMPLANTAÇÃO DE TÉCNICAS DE REDUÇÃO DO PROCESSO DE SETUP EM UMA EMPRESA DO SEGMENTO ÓLEO E GÁS. A METODOLOGIA UTILIZADA NESTE TRABALHO, FOI BASEADA NA APLICAÇÃO PRÁTICA DE ESTRATÉGIAS E CONCEITOS BIBLIOGRÁFICOS DE FORMA A EXTRAIR OS RESULTADOS. FOI UTILIZADO A ANÁLISE ECRS (ELIMINAR, COMBINAR, REDUZIR E SIMPLIFICAR), E ATRAVÉS DA SINERGIA ENTRE AS ÁREAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO, ENGENHARIA DE PROCESSO E PRODUÇÃO, QUE SÃO CONCEITOS DA FERRAMENTA SMED. VÁRIAS ATIVIDADES FORAM ALTERADAS DE SETUP INTERNO PARA SETUP EXTERNO, AUMENTANDO A DISPONIBILIDADE. DESTA MANEIRA, NOTA-SE UMA REDUÇÃO NO TEMPO DO SETUP INTERNO DE 1H44MIN56S PARA 24MIN49S.

Palavras-chaves: SMED; SETUP INTERNO; SETUP EXTERNO; DIAGRAMA DE ESPAGUETE; CONTROLE DE PRODUÇÃO.

IMPROVING THE SETUP PROCESS THROUGH THE SMED TOOL

Abstract: *CURRENTLY THE FINANCIAL HANDLING OF THE OIL AND GAS SECTOR, GENERATES A WIDE BUSINESS OPPORTUNITY, MAINLY IN THE MACHINING SERVICES SECTOR. HOWEVER, THE SURVIVAL OF COMPANIES THAT PROVIDE MACHINING SERVICES FOR THIS SECTOR DEPEND ON THEIR ABILITY TO DELIVER WITH SAFETY, QUALITY AND WITHIN THE DETERMINED TIME. THEREFORE, THE GENERAL OBJECTIVE OF THIS ARTICLE IS TO PERFORM A CASE STUDY WITH THE IMPLEMENTATION OF TECHNIQUES TO REDUCE THE SETUP PROCESS IN AN OIL AND GAS SEGMENT COMPANY. THE METHODOLOGY USED IN THIS WORK WAS BASED ON THE PRACTICAL APPLICATION OF BIBLIOGRAPHIC STRATEGIES AND CONCEPTS IN ORDER TO EXTRACT THE RESULTS. ECRS ANALYSIS (ELIMINATE, COMBINE, REDUCE AND SIMPLIFY) WAS USED, AND THROUGH SYNERGY BETWEEN PRODUCTION PLANNING AND CONTROL, PROCESS ENGINEERING AND PRODUCTION AREAS, WHICH ARE CONCEPTS OF THE SMED TOOL. VARIOUS ACTIVITIES HAVE BEEN CHANGED FROM INTERNAL SETUP TO EXTERNAL SETUP, INCREASING AVAILABILITY. THIS WAY, A REDUCTION IN THE TIME OF THE INTERNAL SETUP FROM 1H44MIN56S TO 24MIN49S.*

Keywords: *SMED; INTERNAL SETUP; EXTERNAL SETUP; SPAGHETTI DIAGRAM; PRODUCTION CONTROL.*

1. Introdução

Atualmente o setor de petróleo e gás gera riqueza e uma ampla oportunidade de negócios no setor de serviços de usinagem, que realiza boa parte da manufatura dos componentes utilizados para a extração neste setor. No entanto, a competitividade e até mesmo a sobrevivência das empresas que fornecem serviços de usinagem para esse setor, dependem da sua capacidade de entregar com segurança, qualidade e no prazo determinado, o que é um grande desafio para toda indústria.

Em se tratando de usinagem, entre a entrada de um pedido, e a entrega do produto ao cliente, existem várias etapas a serem executadas e todas elas demandam um tempo estimado, que é de extrema importância para o sucesso do negócio. No entanto os atrasos decorrentes das fases produtivas, muitas vezes podem levar essas empresas a perderem clientes, espaço no mercado ou até mesmo a fecharem as portas. Dentre as fases do processo produtivo, o *setup*, que é o tempo decorrido desde a saída da última peça boa do lote anterior até a primeira peça boa do próximo, pode ser um dos maiores agravantes do *lead time* (BLACK, 1998).

Os tempos perdidos das etapas produtivas são estabelecidos como quaisquer atividades operacionais que emprega recursos, mas, segundo Ohno (1988), o *setup* não agrega valor ao produto.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo de caso com a implantação de técnicas de redução do processo de *setup* em uma empresa do segmento óleo e gás. A metodologia utilizada neste trabalho, foi baseada na aplicação prática de estratégias e conceitos bibliográficos de forma a extrair os resultados. Foi utilizado a análise ECRS (Eliminar, Combinar, Reduzir e Simplificar), por meio da cooperação entre as áreas de Planejamento e Controle de Produção, Engenharia de Processo e Produção, que são conceitos da ferramenta SMED.

2. Referencial teórico

2.1 Gerenciamento de paradas e recursos

A habilidade das empresas em realizar trocas rápidas de um produto para outro é essencial. Uma forma de atingir esse objetivo é diminuir o tempo de *setup* de máquinas, isto é, o tempo gasto entre a fabricação da última peça boa do lote anterior e a produção da primeira peça boa do próximo lote, essa troca de preparação dos equipamentos deverá ser rápida, uma vez que a troca de um lote para outro poderá ser demorada e sem valor agregado

em vários ambientes de produção (BRAGLIA; FROSOLINI; GALLO, 2016).

Existem vários benefícios proporcionados por um *setup* rápido, pode-se citar: a maior capacidade de produção, diminuição de custos, (VAN GOUBERGEN; VAN LANDEGHEM, 2002), melhor qualidade, menor desperdício e retrabalho, redução do inventário e do lead time, maior flexibilidade do sistema e da capacidade de resposta ao cliente (ALLAHVERDI; SOROUGH, 2008), maior eficiência da máquina, melhor qualidade de manutenção (BIN CHE ANI; BIN SHAFEI, 2014), além da diminuição nos tamanhos dos lotes (MACKELPRANG; NAIR, 2010). Vale destacar que programas de troca rápida podem elevar a produtividade em até 70% (DAS; VENKATADRI; PANDEY, 2014).

2.2 Conceito “JIT” e metodologia “SMED”

Durante o processo de produção o produto passa por um ciclo de manufatura, que abrange desde a análise da documentação do item a ser produzido, até a embalagem final do mesmo, e todas essas fases tendem a gerar uma demanda de tempo que é teoricamente calculado no momento do seu orçamento, mas que no decorrer do processo está sujeita a variações, que podem ser influenciadas tanto por fatores humanos, bem como por máquinas e equipamentos ou até mesmo pelo meio ambiente.

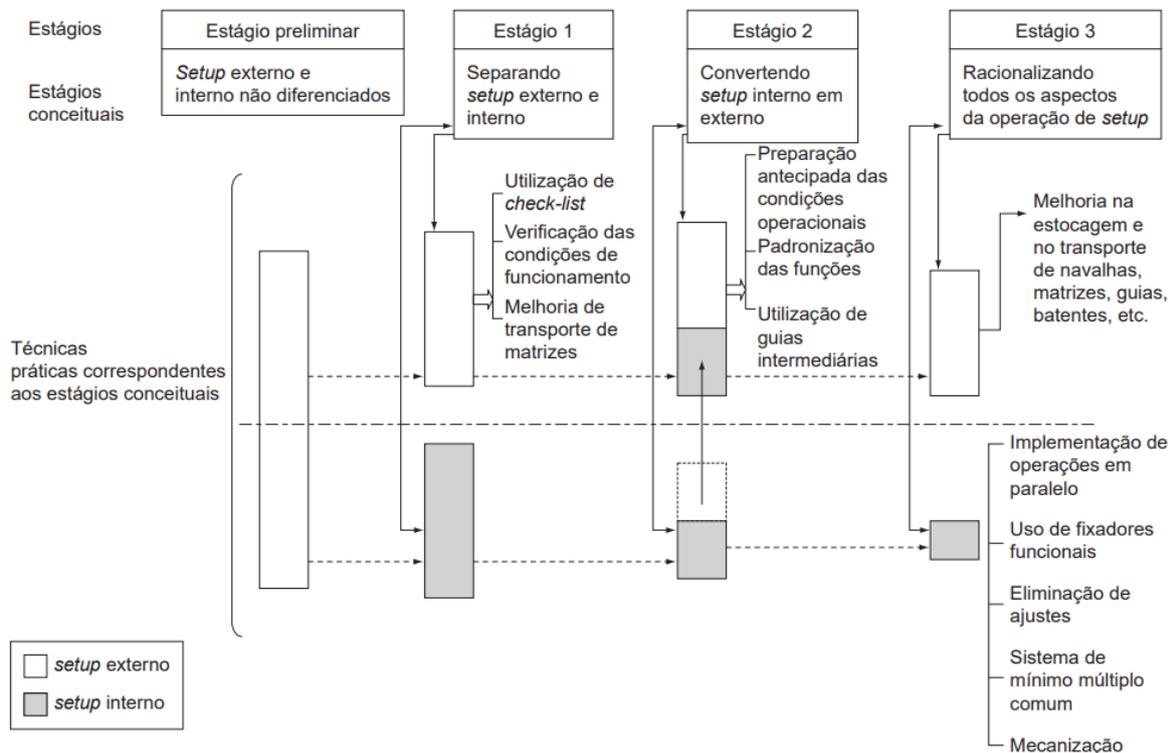
Segundo Assis (1999), para um sistema de gestão de produção *Just-In-Time*, o tempo de *setup* é tratado como uma variável diferentemente do que era considerado tradicionalmente.

Nesse contexto, a metodologia de Shigeo Shingo (SMED – *single minute exchange of die*) foi publicada pela primeira vez no Ocidente em 1985, sendo a principal referência quando se trata de redução dos tempos de *setup* de máquinas. A metodologia destaca a separação e a substituição de elementos do *setup* interno para o *setup* externo. Essa metodologia apresenta um conceito e uma meta de tempo: *setup* em até dez minutos (SUGAI; MCINTOSH; NOVASKI, 2007).

Empresas competitivas orientadas para o aumento da produtividade empregam ferramentas enxutas, como o (SMED) para reduzir o tempo de *setup* (DA SILVA; GODINHO FILHO, 2019).

A Figura 1, representa de forma figurada o conceito SMED contendo as etapas conceituais e suas respectivas premissas técnicas.

FIGURA 1 – Conceito SMED. Fonte: Shingo (2000).



3. Procedimentos Metodológicos

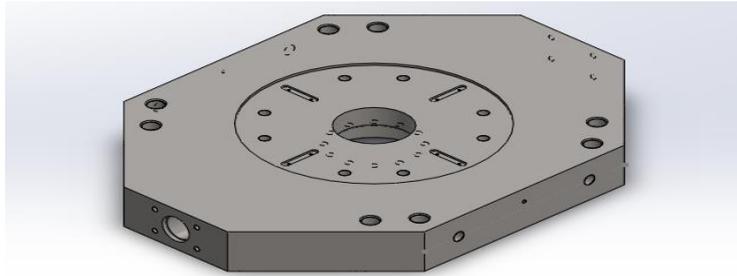
A metodologia utilizada neste trabalho, foi baseada na aplicação prática de estratégias e conceitos bibliográficos de forma a extrair os resultados, onde foi comparado o cenário anterior e atual em relação aos tempos da preparação de *setup*.

O equipamento utilizado neste artigo, é um torno vertical ROMI VT1400, com magazine automático de 12 ferramentas, placa de fixação da peça de 1400mm de diâmetro, altura máxima torneável de 1265mm, peso máximo admissível sobre a placa de 12000 kg dentre outras características.

Para a realização dos testes de *setup*, foram utilizadas duas peças, onde a usinagem ocorreu conforme a programação de Produção da Empresa, sendo que a primeira peça foi processada conforme a Instrução de Processo anterior e a segunda peça com a aplicação de ferramentas para melhoria do Setup.

A peça foi modelada em um programa CAD 2D/3D chamado SolidWorks, conforme mostrada na Figura 2.

FIGURA 2 – Desenho 3D da peça utilizada. Fonte: Elaborado pelos autores.



O método de trabalho do *Setup* anterior e sua sequência foi analisado, antes da aplicação de qualquer melhoria, após isso, identificou-se que o tempo total dessa etapa se deu com equipamento parado, de forma a identificar-se totalmente como *setup* interno.

3.1 Cenário Anterior- Passo a passo do *Setup* (interno)

1. O operador fez o apontamento de finalização da última peça, em seguida localizou a ordem de produção da próxima peça e realizou o apontamento do *Setup*;
2. Solicitou a liberação do uso da ponte rolante e foi realizar outras atividades;
3. Realizou a limpeza dos cavacos e depois, pegou a cinta de içamento e cintou a peça;

FIGURA 3 – Peça anterior pronta para retirada. Fonte: Elaborado pelos autores.



4. Após a liberação da ponte rolante o operador retirou a peça do equipamento. A peça foi levada até o estoque de transição de peças prontas que fica a 2 m de distância;
5. Verificou a ordem de produção e a disponibilidade da matéria prima. Conferiu também a rastreabilidade conforme o número da ordem de produção. Confirmou na sequência as dimensões da matéria prima e selecionou o conjunto de castanhas de fixação adequado;

FIGURA 4 – Matéria prima conferida. Fonte: Elaborado pelos autores.



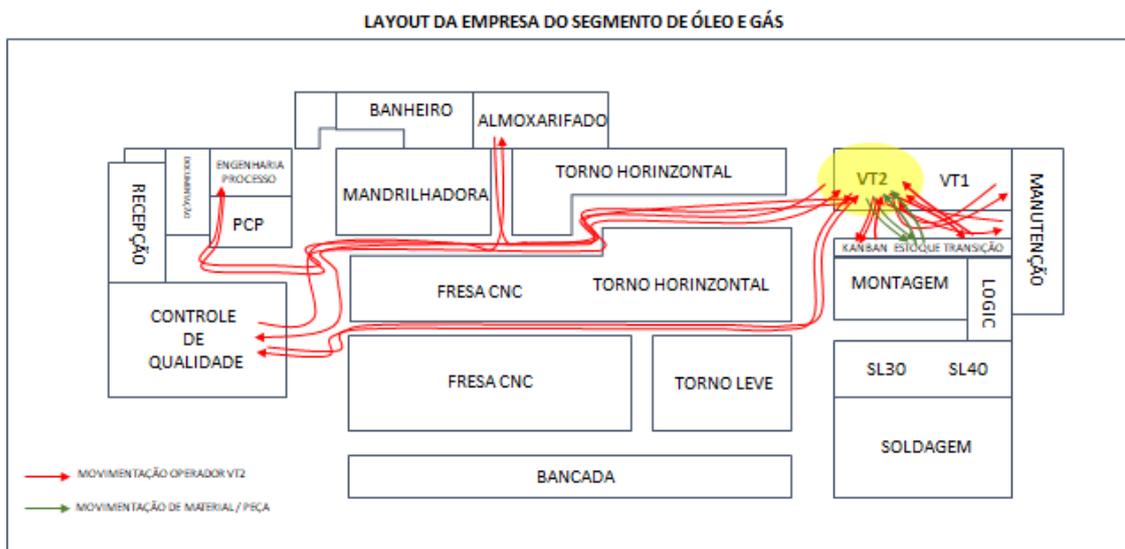
6. Desmontou as castanhas do *setup* anterior, limpou a placa e os furos roscados das guias da placa. Percebeu-se que nessa fase que o operador realizou diversas atividades simultâneas de uma forma confusa e desorganizada;
7. Montou o conjunto de castanhas selecionado para a peça;
8. Conferiu se o programa CNC pós-processado estava disponível em rede e detectou que ele não estava disponível. Percebeu-se uma falta de comunicação entre os setores PCP e Engenharia de Processo;
9. Foi até o setor de engenharia de processo solicitar o processamento do programa CNC.

Nessa fase, identificou-se que interferências não programadas aconteceram, tais como conversas paralelas entre os funcionários e dificuldade de acesso à rede interna pelo programador CNC, o que gerou um maior tempo na realização da tarefa.

10. Conferiu o desenho técnico da peça afim de selecionar os instrumentos de medição e ferramentas;
11. Solicitou junto ao controle de qualidade os instrumentos de medição;
12. Montou as ferramentas, realizou o *preset* e aguardou o programa CNC;
13. Foi informado que o programa estava disponível em rede, fez a conferência e alterou o local das ferramentas programadas não condizentes. Em seguida conferiu o gráfico de usinagem;
14. Foi ao controle de Qualidade buscar os instrumentos de medição e os colocou sobre a mesa ao lado da Ordem de Processo que fica próximo a máquina;
15. Iniciou a usinagem com o *Cicle Start*.

Na próxima etapa, verificou-se o trajeto percorrido pelo operador do Torno Vertical através do diagrama de espaguete.

FIGURA 5 – Diagrama de Espaguete. Fonte: Elaborado pelos autores.



Através dessa análise foi possível identificar o deslocamento excessivo (diagrama *spaghetti*) em diversos momentos da realização do *Setup*. Principalmente nos setores de Engenharia do Processo e Controle de Qualidade, que ficam distantes do posto de trabalho. Além de uma movimentação ineficiente nos setores de estoque de transição, Kanban e os demais ao redor da máquina.

Também foi realizada a tomada de tempo de toda a sequência de trabalho realizada durante o *setup*, utilizando um cronometro digital marca Stop Watch, modelo XL-5853.

Foi registrado o tempo de *setup* com o equipamento parado, desde suas atividades até o tempo necessário para cada uma, conforme Tabela 1

TABELA 1 - Atividades realizadas durante o *setup*.

Atividade	Tempo
1	00:01:08
2	00:02:12
3	00:12:05
4	00:04:21
5	00:09:17
6	00:21:13
7	00:04:32
8	00:00:15
9	00:11:56
10	00:08:33
11	00:09:01
12	00:13:17
13	00:04:07
14	00:02:57
15	00:00:02
Total	1:44:56

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Cenário Atual

Para a nova proposta foi aplicada a metodologia da ferramenta SMED na visualização das atividades, com a finalidade de diminuir o tempo total do setup.

Após a observação das atividades do *setup* anterior, identificaram-se as atividades que poderiam passar de operações de *setup* interno (atividades com o equipamento parado), para operações de *setup* externo (atividades que podem ser executadas sem que haja parada no equipamento), solicitou-se também sugestões de melhorias dos operadores para adquirir dados para implantação da ferramenta. O objetivo foi realizar ao máximo a transferência de *setup* interno para *setup* externo. Com a integração da área de Planejamento e Controle da Produção (PCP), com a área de Engenharia e o preparador de máquina, a ordem de produção da próxima peça estava pronta com uma hora de antecedência onde foi possível a realização de várias atividades durante a usinagem da peça anterior no equipamento. As atividades foram divididas conforme abaixo:

Planejamento e Controle da Produção (PCP): Com o novo procedimento o sequenciamento da produção foi realizado com antecedência e disponibilizado para a Engenharia.

Engenharia de Processo: A engenharia realiza toda a sua atividade com antecedência, conforme planejamento proposto com o novo procedimento, o processamento do programa CNC é concluído e já fica disponível em máquina antes do final da usinagem da peça anterior, desta forma, todos já tinham as informações necessárias para o processo, sendo possível a realização de várias atividades de *setup* externas.

Operador: O operador continuou com as atividades internas, o apontamento de finalização da última peça, as atividades ligadas diretamente com o funcionamento do equipamento, como abrir a porta de segurança, a limpeza de cavacos, soltar as castanhas de fixação, cintar a peça e com o auxílio da ponte rolante a retirar do equipamento e levar para o estoque de transição. Depois das atividades de retirada do equipamento da última peça, o operador de imediato iniciou as atividades de fixação da peça atual, desmontando as castanhas do *setup* anterior, realizando a limpeza da placa e dos furos roscados das guias. Após isso, realizou a montagem do conjunto de castanhas selecionados para a peça e subiu a matéria prima em máquina. Ao término de todas as atividades iniciou a usinagem com o Ciclo Start.

Preparador: Para o preparador foram designadas as atividades externas, iniciando pela solicitação da ponte rolante, em seguida, a conferência da matéria prima e a seleção e montagem do conjunto de castanhas de fixação adequado. Após isso, foi realizada pelo

preparador a conferência do desenho técnico, foram verificados os instrumentos de medição e ferramentas necessárias para a peça e conferidos os que já estavam disponíveis em máquina. Foi solicitado ao controle de qualidade os instrumentos de medição necessários e ao almoxarifado as ferramentas faltantes em máquina. Em seguida foi realizada a montagem das ferramentas no magazine e feito o preset. Trouxe os instrumentos de medição do controle de qualidade e colocou sobre a mesa ao lado da ordem de processo que fica próximo a máquina.

4. Resultados

Na Tabela 2, pode-se perceber como estava o cenário da peça anterior onde todas as atividades eram internas e após a aplicação da ferramenta SMED, no qual foi utilizado a análise ECRS (Eliminar, Combinar, Reduzir e Simplificar), várias atividades foram alteradas de setup interno para *setup* externo. Desta maneira, nota-se uma redução no tempo do *setup* interno de 1h44min56s para 24min49s, onde a máquina ficou 1h20min07s disponível para produção, pois as atividades que anteriormente eram feitas com a máquina parada, depois das ações propostas, foram realizadas sem que haja parada no equipamento.

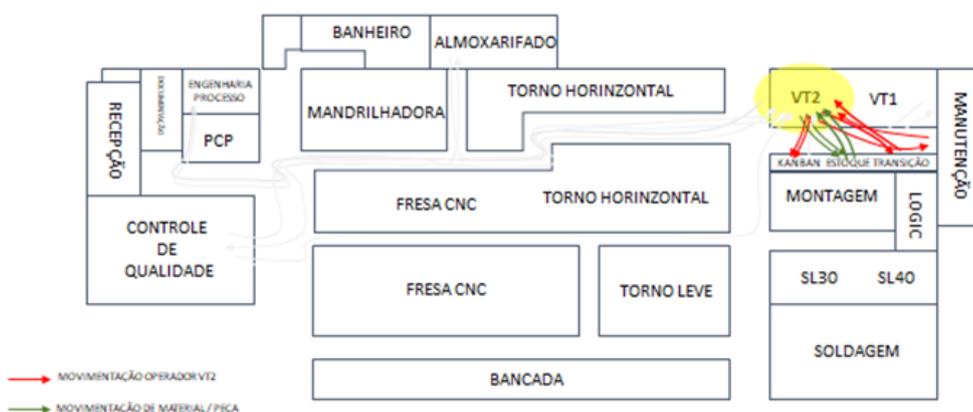
TABELA 2 - Melhorias aplicadas e resultados.

Atividade	Anterior		Análise ECRS				Proposta de melhoria (cenário atual)				
	Tempo Interno	Tempo Externo	Eliminar	Combinar	Reduzir	Simplificar	Tempo interno	Tempo externo	Responsável		
									Preparador	Operador	Auxiliar
1	00:01:08			X			00:00:30	00:00:38		X	
2	00:02:12			X				00:02:12	X		
3	00:12:05				X		00:04:12			X	
4	00:04:21						00:04:21			X	
5	00:09:17			X				00:09:17	X		
6	00:21:13			X			00:06:29	00:11:44		X	
7	00:04:32			X			00:03:22	00:01:10	X	X	
8	00:00:15			X				00:00:15		X	
9	00:11:56		X								X
10	00:08:33			X				00:08:33	X		
11	00:09:01			X				00:09:01	X		
12	00:13:17					X	00:05:53	00:07:24	X		
13	00:04:07		X					00:04:07			X
14	00:02:57			X				00:02:57	X		
15	00:00:02			X			00:00:02			X	
Total	1:44:56						0:24:49	0:57:18			

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação ao percurso percorrido no *setup* anterior, houve uma diminuição significativa durante o período em que o equipamento esteve parado. Foram eliminados os grandes percursos realizados entre a máquina e os setores de Controle da Qualidade, Almoarifado e Planejamento e Controle da Produção e as atividades com maiores percursos ocorreram com a máquina em produção, que foram realizadas com antecedência pelo preparador. O Diagrama de *Espagete* com o percurso percorrido pelo operador com a máquina parada, após a aplicação da melhoria pela ferramenta SMED pode ser verificado na Figura 6.

FIGURA 6 – Diagrama de espagete após aplicação do SMED. Fonte: Elaborado pelos autores.



5. Considerações finais

Em tempos de competitividade acirrada e concorrência cada vez mais capacitada, os níveis de redução de tempos aqui apresentados e seus impactos, mostraram que a utilização da ferramenta SMED é de suma importância para manter a empresa altamente competitiva.

A aplicação da ferramenta, proporcionou melhorias que são facilmente visíveis, nota-se uma redução no tempo do *setup* interno de 1h44min56s para 24min49s, onde a máquina ficou 1h20min07s disponível para produção.

Sendo assim ao observar um estudo onde a redução do tempo de *setup* atingiu 76,34%, conclui-se que a expansão desses conceitos em todo setor produtivo, na qual haja necessidade de realização de *setups*, trará resultados expressivos em diversos setores aumentando assim a capacidade de produção da empresa e diminuindo os prazos de entrega o que irá proporcionar maior retorno financeiro.

Referências

- ALLAHVERDI, Ali; SOROUGH, H. M. The significance of reducing setup times/setup costs. *European Journal of Operational Research*, [S. l.], v. 187, n. 3, p. 978–984, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.09.010>
- ASSIS, Rui. “Como viabilizar a produção em pequenos lotes? O método SMED. [s. l.], 1999. Disponível em: <http://www.rassis.com/artigos/SMED.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- BIN CHE ANI, Mohd Norzaimi; BIN SHAFEI, Mohd Sollahuddin Solihin. The effectiveness of the single minute exchange of die (SMED) technique for the productivity improvement. *Applied Mechanics and Materials*, [S. l.], v. 465–466, p. 1144–1148, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.465-466.1144>
- BLACK, J. T. *O Projeto Da Fabrica com Futuro*. Porto Alegre: Bookman, 1998. *E-book*.
- BRAGLIA, Marcello; FROSOLINI, Marco; GALLO, Mosè. SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-upreduction programs: the SWAN approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, [S. l.], v. 90, n. 5–8, p. 1845–1855, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9477-4>
- DA SILVA, Iris Bento; GODINHO FILHO, Moacir. Single-minute exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, [S. l.], v. 102, n. 9–12, p. 4289–4307, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w>
- DAS, Biman; VENKATADRI, Uday; PANDEY, Pankajkumar. Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, [S. l.], v. 71, n. 1–4, p. 307–323, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5407-x>
- MACKELPRANG, Alan W.; NAIR, Anand. Relationship between just-in-time manufacturing practices and performance: A meta-analytic investigation. *Journal of Operations Management*, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 283–302, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2009.10.002>
- OHNO, Taiichi. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. [S. l.]: CRC Press, 1988. *E-book*.
- SHINGO, Shigeo. *Sistema de Troca Rapida de Ferramenta*. [S. l.]: Bookman, 2000. *E-book*.
- SUGAI, Miguel; MCINTOSH, Richard Ian; NOVASKI, Olívio. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): Análise crítica e estudo de caso. *Gestao e Producao*, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 323–335, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2007000200010>
- VAN GOUBERGEN, Dirk; VAN LANDEGHEM, Hendrik. Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, [S. l.], v. 18, n. 3–4, p. 205–214, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(02\)00011-X](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(02)00011-X)