

Implementação da metodologia SMED em um processo manual: Estudo de caso em uma indústria do setor de Óleo e Gás

SMED methodology implementation in a manual process: Case study in an industry of the Oil and Gas sector

Matheus Macedo Fraiz* - matheusmfraiz@gmail.com

Anis Assad* - anis.assad@gmail.com

Fabiano Oscar Drozda* - fabiano.drozda@gmail.com

*Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, PR

Article History:

Submitted: 2018 - 08 - 07

Revised: 2018 - 08 - 01

Accepted: 2018 - 08 - 18

Resumo: A redução do *Lead Time* nos processos produtivos por meio da diminuição das atividades que não agregam valor ao produto é uma das principais finalidades do *Lean Manufacturing*. Este artigo tem o objetivo de apresentar uma aplicação de uma das ferramentas do *Lean*, o SMED, num processo manual de uma empresa do setor de óleo e gás. Como ponto de partida foi elaborado o fluxograma das atividades do setor de tratamento superficial de peças de uma empresa do setor de óleo e gás, e identificado que a atividade com maior impacto negativo no *Lead Time* das peças era o Jateamento. Além disso, esta fase apresentou um OEE de 10,97%, além de um desempenho ruim em outros indicadores relevantes de disponibilidade e eficiência. Foi realizado uma cronoanálise e separado os tempos que agregavam valor do *setup*. Na sequência foi aplicada a metodologia SMED, eliminando ou reduzindo atividades de *setup*, além de converter *setup* externo em interno. Embora não tenha sido atingido o tempo de *setup* inferior a 10 minutos, como propõe a metodologia, houve redução de 25% no tempo de preparação de peças e de aproximadamente 50% da distância percorrida pelo operador durante a atividade.

Palavras-chave: Lean Manufacturing; SMED; Setup; OEE

Abstract: Lead Time reduction in productive processes through the decrease of the activities that don't add value to the product is one of the Lean Manufacturing main purposes. This work has the objective of proposing an application of one of the Lean tools, the SMED methodology, in a manual process of an oil and gas sector company. As starting point was elaborated the flowchart of the activities of the superficial treatment department of the factory, and identified that the activity with larger negative impact on Lead Time was the sandblasting. Besides, this stage presented an OEE of 10,97%, as well as a poor performance in other relevant indicators of disponibility and efficiency. A chronoanalysis of the activities was made and separated the activities that added value and the setup activities from the total time. Thus, the SMED methodology was applied, eliminating or reducing setup activities, besides converting external setup into internal. Although the 10 minutes set-up time was not reached, as proposed by the methodology, there were significant reductions in the setup time and in the distance traveled by the operator during the activity.

Keywords: Lean Manufacturing; SMED; Setup

1. Introdução

Com o intuito de tornar as empresas mais competitivas e apresentar respostas mais ágeis as variações do mercado, a filosofia *Lean Manufacturing* busca, de acordo com Alukal (2003), a diminuição do *Lead Time* dos produtos por meio da eliminação de todos os tipos de atividades que não agregam valor ao produto, ou seja, desperdícios. Segundo Grewal (2008), com a aplicação da filosofia *Lean*, as empresas conseguem não somente eliminar os desperdícios, mas também aumentar a qualidade e o lucro. De acordo com Mrugalska et al. (2017), a implementação da filosofia *Lean* não deve somente introduzir métodos e técnicas de gestão para o processo, mas também solidificar todo um conjunto de ideias e princípios voltados para a melhoria contínua.

Uma das ferramentas do *Lean* que pode ser utilizadas para resolver problemas associados a tempos de *setup* é a Troca Rápida de Ferramentas (SMED, em inglês). Segundo Moreira e Pais (2011), antes do desenvolvimento da metodologia SMED, a melhor maneira de minimizar o custo de máquinas ociosas durante operações de *Setup* era produzir em grandes lotes, atingindo assim o menor percentual possível de tempo ocioso por unidade produzida. Entretanto, de acordo com Holweg (2006), a produção em massa foi se tornando obsoleta para muitos tipos de produção, já que, dentre outros motivos, seus custos de produção aumentaram e a eficiência foi diminuindo. Por outro lado, de acordo com Schumacher et al. (2016), a mais recente revolução industrial (Indústria 4.0) refere-se à integração da tecnologia e internet na produção, apoiados pelo conjunto fator humano e máquinas inteligentes, com intuito por exemplo de atingir uma produção que consiga se adaptar mais agilmente aos interesses do cliente.

Segundo Shingo (2000), SMED é uma ferramenta prática que ajuda a maximizar o valor do produto ao reduzir o seu tempo de *Setup* (Tempo de preparação ou ajuste que é feito na linha ou na operação ao menos uma vez antes ou depois de cada peça ou lote). Segundo Mrugalska et al. (2017), a eliminação de desperdício do fluxo de valor das operações cria um processo com menor esforço humano, capital, espaço e tempo necessários para a produção, custando menos e com menos defeitos.

O estudo de caso escolhido para referendar a proposta do artigo foi em um processo manual no setor de Tratamento Superficial de peças de uma empresa do ramo de óleo e gás. Neste setor, as peças obedecem a uma produção puxada do cliente interno, e foi identificado que elas possuem um tempo de *Setup* muito superior ao tempo de operação. Além disso, todos

os processos deste setor possuem um grau de automatização baixo, sendo o processo como um todo inteiro manual.

Existem diversos tipos de peças diferentes que passam no setor, de geometria e volume distintos. Para este trabalho, foi analisado o processo de jateamento de uma peça específica da cadeia produtiva, por ter grande similaridade com outras peças que passam no setor e por ter um volume proporcional de produção de peças alto, quando comparado com outras peças do setor.

Frente a esta realidade, o objetivo deste artigo é de analisar o impacto da aplicação da ferramenta de SMED nas oportunidades de melhoria encontrados em um processo manual de jateamento. Além disso, propor a implementação de SMED em uma atividade manual do setor, indicando possíveis soluções para os problemas encontrados. O trabalho está dividido em uma introdução e uma revisão de literatura para referenciar o artigo, além de uma metodologia aplicada e os resultados obtidos.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Sistema Toyota de Produção e Lean Manufacturing

Um dos principais problemas que a Toyota enfrentou depois da 2ª Guerra foi o custo dos estoques. Segundo Shingo (2000), antes deste problema a melhor maneira de se reduzir as perdas de produção era reduzindo o tempo proporcional destinado para setup, aumentando os lotes. Assim, passava-se tanto tempo produzindo o mesmo lote que os tempos de setup tornavam-se insignificantes. Entretanto, os custos de produção aumentaram e o capital investido em estoques tornava-se insustentável, dentre outras dificuldades.

Foi diante destas dificuldades que o Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu, por volta dos anos 40 e 50. Nesta época, segundo Melton (2005), foi quando começou a reconhecer que somente uma pequena fração do esforço e do tempo total da produção adicionava valor para o consumidor final. Todo este desperdício, chamado *Muda* em japonês, foi definido por Womack e Jones (1998) como qualquer atividade humana ou mecânica que absorve recursos, mas não cria valor.

De acordo com Pisano e Hayes (1995) e Monden (1998), o objetivo principal do STP é aumentar a produtividade da manufatura ao reduzir-se o *Muda* através de processos de melhoria contínua, usando técnicas como lotes de produção menores, produção sem estoque, foco na qualidade do produto e manutenção preventiva.

De acordo com Taiichi Ohno (1997), o passo preliminar para a aplicação do STP é a identificação dos seus tipos de *Muda* conforme Figura 1.

Figura 1 - Tipos de *Muda*

Tipos de <i>Muda</i>	
Superprodução	Produção acima da necessidade do cliente, elevando custos de manufatura e de manutenção
Espera	Tempo ocioso gerado pela espera de material, processamento ou de equipamento parado
Transporte	Transporte excessivo de materiais e equipamentos, gerados, por exemplo, por layouts inadequados
Processamento inadequado	Excesso de processamento no produto ou equipamentos e maquinários excessivamente dimensionados
Estoques	Ter sempre o mínimo de estoque possível no processo
Movimentação	Movimentação de componentes humanos e mecânicos desnecessária
Retrabalho e correção	Custo de refazer, inspecionar e concertar materiais já fabricados

Fonte: Adaptado de Taiichi Ohno (1997)

Womack e Jones (1998) defendem que a maneira com a qual a *Muda* deve ser contida é o Pensamento Enxuto (Lean Manufacturing). Este pensamento tem o intuito de eliminar processos desnecessários na produção, conhecidos como processos que não agregam valor ao produto (Hancock e Matthew, 1998; Grewal, 2008), diminuir o lead time do produto na manufatura e estabelecer um processo contínuo de melhor utilização de recursos para resolver problemas (Hancock e Matthew, 1998).

De acordo com Grewal (2008), Womack e Jones fornecem, no livro *A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza* (1998), uma estrutura conceitual para categorizar todas as ferramentas e práticas de produção enxuta em cinco tópicos básicos:

- a) Valor: O valor é definido pelo ponto de vista do cliente final, e só se torna significativo quando as necessidades dos clientes são atendidas, a um preço específico em um momento específico.
- b) Cadeia de valor: Mapear todo o processo produtivo do produto, seja ele um bem, um serviço ou uma combinação dos dois, com o intuito de identificar os desperdícios do processo.

- c) Fluxo contínuo de produção: O produto deve se movimentar constantemente dentro do processo produtivo na direção do cliente no ritmo estabelecido pela demanda.
- d) Produção Puxada: O produto deve se movimentar constantemente através do processo produtivo puxado de acordo com a demanda do cliente, e não empurrado pela empresa.
- e) Perfeição: Uma constante e inacabável procura por melhorias afim de eliminar desperdícios e melhorar o fluxo produtivo.

Com a obsolescência da produção em massa, as empresas estão cada vez mais sendo forçadas, segundo Levinson (2002), a competir simultaneamente em termos de preço, qualidade e diferenciação do produto e tempo de entrega. De acordo com Linker (2004), o Lean é um princípio da produção de manufatura que propõe atingir este nível de competição, ao reduzir-se o tempo de processo dos produtos e eliminar todos os desperdícios adicionando mais valor em todo o processo produtivo.

O Quadro 1 traz um breve resumo dos principais conceitos e ferramentas do Lean Manufacturing e suas respectivas utilidades.

Quadro 1 - Ferramentas do Lean

Ferramenta	Utilidade
<i>Just-In-Time</i> (JIT)	Um sistema no qual o cliente inicia a demanda, e o pedido é transmitido de trás para frente no fluxo produtivo, "puxando" a produção
<i>Kanban</i>	Sistema visual de sinais para implementação do JIT
<i>Total Preventive Maintenance</i> (TPM)	Os trabalhadores realizam manutenção regular do equipamento para detectar eventuais anomalias. O foco é mudado de corrigir falhas para preveni-las
SMED	Metodologia sistemática para redução de tempo de preparação de peça (setup)
<i>Total Quality Management</i> (TQM)	Um sistema de melhoria contínua que emprega uma gestão participativa centrada nas necessidades dos clientes. Os principais componentes são o envolvimento e treinamento dos funcionários, as equipes de solução de problemas, os métodos estatísticos e o reconhecimento de que as ineficiências são produzidas pelo sistema, não pelas pessoas.
Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM)	Conjunto de atividades que fazem parte do processo, desde a entrada da matéria prima até o produto final, explícitas através de um diagrama com simbologia própria e informações relevantes do processo.

Fonte: Adaptado de Feld, W. M., (2000); Monden, Y. (1998) e Nahmias, S. (2001)

2.2. SMED

De acordo com Culley *et al.* (1995) o tempo de troca de peças (*Changeover time*) é definido como o período entre o último produto bom da ordem de produção anterior que sai da máquina e o primeiro produto bom que sai da seguinte ordem de produção. Shingo (2000) divide a estrutura interna de uma operação em duas partes:

- ✓ Preparação, ajustes: Também chamadas de Setup, são as operações realizadas antes e depois do processamento do produto ou do lote.
- ✓ Operações principais: Realizadas para todas as peças, são divididas em:
 - Operações essenciais: Processamento real do material;
 - Operações auxiliares: Alimentar ou remover as peças das máquinas;
 - Folgas marginais: ações que ocorrem de forma irregular, como descansos, quebra de máquinas e etc.

Com o intuito de diminuir o tempo entre cada peça, Shingo (2000) estabeleceu a definição da metodologia SMED (em inglês *Single Minute Exchange Dies*); esta metodologia, pela definição do próprio autor, é uma abordagem científica para redução de tempo de preparação de peças (*setup*), e que pode ser aplicada em qualquer fábrica ou máquina. O intuito final da metodologia é ter um processo em que seu tempo de setup não ultrapasse dois dígitos de tempo, ou seja, mais que 10 minutos, mesmo que isso não seja possível em alguns tipos de *setup*.

Para Shingo (2000), embora pareçam muito variados, os setups tradicionais podem ser compreendidos numa sequência de passos:

1. Preparação, verificação de materiais, ferramentas e etc: Este passo garante que as ferramentas e os componentes necessários para o setup e produção estão onde deveriam estar e funcionam perfeitamente, e engloba também o tempo de retirada e retorno destes materiais até seu local de estocagem.
2. Montagem e remoção de ferramentas e componentes: Neste passo é incluído a remoção dos componentes e ferramentas pós-processamento e sua fixação para o próximo lote.
3. Medições, posicionamento e calibrações: Inclui as medições e calibrações necessárias para realizar a operação.
4. Corridas de teste e ajustes: Refere-se aos ajustes realizados após o processamento da(s) primeira(s) peça(s).

E cada passo teria uma proporção de tempo, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Proporção de tempo de setup

<i>Operação</i>	<i>Proporção de tempo</i>
Preparação e verificação de matéria-prima	30%
Montagem e remoção de ferramentas e componentes	5%
Medições, posicionamento e calibrações	15%
Comidas de teste e ajustes	50%

Fonte: Adaptado de Shingo (2000)

Segundo Shingo (2000) o método consiste em categorizar todas as atividades de uma operação/processo em internas ou externas. As atividades internas são aquelas que só podem ser realizadas enquanto a máquina está parada, enquanto que as atividades externas podem ser realizadas durante a operação normal do trabalho da máquina, ou seja, enquanto ela estiver funcionando.

Segundo o autor, a metodologia pode ser dividida em quatro estágios:

- A. Estágio inicial: Setup interno e externo não se distinguem. Os dois setups são confundidos, e o que poderia ser realizado externamente é realizado internamente, ocasionando em longos períodos com a máquina parada.
- B. Estágio 1: Separar setup interno e externo.
- C. Estágio 2: Encontrar meios para converter a maior quantidade possível de setup interno em externo.
- D. Estágio 3: Analisar todos os aspectos da operação de setup, para que eles possam continuamente serem melhorados.

De acordo com Goubergen e Landeghem (2002), a implementação da metodologia SMED costuma apresentar 2 benefícios principais: Aumentar a capacidade da fábrica (atuando por exemplo no gargalo do processo) e a flexibilidade do processo, possibilitando assim a diminuição do tamanho dos lotes de produção. Como consequência destes dois benefícios, é possível minimizar o custo das operações.

Segundo Kays e Kara (2007), as melhorias provenientes da metodologia SMED podem ser resumidas em três categorias:

- ✓ Melhorias Mecânicas: Mudanças de engenharia que irão mudar o processo físico da preparação de peças, através por exemplo de novos dispositivos ou máquinas.

- ✓ Melhorias de Procedimento: Padronização de métodos e procedimentos, aumentando sua eficiência e utilidade.
- ✓ Melhorias Organizacionais: Mudanças relacionadas ao ambiente de trabalho, disposição de ferramentas e alocação de recursos no processo de setup.

2.3. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

De acordo com Jonsson e Lesshammar (1999), para realizar melhorias e investigar como a manufatura impacta na performance do processo, é de vital importância medir e entender como conduzir medições de distúrbios e perturbações nos processos de manufatura. Esses distúrbios e perturbações, de acordo com Tajiri e Gotoh (1992), podem ser divididas em duas categorias, dependendo de quão frequente elas ocorrem:

1. Distúrbios Crônicos: Costumam ser pequenos, ocultos e complicados de tratar, já que possuem diversas causas diferentes e nem sempre óbvias. São mais difíceis de identificar já que muitas vezes são confundidos com o estado de normalidade do processo ou do equipamento. A identificação de perturbações crônicas só é possível através da comparação do desempenho com a capacidade teórica do equipamento.
2. Distúrbios Esporádicos: São mais óbvios já que ocorrem rapidamente e com grande desvio em relação ao estado de normalidade. Ocorrem irregularmente e seus efeitos costumam ser considerados de grande impacto para o processo.

Segundo Jonsson e Lesshammar (1999), distúrbios crônicos e esporádicos resultam em diferentes tipos de perdas e desperdícios. De acordo com Nakajima (1988) essas perdas podem ser resumidas em seis grandes categorias:

- I. Perdas de Disponibilidade
 - (1) Perdas de disponibilidade causadas por falhas inesperadas do equipamento.
 - (2) Perdas de disponibilidade causadas por ajustes e tempo de setup, de troca de ferramentas de e troca de lotes de produção.
- II. Perdas de Velocidade
 - (3) Ociosidade causada pelo mal funcionamento de itens do equipamento.
 - (4) Perdas causadas pela diferença entre a velocidade projetada e a velocidade real do equipamento.
- III. Perdas de Qualidade
 - (5) Perdas causadas por defeitos e retrabalho de defeitos.

(6) Perdas de rendimento que ocorrem entre a partida e a produção estável do equipamento.

De acordo com Busso e Myakeb (2006) é fundamental que um sistema de manufatura estabeleça uma maneira de medir o seu aproveitamento da capacidade produtiva. Para Ljungberg (1998) o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que mede a utilização efetiva da capacidade dos equipamentos, é um indicador que cumpre essa função de controle da capacidade produtiva. Segundo Jonsson e Lesshammar (1999), esta ferramenta identifica quais são as perdas de eficiência do equipamento, causadas pelos distúrbios crônicos e esporádicos já comentados. As seis grandes perdas citadas acima são medidas, de acordo com Nakajima (1988), através do OEE em função da Disponibilidade (D), Produtividade (P) e Qualidade (Q):

✓ Disponibilidade: Leva em consideração o tempo total do sistema que não está em funcionamento, devido à setup, ajustes e paradas. Pode ser calculado através da Equação 1:

$$D = \frac{\text{Tempo de carregamento} - \text{perdas de disponibilidade}}{\text{Tempo de carregamento}} \quad (1)$$

✓ Produtividade: Define qual é a taxa de desempenho do equipamento, baseado na sua capacidade inicial e na sua produção atual. Pode ser calculado através da Equação 2:

$$P = \frac{\text{Tempo de ciclo} \times \text{total de itens}}{\text{Tempo de operação}} \quad (2)$$

A produtividade, em equipamentos que não recebem produtos para processamento continuamente, também pode ser calculado através da Equação 3:

$$P = \frac{\text{Tempo Programado}}{\text{Tempo Apontado}} \quad (3)$$

Em que o tempo programado é o tempo previsto para a operação, enquanto que o tempo apontado é o tempo que a operação realmente levou para terminar.

✓ Qualidade: Utiliza-se da taxa de produtos defeituosos que o equipamento está produzindo em comparação com o total de peças produzidas. Pode ser calculado através da Equação 4:

$$Q = \frac{\text{Total de itens} - \text{itens com defeito}}{\text{Total de itens}} \quad (4)$$

Para o cálculo final do OEE, basta fazer uma multiplicação simples de todos os fatores, conforme Equação 5:

$$OEE = D \times P \times Q \quad (5)$$

Busso e Myakeb (2006) ressaltam que mesmo quando os recursos de produção, como operadores e equipamento, estão disponíveis, a sua utilização pode ocorrer de forma ineficiente, já que, segundo Staud *et al.* (2011) a geração de refugos e a necessidade de retrabalhos também consomem tempo de recursos produtivos, o que costuma ser muitas vezes desprezados por muitas empresas.

De acordo com Muchiri e Pintelon (2008), o OEE categoriza as principais perdas e razões para uma performance baixa do equipamento, e por consequência fornece uma base para melhorias e análises de causa dos problemas. Ele pode mostrar pontos de capacidade subutilizada do processo de manufatura, levando assim para um balanceamento do fluxo. Bamber *et al.* (2003) defendem que a utilização do OEE não se restringe à eliminação de perdas e melhoria da qualidade. Ele também pode servir como modo comparativo entre processos e equipamentos, permitindo identificar qual máquina deve ser o foco dos esforços. Além disso, ao identificar os distúrbios crônicos dos equipamentos, o OEE promoveria o aumento de vida útil dos equipamentos.

Entretanto, para Jonsson e Lesshammar (1999), o OEE não fornece uma visão sistêmica das perdas do negócio, já que não considera interações além do equipamento. Para eles, um sistema de avaliação do desempenho da manufatura deve avaliar pontos como a estratégia da organização e a orientação do fluxo. Sobre essa orientação, os autores defendem que o OEE não leva em consideração de maneira integrada atividades e processos encontrados ao longo da cadeia de produção. Segundo os autores, o indicador também se limitaria no que diz respeito à eficiência interna, já que contempla somente as paradas causadas por problemas de manutenção e produção, não levando em conta por exemplo paradas por baixo volume de produção, que tem influência direta nas ofertas e oportunidades do negócio da empresa. Segundo Ljungberg (1998), utilizar somente o OEE como métrica de eficiência e capacidade produtiva pode definir responsabilidades para o setor da produção que não são necessariamente dele, e sim de outras partes da organização, como planejamento e engenharia.

2.4. Outros indicadores

Na tentativa de suprir estas limitações apresentadas pelo OEE, a literatura fornece diversos outros indicadores que levam em consideração alguns aspectos não levantados pelo OEE.

Dentre esses indicadores alternativos, aqui serão destacados dois: *Overall Plant Effectiveness* (OPE) e *Overall Asset Effectiveness* (OAE). Segundo com Muchiri e Pintelon (2008), estes indicadores consideram, além das perdas consideradas pelo OEE, problemas que estão além dos responsáveis pela operação, tais como causas comerciais (baixa ou falta de demanda), problemas logísticos externos (falta de fornecimento, queda de energia), causas naturais, problemas relacionados com a gestão do negócio (segurança, investimento em novos produtos) e etc. Segundo os autores, os dois indicadores possuem significados similares, mas diferença entre os dois é que o OAE (Equação 7) é calculado em relação a unidades de produto, enquanto que o OPE (Equação 6) utiliza-se de dados de tempo.

$$\text{OPE} = \frac{\text{Tempo de agregação de valor}}{\text{Tempo Total}} \quad (6)$$

$$\text{OAE} = \frac{\text{Quantidade real de produtos bom}}{\text{Quantidade de produtos que teoricamente poderiam ser produzidos}} \quad (7)$$

3. Metodologia

Este estudo foi desenvolvido em uma empresa do setor de Óleo e Gás, que produz equipamentos e peças utilizados na extração de petróleo e gás no fundo do mar. Por se tratar de um equipamento com elevadas dimensões, com mais de 60 toneladas no total, as peças são transportadas por pontes rolantes, empilhadeiras e caminhões. A maioria das peças pesa mais que 300 kg, e elas são montadas uma a uma somente nas últimas etapas do processo, no setor de Montagem.

No setor de Tratamento Superficial (uma das fases do processo produtivo), existe um alto volume de peças diferentes, com tamanho e geometria muito distintas entre si. Estas peças costumam ir de 450 kg a 6 toneladas. Para realização deste estudo, foi escolhida uma das peças que possui alta similaridade com várias outras peças que passam no setor, e que possui um alto volume de produção comparado com elas. Mesmo tendo um volume considerado alto em relação à outras peças, são processadas somente em média 4 peças iguais por mês. O resto do

tempo do operador de jateamento é utilizado para o jateamento das outras peças ou para realização de outras atividades do processo, como limpeza pós revestimento e embalagem de peças (muitos operadores são qualificados em diversas operações diferentes). O setor trabalha em dois turnos, das 6h30 até a 00h.

Foi identificado uma problemática relacionada ao alto tempo da operação destinado à preparação de peças em comparação com o tempo de operação propriamente dito. Além disso, a ferramenta utilizada para elaboração de proposta de diminuição do tempo de preparação de peças é o SMED, e para avaliar o processo antes e depois das propostas de melhorias foi utilizado o indicador OEE.

A metodologia do trabalho está dividida nos seguintes tópicos:

- Construção do fluxograma do processo produtivo;
- Definição de qual atividade será aplicada a metodologia SMED;
- Cronoanálise das peças definidas;

3.1. Construção do fluxograma do processo produtivo

Após feita uma revisão de literatura sobre os conteúdos envolvidos, foi realizado o fluxograma do processo produtivo da empresa. De acordo com Lisbôa e Godoy (2012), o fluxograma é um diagrama pelo qual representa-se as etapas de um processo, com o intuito de fornecer uma visualização do processo como um todo e mostrar a sequência das principais atividades dele. Além do fluxograma da empresa, foi elaborado o fluxograma do setor de tratamento superficial e da operação de jateamento (simplificado), como vistos na Figura 2.

De uma maneira geral os forjados passam pelo setor de solda, onde é feita a deposição de certos metais, e em seguida vão para o tratamento térmico, em fornos. Em sequência passam por uma série de máquinas de usinagem diferentes, e seguem para o controle de qualidade. Este controle de qualidade é extenso e feito rigorosamente em 100% das peças, devido ao fato de que estas peças não podem apresentar defeitos ou erros de funcionamento no fundo do mar, arriscando toda a operação de extração dos fluidos e o meio ambiente.

Quando aprovadas por este controle de qualidade, elas seguem para o setor de Tratamento Superficial, onde ocorre toda a preparação e revestimento da superfície das peças. Depois de preparadas e revestidas, o fluxo continua para a montagem, onde as peças serão acopladas uma as outras, montadas e testadas.

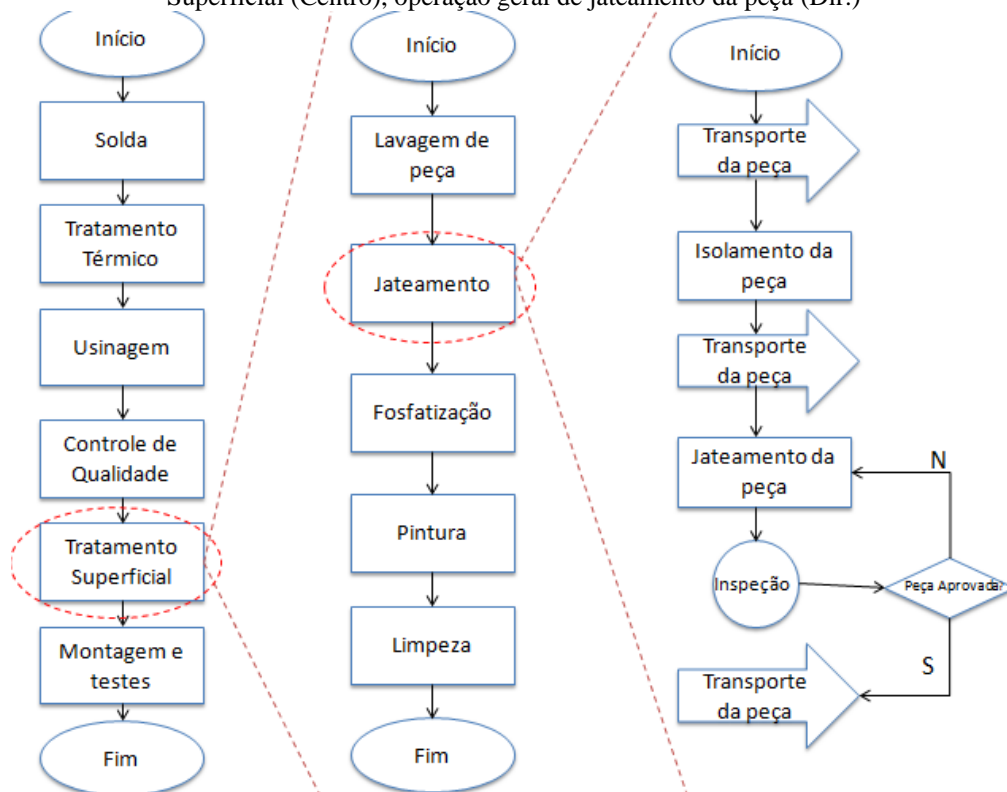
Ao chegar no setor de Tratamento Superficial, as peças estão usinadas e inspecionadas, porém não apresentam uma boa condição de limpeza suficiente para ser aplicado o

revestimento. Assim, é feita uma lavagem destas peças, que seguem para o Jateamento, O Jateamento é feito com material abrasivo metálico direto na superfície, com o intuito de terminar de limpá-la, retirar toda oxidação presente e atingir o grau de rugosidade exigida para as próximas etapas.

Como o Jateamento é um processo abrasivo, ele tem o potencial de danificar a peça caso seja feito na angulação errada ou por tempo superior ao necessário. Além disso, certas partes das peças, que aqui chamaremos de partes críticas, não podem ser jateadas, já que nestes locais ocorrerá algum processo, como por exemplo uma vedação, que exige um grau de rugosidade extremamente inferior ao conferido por uma peça jateada. Para isso, são protegidas e isoladas manualmente antes do processo de Jateamento, com diversos itens distintos, como fitas e dispositivos específicos, num processo bastante demorado.

Após o Jateamento, a peça segue para uma linha de fosfatização, onde a é mergulhada em alguns tanques para agregação de diferentes tipos de fosfato na superfície jateada. Por fim, a peça é pintada com o revestimento em duas demãos diferentes, e após o tempo de cura da peça em fornos, ela é limpa e preparada para seguir processo em outro departamento.

Figura 2 - Fluxograma geral do processo na fábrica (Esq.), processo da peça no setor de Tratamento Superficial (Centro), operação geral de jateamento da peça (Dir.)

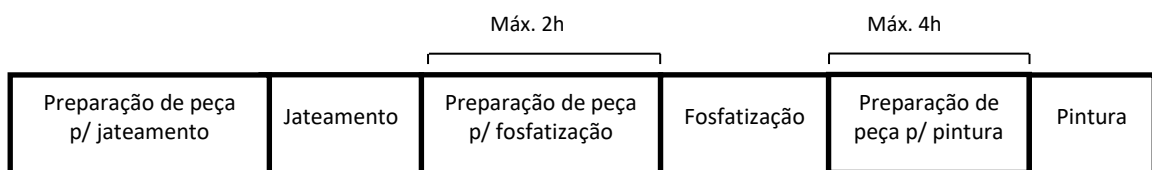


Fonte: Autores (2018)

3.2. Definição de qual atividade foi aplicada a metodologia SMED

Existe um tempo máximo entre o fim do jateamento e o início da fosfatização, que não pode ultrapassar 2h, já que além deste período a peça poderia começar a apresentar sinais de oxidação, o que comprometeria todo o processo de revestimento da peça. Depois da fosfatização, a peça segue para a aplicação e cura do revestimento. Também existe um intervalo máximo de tempo para o fim da fosfatização da peça para o início da pintura, que é de 4h; por fim é realizada uma limpeza geral na peça, conforme mostrado no Esquema 1.

Esquema 1 - Tempo de operação das atividades



Essas 6h de preparação entre os processos de jateamento, fosfatização e pintura costumam ser usadas por completo, para atividades de preparação de peças, como isolamento, movimentação, passagem de ar, inspeção e etc. O motivo pelo qual foi escolhido o jateamento como fase do processo produtivo desta peça para aplicação da metodologia SMED é que as etapas seguintes ao jato dependem do horário de início do jateamento para definir se poderão ser completadas durante este mesmo dia ou não. Caso não sejam, o processo de jateamento precisará ser refeito no dia seguinte. E o horário de início do Jateamento depende do horário do término de preparação da peça pré-jato.

Uma peça, por exemplo, que termine o jateamento às 20h não poderá continuar o processo neste dia e o jateamento terá que ser refeito no dia seguinte. Isto por que às 23h ele começaria a fosfatização (2h de preparação + 1 hora de jantar da fábrica) e não teria tempo para terminar a pintura neste dia. Ou seja, quanto mais tarde no turno começar o jato, maior é a chance de não terminar o resto do processo e ter que refazer no dia seguinte.

A aplicação da metodologia SMED no processo de jateamento tem, portanto, o intuito de diminuir ao máximo o tempo de setup desta operação, para que a realização dos processos seguintes ao jato (fosfatização e pintura) se tornem mais facilmente acessíveis no mesmo dia, podendo começar o jateamento mais tarde e mesmo assim finalizando a pintura no mesmo dia, eliminando a necessidade de refazer o jateamento no dia seguinte.

3.3. Cronoanálise das peças definidas

Após definido o processo a ser aplicada a metodologia SMED, foi realizada uma cronoanálise com 6 unidades da peça já definida devido ao seu volume de produção. Para a medição dos tempos foi utilizado um cronômetro e para o total entendimento do processo foram realizadas entrevistas com os operadores, sobre suas dificuldades e o passo a passo da operação. Após definidas as propostas de melhorias, foram estipuladas com os operadores as estimativas de ganhos com cada proposta.

4. Resultados

4.1. Estado atual

Como já explicado na metodologia, para este estudo foram medidos os tempos, através de um processo de cronometragem, de 6 peças durante a fase de jateamento do processo. Como proposto por Shingo (2000), foram listadas as atividades da operação de jateamento e separadas entre atividades que agregam valor e *setup* (Estágio Inicial do SMED). Já o *setup* foi dividido entre *Setup* interno e *Setup* externo, conforme explicado no estágio I do SMED, e o tempo de paradas esperadas pelo processo.

Foi encontrado um tempo médio total de processo de 02:20:33 sendo ele distribuído da seguinte maneira: 00:36:03 em tempo que agrega valor; 01:29:13 tempo de *setup* (00:54:18 de *setup* interno e 00:34:55 de *setup* externo); e 00:15:17 de tempo de paradas (vide Figura 3).

4.1.2. Cálculo dos indicadores

Para o cálculo dos indicadores, foi levado em consideração a cronometragem média dos tempos da operação de jateamento de 6 peças:

- ✓ Tempo médio de agregação de valor, tempo de carregamento: 00:36:03
- ✓ Tempo médio de *setup*: 01:29:13
- ✓ Tempo médio de paradas: 00:15:17
- ✓ Tempo programado por peça: 01:00:00
- ✓ Tempo médio apontado por peça: 02:20:33
- ✓ Quantidade de peças boas: 6
- ✓ Quantidade de peças produzidas: 6

Figura 3 - Cronometragem da atividade de jateamento

N°	Atividades que agregam valor	Setup Interno	Setup Externo	Tempo individual médio	Tempo Agregado
1			Posicionar cavaletes	0:02:44	00:02:44
2		Assentar peça no cavalete		0:00:59	00:03:43
3			Retirar e guardar olhais	0:01:19	00:05:02
4			Separar Álcool e Pano	0:02:03	00:07:05
5		Passagem de ar na peça		0:01:26	00:08:31
6	Passagem de álcool			0:02:34	00:11:05
7			Pegar Lixa	0:02:04	00:13:09
8	Passagem de Lixa			0:04:33	00:17:42
9			Pegar Fitas Filamentosas	0:00:09	00:17:51
10		Isolamento c/ fita filamentosa		0:28:11	00:46:02
11			Pegar Silver tape	0:00:10	00:46:12
12			Pegar e dobrar lona	0:04:16	00:50:28
13		Isolamento c/ silver tape e lona		0:06:23	00:56:51
14			Pegar Cinta e Olhais	0:01:49	00:58:40
15			Por olhal e cinta	0:01:34	01:00:14
16			Pegar Tampão	0:00:32	01:00:46
17		Colocar tampões na peça		0:00:37	01:01:23
18		Tirar vagotene da cabine		0:01:26	01:02:49
19			Separar material de apoio	0:03:08	01:05:57
20		Movimentação de peça		0:06:14	01:12:11
21			Guardar Cinta e Olhais	0:01:51	01:14:02
22		Recolher carrinho		0:01:07	01:15:09
23			Separar e por EPis	0:02:23	01:17:32
24			Preencher formulário	0:01:10	01:18:42
25			Buscar acessórios	0:01:06	01:19:48
26		Ligar Exaustor		0:00:39	01:20:27
27	Jato e passagem de ar			0:23:01	01:43:28
28	Esperar poeira reduzir			0:11:21	01:54:49
29			Pegar lanterna	0:00:28	01:55:17
30	Pré-inspeção			0:01:49	01:57:06
31			Procurar OP	0:01:04	01:58:10
32			Preencher OP	0:01:02	01:59:12
33			Chamar Inspetor	0:00:41	01:59:53
34			Aguardar Inspetor	0:03:56	02:03:49
35	Inspeção			0:04:06	02:07:55
36			Pegar Cinta e Olhais	0:01:03	02:08:58
37		Movimentação de peça		0:07:16	02:16:14
38			Guardar EPis	0:02:05	02:18:19
39			Guardar material de apoio	0:02:14	02:20:33
		Tempo total: 02:20:33	Total agrega valor: 00:36:03 Total Setup: 01:29:13 Total Paradas: 00:15:17	Total Setup Interno: 00:54:18 Total Setup Externo: 00:34:55	

➤ Cálculo do OEE

✓ Disponibilidade = $((02:20:33 - (01:29:13 - 00:15:17)) / 02:20:33) * 100 = 25,65\%$

✓ Produtividade = $(01:00:00 / 02:20:33) * 100 = 42,76\%$

✓ Qualidade = $((6-0) / 6) * 100 = 100 \%$

OEE = $(0,2565 * 0,4276 * 1) * 100 = 10,97\%$

➤ Cálculo do OAE

$$\text{OAE} = (6/14) * 100 = \mathbf{42,85\%}$$

➤ Cálculo do OPE

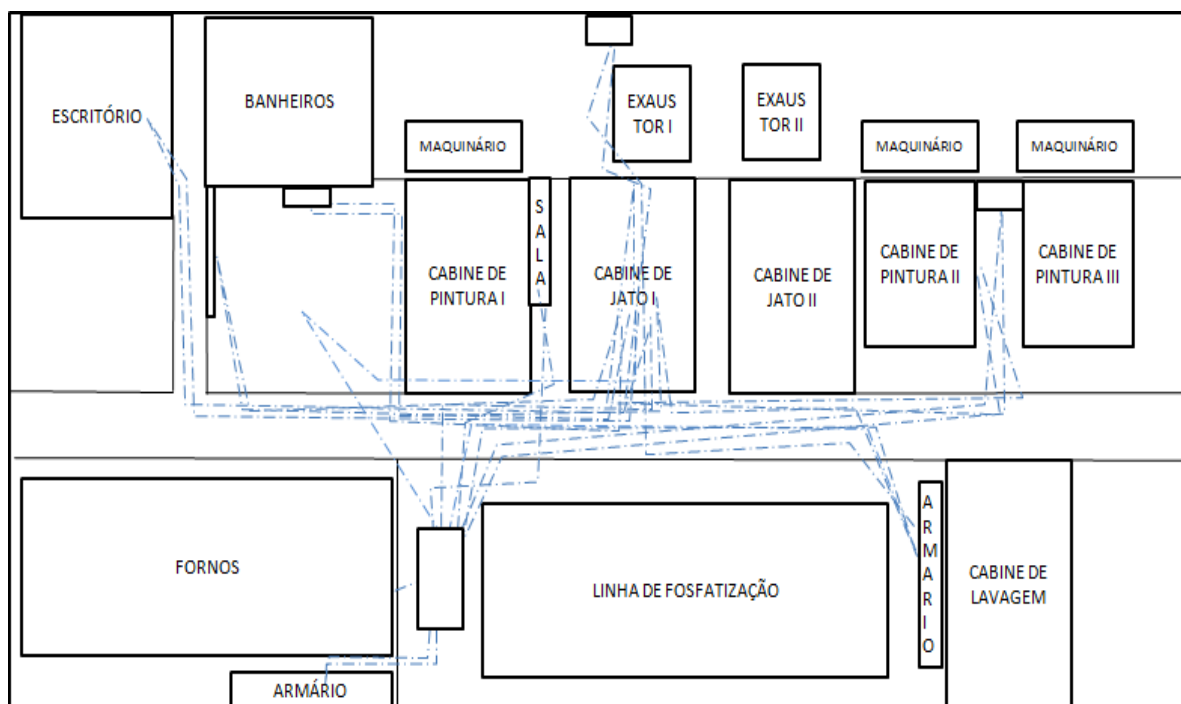
$$\text{OPE} = (00:36:03 / 02:20:33) * 100 = \mathbf{25,94\%}$$

4.1.3. Distâncias

Para o cálculo das distâncias percorridas pelo operador durante a operação de jato, foi utilizado o Diagrama de Spaguetti. Segundo Womack e Jones (1998), o diagrama de Espaguete é um diagrama em que se traça o caminho percorrido por um produto ou operário, com o intuito de descobrir qual foi sua movimentação ao longo de um processo. Possibilita-se assim a visualização de possíveis desperdícios do processo através da planta baixa do local.

No diagrama de Espaguete atual da operação de jateamento, percebe-se uma movimentação excessiva do operador principalmente relacionado a buscar e encontrar materiais utilizados no processo de isolamento da peça e jateamento. Para pegar estes materiais, o operador teve que andar por regiões de outras fases do processo, como cabines de pintura e até armários afastados. No total das seis medições, o operador percorreu em média 350,5 m do início até o término da operação, conforme Figura 4 (O isolamento da peça acontece no local entre fornos e linha de fosfatização, e o jateamento desta peça acontece na ‘Cabine de Jato 1’ do diagrama):

Figura 4 - Diagrama de Espaguete



4.2. Propostas de melhoria

Por se tratar de um trabalho manual e artesanal, em diversas vezes não foi possível para o operador realizar atividades de *setup* enquanto a máquina está em operação. Isto por que, por ser um processo manual, ele precisa estar presente e operando a máquina o tempo todo. O *setup* interno, que acontece enquanto a máquina está parada, em processos manuais, é de difícil redução, ao menos com o número limitado de somente um operador atuando na operação de jateamento por vez.

Por exemplo, movimentar a peça com ponte rolante, assentá-la nos cavaletes e isolar as peças com fita não podem ser feitas antes da operação ou enquanto a máquina estiver em andamento, já que estas operações de *setup* ocorrem na peça e não no equipamento, e a peça possui uma sequência de atividades a seguir. O número de atividades de *setup* interno que poderiam ser passados para *setup* externo, ou seja, o estágio II da metodologia SMED, seria, neste processo de jateamento, muito baixo. Mas é possível atuar no estágio III da metodologia, reduzindo ao máximo o *setup* já existente, tanto interno quanto externo.

4.2.1. Redução de *setup* interno

Para reduzir o *setup* interno, foram propostas as seguintes melhorias:

- Utilização de uma tesoura elétrica adequada para o corte da fita filamentosas: A fita filamentosas é de difícil corte, e atualmente seu corte é feito manualmente com uma tesoura ou estilete pelo operador. Para cada isolamento, são necessários dezenas de cortes de pequenos pedaços. Para acelerar este processo, uma ideia seria o uso de uma tesoura elétrica que cortaria sem esforço e rapidamente os pedaços da fita. Estima-se uma redução de 5% do tempo de isolamento com esta melhoria.

- Utilização de um dispositivo de apoio de peça giratório: Atualmente o operador dá voltas em torno da peça, que tem formato cilíndrico, para isolar o diâmetro externo ou interno dela. Uma ideia seria fazer a peça girar em torno do seu próprio eixo, ao invés do operador se locomover em torno da peça. Assim, é eliminado grande parte do tempo de deslocamento do operador para realizar o isolamento, afinal de contas, ele poderia realizá-lo praticamente sem sair do lugar inicial. Estima-se redução de 10% do tempo de isolamento com esta melhoria.

4.2.2. Redução de *setup* externo

Como foi apresentado no diagrama de espaguete, o operador realizada uma movimentação desnecessária para buscar ferramentas e materiais. Além do mais, como ele

sempre está atuando na peça, são poucas as atividades que podem ser realizadas em paralelo. As sugestões de melhoria em relação ao setup externo focariam principalmente para reduzir ao máximo o tempo e distância de movimentação:

- Utilizar um carrinho de ferramentas em que, antes de começar a operação, ele já tivesse separado todos os itens necessários para realizar a operação. Caso algum item não possa ter seu local de armazenagem estabelecido dentro do carrinho, como por exemplo material de içamento (olhais e cintas pesados e grandes) e produtos químicos (que devem ficar dentro do armário corta-fogo), então ele passaria somente uma vez, no início da operação, para separar todo esse material. Ao final da operação, ele devolveria estes materiais. Para o controle dos itens pertencentes no carrinho, Shingo (2000) sugere o uso de um *checklist*, para verificação da presença de todos os componentes.

Os itens que poderiam ter seu local de armazenagem definido dentro do carrinho são as lixas, fitas, pano, lanterna, caneta, tampão, EPIs, lona e material de apoio para a peça. E no início da operação, ele pegaria o material de içamento e o álcool, e estes materiais ficariam no carrinho ou próximo até o final da operação de jateamento. Como o material de içamento é pesado e volumoso e pode não caber no carrinho de ferramentas, poderia ser feito, nos locais de atuação do operador, ganchos nas paredes para apoiar o material de içamento. Assim ele elimina o trajeto de ida e volta até o armário de olhais e cinta, que fica do outro lado do setor.

- Criar marcações no chão no local de posicionar os cavaletes: Como existe uma variedade de peças muito grande, para cada peça diferente é necessário posicionar os cavaletes de maneira a assentar corretamente a peça. Como não há nenhuma marcação no solo, toda vez em que ele necessite posicionar os cavaletes ele perde tempo procurando o melhor local e o distanciamento necessário entre os cavaletes para esta peça específica. Estima-se redução de 40% no tempo de posicionar cavaletes.

- Já deixar a lona dobrada: A lona é utilizada para isolamento de grande parte da peça. Uma atividade bastante demorada é pegar a lona e dobrá-la no tamanho e formato necessário para realizar corretamente o isolamento. E esta atividade é feita toda vez antes do isolamento da peça. Poderia já deixar a lona dobrada para, quando o operador fosse realizar o isolamento, ele não perdesse tempo dobrando e preparando o material. Estima-se uma redução de 90% no tempo de pegar e dobrar a lona.

- A Ordem de produção (OP) é um documento de várias páginas, que acompanha a peça, com uma folha para cada operação dela. Após a realização do jateamento, o operador necessita

procurar a OP e preenchê-la. Uma ideia seria então criar um local fixo para a OP permanecer, o que praticamente eliminaria o tempo de procura da OP.

- Algumas poucas atividades poderiam ser realizadas em paralelo, durante dois momentos: Esperar a poeira de jato abaixar, após o jateamento, e durante a inspeção da peça. Enquanto espera a poeira abaixar, ele pode procurar e preencher a OP, além de pegar a lanterna no carrinho. Durante a inspeção, ele pode já ir preparando a peça com o material de içamento e guardar os EPIs.

4.3. Estimativa de tempo após implementação das melhorias

Foi realizado uma estimativa de tempos para a operação de jateamento após a implementação das ideias propostas. O tempo total da operação foi reduzido em 16%, sendo que o *setup* total foi reduzido em 25% (redução de 8% do *setup* interno e 49% do *setup* externo), conforme Tabela 2.

4.4. Estimativa de distâncias após implementação das melhorias

O principal problema relacionado com as distâncias percorridas pelo operador de jateamento era que ele tinha que buscar diversos materiais que não estavam no posto de trabalho. Assim, ele tem que ir até outros postos de trabalho para encontrar ferramentas, materiais consumíveis e documentos necessários para a operação. Para resolver este problema, foi proposto o uso de um carrinho móvel, em que ele poderia levar para os locais de trabalho todos os itens necessários para cada uma das atividades. Foi realizado o gráfico de Espaguete, conforme Figura 5, com as propostas de melhoria, e identificado uma diminuição de 48,93% (de 350,5 para 179 metros) na distância percorrida pelo operador.

4.5. Cálculo do OEE após estimativa de redução de tempo com proposta de melhorias

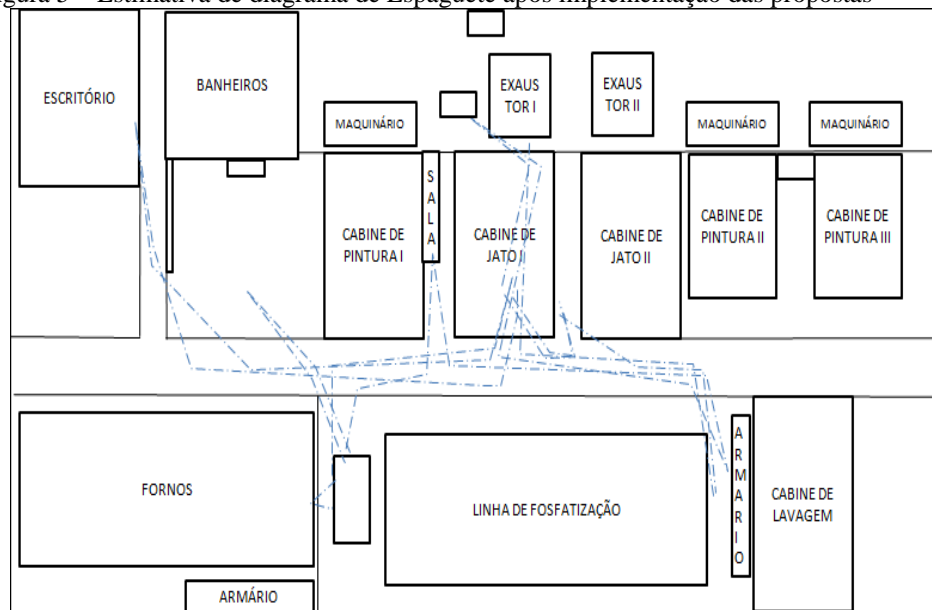
Para este cálculo do OEE, foi levado em consideração estimativa de cronometragem do tempo da operação de jateamento após implementação de melhorias propostas:

- ✓ Tempo médio de agregação de valor, tempo de carregamento: 00:36:03
- ✓ Tempo médio de *setup*: 01:07:20
- ✓ Tempo médio de paradas: 00:15:17
- ✓ Tempo programado por peça: 01:00:00
- ✓ Tempo médio apontado por peça: 01:58:40
- ✓ Quantidade de peças boas: 6
- ✓ Quantidade de peças produzidas: 6

Tabela 2 – Estimativa de cronometragem após implementação das propostas

Nº	Atividades que agregam valor	Setup Interno	Setup Externo	Tempo individual médio	Tempo Agregado
1			Pegar carrinho	00:01:12	00:01:12
2			Pegar material de içamento	00:00:49	00:02:01
3			Pegar álcool	00:00:29	00:02:30
4			Posicionar cavaletes	0:01:38	00:04:08
5		Assentar peça no cavalete		0:00:59	00:05:07
6			Retirar e guardar olhais	0:01:19	00:06:26
7		Passagem de ar na peça		0:01:26	00:07:52
8	Passagem de álcool			0:02:34	00:10:26
9			Pegar Lixa	0:00:14	00:10:40
10	Passagem de Lixa			0:04:33	00:15:13
11			Pegar Fitas Filamentosas	0:00:09	00:15:22
12		Isolamento c/ fita filamentosa		0:23:57	00:39:19
13			Pegar Silver tape	0:00:10	00:39:29
14			Pegar e dobrar lona	0:00:27	00:39:56
15		Isolamento c/ silver tape e lona		0:05:45	00:45:41
16			Por olhal e cinta	0:01:54	00:47:35
17			Pegar Tampão	0:00:12	00:47:47
18		Colocar tampões na peça		0:00:37	00:48:24
19		Tirar vagotene da cabine		0:01:26	00:49:50
20			Separar material de apoio	0:01:08	00:50:58
21		Movimentação de peça		0:06:14	00:57:12
22			Guardar Cinta e Olhais	0:00:31	00:57:43
23		Recolher carrinho		0:01:07	00:58:50
24			Separar e por EPis	0:01:23	01:00:13
25			Preencher formulário	0:01:10	01:01:23
26			Buscar assinatura	0:01:06	01:02:29
27		Ligar Exaustor		0:00:39	01:03:08
28	Jato e passagem de ar			0:23:01	01:26:09
29	Esperar poeira reduzir			0:11:21	01:37:30
30			Pegar lanterna	0:00:00	01:37:30
31			Pegar e preencher OP	0:00:00	01:37:30
32	Pré-inspeção			0:01:49	01:39:19
33			Chamar Inspetor	0:00:41	01:40:00
34			Aguardar Inspetor	0:03:56	01:43:56
35	Inspeção			0:04:06	01:48:02
36			Pegar Cinta e Olhais	0:01:03	01:49:05
37		Movimentação de peça		0:07:16	01:56:21
38			Guardar EPis	0:01:05	01:57:26
39			Guardar material de apoio	0:01:14	01:58:40
		Tempo total:	01:58:40	Total agrega valor: 00:36:03 Total Setup: 01:07:20 Total Paradas: 00:15:17	Total Setup Interno: 00:49:26 Total Setup Externo: 00:17:54

Figura 5 – Estimativa de diagrama de Espaguete após implementação das propostas



4.5. Cálculo do OEE após estimativa de redução de tempo com proposta de melhorias

Para este cálculo do OEE, foi levado em consideração estimativa de cronometragem do tempo da operação de jateamento após implementação de melhorias propostas:

- ✓ Tempo médio de agregação de valor, tempo de carregamento: 00:36:03
- ✓ Tempo médio de setup: 01:07:20
- ✓ Tempo médio de paradas: 00:15:17
- ✓ Tempo programado por peça: 01:00:00
- ✓ Tempo médio apontado por peça: 01:58:40
- ✓ Quantidade de peças boas: 6
- ✓ Quantidade de peças produzidas: 6

➤ Cálculo do OEE

- ✓ Disponibilidade = $((01:58:40 - (01:07:20 - 00:15:17)) / 01:58:40) * 100 = 56,13\%$
- ✓ Produtividade = $(01:00:00 / 01:58:40) * 100 = 50,56\%$
- ✓ Qualidade = $((6-0) / 6) * 100 = 100 \%$

$$\text{OEE} = (0,5613 * 0,5056 * 1) * 100 = 28,38\%$$

Assim, foi encontrada uma melhora de 118,83% na Disponibilidade e, de 18,24% na Produtividade, representando, portanto, uma melhora de 158,7% no OEE geral. Entretanto, o

valor encontrado para o OEE ficou aproximadamente 30%, representando ainda um processo ineficiente.

5. Conclusão

O *Lean Manufacturing* e suas ferramentas têm como um dos intuitos a diminuição dos desperdícios gerados pelos processos, eliminando atividades que não agregam valor ao produto. Este trabalho teve o objetivo de propor uma análise de qual seria o impacto da implementação de uma das ferramentas do Lean, o SMED, em um processo manual de uma atividade manufatura de uma empresa do setor de óleo e gás.

Após a implementação da metodologia do SMED proposta por Shigeo Shingo (2000), percebeu-se uma grande dificuldade de atingir o objetivo principal do SMED, que é reduzir o tempo de preparação de peças da atividade para menos de 10 minutos. O fato do processo analisado ser praticamente inteiro manual foi determinante para esta dificuldade, já que, ao contrário dos exemplos clássicos encontrados na literatura, no processo manual estudado não foi possível uma grande diminuição de tempo com a implementação de atividades paralelas, como em tornos ou prensas.

Embora a metodologia SMED seja implementada a décadas em diversas empresas e contextos distintos, segundo Ferradás e Salonitis (2013), uma grande quantidade de empresas diferentes falhou na sua implementação. Isso se deve, segundo Mcintosh *et al.* (2000) por que muitas empresas focam unicamente nos 4 estágios da implementação propostas por Shingo e ignoram, segundo Owen *et al.* (2006) diversas melhorias no design de máquinas, equipamentos e dispositivos. Estas melhorias, embora mais demoradas e com custo maior, seriam mais eficazes que o proposto pela metodologia SMED já que, ao invés de converter *setup* interno em externo como propõe o SMED, focariam ao máximo em eliminar estas atividades (quando não fosse possível eliminar, simplificar ou acelerar).

No caso do processo estudado neste trabalho, para se aproximar mais do proposto pela metodologia de Shingo, seria necessário um investimento da empresa na elaboração de algum dispositivo ou máquina que acelerasse ou eliminasse a atividade de isolamento da peça, que por si próprio estaria consumindo quase metade do tempo de *setup* já após as melhorias propostas por este artigo.

Entretanto, foi possível perceber neste artigo que, mesmo não atingindo o objetivo proposto pela metodologia SMED de reduzir o *setup* da atividade para menos de 10 minutos, e não poder classificar o processo como eficiente segundo o OEE, a metodologia é de extrema importância para a redução de atividades que não agregam valor, como movimentação de

materiais e pessoas, melhor organização do ambiente de trabalho e aumento de produtividade da atividade, mesmo em processos manuais. Em relação às distâncias percorridas pelo operador, foi possível reduzi-las cerca de 50%, além de uma redução de 25% no tempo de *setup*.

REFERÊNCIAS

- Alukal, G. (2003). Create a Lean, mean machine. *Quality Progress*, 36 (4): 29-35.
- Bamber, C. J., Castka, P., Sharp, J. M. & Motara, Y. (2003). Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 9 (3): 223-238.
- Bulent, D., Tugwell P. & Greatbanks R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvements - A Practical Analysis. *International Journal of Operation & Production Management*, 20 (12): 1488-1502.
- Busso, M. C., & Miyakeb, D. I. (2006). Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. USP, São Paulo.
- Culley, S. J., Gest G., McIntosh, R. I., Mileham, A.R., & Owen, G.W. (1995). Review of fast tool change systems. *Computer Integrated Manufacturing Systems* 8: 205-210.
- Feld, W. M. (2000). Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How To Use Them. *The St. Lucie Press*, London.
- Ferradás, P. G., & Salonitis K., (2013). Improving Changeover Time: A Tailored SMED Approach for Welding Cells. *Procedia CIRP*, 7: 598-603.
- Gomes, E. S. (2008). Investigação dos desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos por meio da abordagem da produção enxuta. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá.
- Goubergen, D. V., & Landeghem, H. V. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 18, 205 214.
- Grewal, C. (2008). An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company, *Int. J. Manufacturing Technology and Management*, 15.
- Hancock, W. M., & Matthew, J. Z. (1998). Lean Production: Implementation Problems. IIE Solutions : Institute of Industrial Engineers, Inc. (IIE).
- Holweg, M., (2006). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25, 420-437.
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - the role of OEE, *International Journal of Operations & Production Management*, 19 (1): 55-78.
- Kays, B., & Kara S. (2007). Set-Up Reduction in Injection Molding Process – A Case Study in Packaging Industry. *4th International Conference and Exhibition on Design and Production of Machines and Dies/Molds*.
- Lasa, I. S., Laburu, C. O., & Vila R. C., (2008). An evaluation of the value stream mapping tool. *Business Process Management Journal*, 14 (1): 39-52.
- Levinson, W. A. (2002). Henry Ford's Lean Vision: Enduring Principles from the first Ford Motor Plant. *Productivity Press*, New York.
- Linker, J. K. (2004). The Toyota way: *14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. *Mc Graw-Hill Professional*, USA.
- Lisbôa, M. G. P., & Godoy, L. P. (2012). Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto: A joia. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 4 (7): 32-47.
- Ljungberg, O. (1998). Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations and Production Management*, 18 (5): 495-507.
- Mcintosh, A. R., Owen, G. W., Culley, S. J., & Mileham, T. (2007). Changeover improvement: reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54 (1): 98-111.
- McIntosh, R.I., Culley, S.J., Mileham, A. R., & Owen, G.W. (2000). A critical evaluation of Shingo's SMED (Sige Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research* 38: 2377-2395.

- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83 (6): 662-673.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: an integrated approach to Just-In-Time*. Engineering & Management Press, Norcross, Georgia.
- Moreira A. C., & Pais, G. C. S. (2011). Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation, *J. Technol. Manag. Innov.*, 6 (1).
- Mrugalska B., & Wyrwicka K. M. (2017). Mirages of Lean Manufacturing in Practice. *Procedia Engineering*, 182: 780-785.
- Nahmias, S.. (2001). *Production and Operations Analysis*, Fourth Edition, McGraw Hill, New York.
- Nakajima S. (1988). Introduction to Total Productive Maintenance (TPM), *Productivity Press*, Cambridge.
- Ohno, T. (1997). O Sistema Toyota de Produção além da produção. *Bookman*.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46 (13): 3517-3535.
- Pisano, G., & Hayes, R. (1995). *Manufacturing Renaissance*. Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Reik, M.P., McIntosh, R.I., Culley S.J., Mileham, A.R., & Owen, G.W. (2006). A formal design for changeover methodology. Part 1: Theory and background. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 220.
- Schumacher A., Erol S., & Sihn W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52: 161-166.
- Shingo, S. (2000) *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta*. Bookman, Porto Alegre.
- Soliman, F. (1998). Optimum level of process mapping and least cost business process re-engineering. *International Journal of Operations & Production Management*, 18 (9/10): 810-816.
- Staudt, F. H., Coelho, A. S., & Gonçalves, M. B. (2011). Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Markov. *Revista Produção*, 21 (4): 634-644.
- Tajiri, M., & Gotoh, F. (1992). *TPM Implementation: A Japanese Approach*. McGraw-Hill, New York.
- Womack, J., & Jones, D. (1998). *A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza*. Editora Campus.
- Womack, J., Jones, D., & Daniel, R. (1990). *The Machine that Changed the World*. Free Press, New York.