






APLICAÇÃO DE SMED COM SUPORTE SE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP DE UMA MÁQUINA REBOBINADEIRA

APPLICATION OF SMED WITH COMPUTACIONAL SIMULATION SUPPORT FOR REDUCING THE SETUP TIME OF REWINDER MACHINE

Vitória de Melo Freire*  E-mail: vitoriafreire@super.ufam.edu.br
Gabrielly dos Santos Gil*  E-mail: gabriellygil@super.ufam.edu.br
Cibelle Lima Pereira Nery*  E-mail: cibellenery@super.ufam.edu.br
Marcelo Albuquerque Oliveira*  E-mail: marcelo@super.ufam.edu.br
Gabriela de Mattos Veroneze*  E-mail: gveroneze@ufam.edu.br

*Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM, Brasil.

Resumo: Nos dias atuais as empresas buscam cada vez mais a diversificação do seu portfólio de produtos para alcançar ainda mais mercado, para isso o processo de Setup se torna uma importante etapa no chão de fábrica, sendo necessário esse processo ser rápido e eficiente. O SMED surge então como uma ferramenta com a execução de alguns passos para reduzir o tempo de Setup. Dessa forma, o presente artigo aborda a aplicação da ferramenta de SMED com o objetivo de reduzir o tempo de setup de uma máquina Rebobinadeira, sendo validado as melhorias sugeridas através da Modelagem e Simulação com o software Flexsim. Trata-se de um Estudo de Caso referente a uma máquina Rebobinadeira existente em uma empresa do Polo Industrial de Manaus. Como resultados, o estudo obteve uma redução de mais de 35% na redução de tempo de Setup da máquina, obtidos através da aplicação do passo a passo definidos no SMED e comprovados através da simulação computacional. O estudo evidencia a importância do SMED para aplicação em mais diversas áreas industriais, como também ressalta a importância da simulação que pode ser usada em conjunto com outros conceitos e ferramentas da Engenharia de Produção para validar as sugestões de melhorias.

Palavras-chave: SMED. Setup. Modelagem e Simulação. Flexsim.

Abstract: Nowadays, companies are increasingly looking to diversify their product portfolio to reach even more markets, so the Setup process becomes an important step on the shop floor, and this process needs to be fast and efficient. SMED then emerges as a tool with the execution of a few steps to reduce Setup time. Thus, this article addresses the application of the SMED tool in order to reduce the setup time of a rewinder machine, validating the suggested improvements through Modeling and Simulation with the Flexsim software. This is a Case Study referring to a Rewinder machine existing in a company in the Industrial Pole of Manaus. As a result, the study obtained a reduction of more than 35% in the reduction of machine Setup time, obtained through the application of the steps defined in the SMED and proven through computer simulation. The study highlights the importance of SMED for application in several industrial areas, as well as highlighting the importance of simulation that can be used in conjunction with other concepts and tools of Production Engineering to validate suggestions for improvements.

Keywords: SMED. Setup. Modeling and Simulation. Flexsim.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente muitas empresas necessitam de uma operação com sistemas produtivos por lote, com constantes mudanças de tipos produtos, mudança de componentes de fabricação, matéria prima, entrada e saída de produtos em linha com ciclos cada vez menores. A preparação de máquinas para possibilitar a fabricação em lotes e diversidade de produtos de uma empresa para atender ao mercado tornou a etapa de setup de máquinas um processo importante e que deve sempre ser otimizado quando possível (maestrelli, 2017).

Para se trabalhar esse processo de Setup existe a ferramenta do SMED, que vem do inglês Single Minute Exchange of Die, e se refere a busca de executar as operações referente ao Setup em menos de 10 minutos e ter menos perda possível de tempo na troca de ferramentas (Fogliato; Fagundes, 2003 *apud* Evangelista; Arimitsu; Lima; Correr, 2021), levando ao processo de setup otimizado e aumentando a possibilidade de fabricação de lotes menores de produção. O SMED conta com seis etapas na sua aplicação, sendo bem detalhada o que deve ser feito em cada etapa e tornando a sua aplicação mais intuitiva. Ele conta tanto com a análise do cenário atual, descrevendo como está sendo feito atualmente o setup, como também propõe um cenário de melhoria para redução deste setup.

A modelagem e simulação surge então, nesse estudo, como um complemento da teoria do SMED para validar as melhorias sugeridas no estudo, sem a necessidade de interromper o chão de fábrica para validá-los e sem gerar desperdícios à empresa. Existem diversos softwares disponíveis no mercado para trabalhar nessa área de Modelagem e Simulação como Arena, ProModel, Anylogic, Flexsim, Plant Simulation e outros.

O Flexsim é um desses softwares de simulação disponíveis para trabalhar nessa área, e segundo o site Capterra (2023), no qual é responsável por fazer avaliação, seleção e comparação de softwares, o Flexsim é uma ferramenta de solução de problemas que responde com precisão a qualquer dúvida do negócio com possibilidade de criar modelos e detalhados revelando resultados a partir da simulação e causando grande impacto que uma planilha ou gráfico não poderiam gerar. Segundo esse mesmo site, o Flexsim possui os recursos de diagnóstico por imagens 3D, análise do design, modelagem do movimento, modelagem dinâmica,

modelagem contínua, simulação de eventos discretos e modelagem estocástica. Dessa forma, para o presente estudo o software escolhido foi o Flexsim, por conta desses tópicos citados acima e por possibilitar a criação de um modelo computacional de forma mais intuitiva.

O estudo se refere a uma máquina Rebobinadeira de fitas adesivas existente em uma indústria de fitas do Polo Industrial de Manaus que possui problemas com o tempo de setup longo. O trabalho se justifica por ser um problema de setup evidente no processo produtivo e ser visto como um ponto de relevância pelos gestores e líderes da empresa essa redução do tempo de setup da máquina estudada.

Assim, o estudo tem como objetivo aplicar a ferramenta do SMED para reduzir o tempo de Setup desta máquina Rebobinadeira que possui muitos problemas no processo de setup atual e torna esse processo muito demorado. Visto isso, a ferramenta de SMED é vista com um grande potencial para reduzir esse tempo de Setup e em conjunto com ela a Modelagem e Simulação foi utilizada para validar o cenário de melhoria proposto pelo estudo. A simulação tem papel fundamental na pesquisa visto que permite alterar cenários e propor melhorias sem necessidade de interromper o processo produtivo da empresa. Como objetivos específicos do estudo pontua-se analisar o processo atual de setup da máquina rebobinadeira, sugerir melhorias para as atividades executadas no setup e utilizar a modelagem e simulação como complemento na aplicação do SMED.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Setup

Para Shingo (1985), Setup é a chave para mudança da manufatura e para a proximidade de novas tecnologias. De acordo com Herr (2014), set-up ou, simplesmente, setup relaciona todos os passos necessários para alterar um processo de uma configuração de produção para outra. Dessa forma, a configuração de setup envolve processos de instalação, remoções, conversões de ferramentas, unidades, assim como criações e mudanças de processos de produção com o novo produto, que incluem as tarefas de configuração e ajustes.

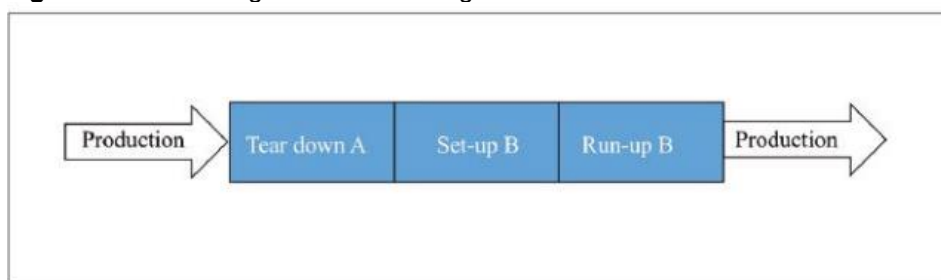
Henry (2013) define setup como um processo chave para a transição e consiste na conversão física do maquinário de rodar o próximo produto, em alguns casos essa conversão é feita por ajustes ou por substituições de partes específicas

da máquina. O Setup também inclui um número de atividades de operação, como preparação de documentos, movimentação de materiais do almoxarifado para produção, inspeção da qualidade e outras tarefas que não estão diretamente relacionadas à produção da máquina.

Além disso, todo o tempo necessário para realizar as etapas do setup é chamado de tempo de setup, comumente é associado ao tempo que leva para os maquinários serem ligados novamente, uma vez que foram interrompidos para serem redefinidos ou ajustados. Herr (2014) traz dois conceitos de tempo de setup: o conceito aceito amplamente que define que é o tempo entre o último produto A e o primeiro produto B, que implica na soma de tempo de inatividade da máquina e do tempo de aceleração; a outra definição evita a agregação de mão de obra e máquina, sendo definido apenas pelo total da soma de todos os tempos individuais tomadas pelas etapas de setup.

A configuração de setup está implícito num processo chamado Troca ou Changeover, conforme Figura 1 abaixo, que consiste em desmontar a configuração do produto A, configurar o novo produto B e iniciar a produção do B. A Troca ou Changeover é o processo total de conversão de uma máquina, linha ou processo de execução de um produto para outro (Henry, 2013).

Figura 1 - Estrutura genérica de Changeover/Troca



Fonte: Herr, 2014.

Os processos para realização de um setup ou configuração são geralmente considerados infinitamente variados, dependendo do tipo de operação e do tipo de equipamento sendo utilizado. No entanto, pode ser compreendido numa sequência de passos: Preparação, ajuste pós-processo, verificação de materiais e ferramentas, essa etapa assegura que todas as ferramentas e materiais estão disponíveis e funcionando; Montagem e remoção de lâminas, ferramentas e peças, essa etapa garante que as ferramentas e materiais utilizados anteriormente sejam retiradas e

sejam colocadas novas para o próximo lote; Medições, configurações e calibrações, etapa de checagem; e Testes e ajustes para medir a precisão da etapa anterior (Shingo, 1985).

2.2.1 SMED

SMED (Single-minute Exchange of Die) ou Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é uma técnica de performar operações de setup em menos de dez minutos e demonstrar a capacidade de produzir muitos produtos com o mínimo de perda de tempo por troca de ferramentas para aumentar a flexibilidade do processo (Fogliato; Fagundes, 2003 *apud* Evangelista; Arimitsu; Lima; Correr, 2021). O passo mais importante ao implementar o SMED é saber distinguir um setup interno e externo, para assim conseguir converter um interno para um externo (Shingo, 1985). Shingo (1985) divide as operações de configuração em dois tipos fundamentalmente diferentes: setup interno, que pode ser apenas realizado quando a máquina estiver parada, e atua na montagem ou remoção; setup externo, podendo ser apenas conduzido quando a máquina estiver em operação, atuando no transporte e armazenamento.

O objetivo de externalizar todos os setups no SMED é maximizar a quantidade de tempos que a linha está produzindo um produto em velocidade normal. Um dos exemplos de práticas de externalização é a preparação de materiais com antecedência, realizar limpeza de peças ou reconciliação de produtos após o reinício da linha (Henry, 2013).

Para implementação do SMED tem-se alguns estágios: Estágio Preliminar, onde o setup interno e externo não são distinguidos, porém é realizado um estudo das condições atuais do processo; Estágio 1, onde se faz a distinção do que é setup interno e externo, essa parte se faz essencial para o atingimento do SMED, pois o tempo de setup pode ser reduzido entre 30% a 50% apenas separando os procedimentos em interno e externo; Estágio 2, referente à conversão do setup interno para um externo, se possível; Estágio 3, no último estágio se faz necessário o exame detalhado de todas as atividades de setup para melhorar e agilizar cada operação de configuração, com eliminação de ajustes e linearização dos métodos de fixação (Shingo, 1996 *apud* Parissoto, Pacheco, 2015).

3 METODOLOGIA

Este trabalho se trata de um Estudo de caso, uma vez que busca um estudo profundo e detalhado sobre uma unidade de interesse (Botelho; Cruz, 2013). Possui uma abordagem quantitativa e qualitativa pois analisa tanto dados quantitativos relacionados aos tempos das atividades e tempo de setup, quanto qualitativos referentes à análise das atividades executadas durante o setup.

O objeto de estudo se trata de uma máquina Rebobinadeira de fitas existente em um empresa do Polo Industrial de Manaus, que possui problemas recorrentes em relação ao processo de Setup, evidenciando o potencial de melhoria nesse processo e se tornando o objeto de estudo deste presente artigo.

Para validação dos cenários de melhorias sugeridas no estudo foi utilizado a modelagem e simulação com o Software Flexsim. O Flexsim possui um ambiente com a representação 3D como também a possibilidade de criação da Lógica com o Process Flow, sendo que para este estudo o modelo desenvolvido utilizou o Process Flow para a criação da lógica principal e comando da representação das movimentações do modelo 3D.

O processo de setup analisado neste estudo foi modelado no Software Flexsim, que possui ambiente de modelagem 3D, programação em blocos com o Process Flow e possui também um ambiente de Dashboards para acompanhamento de índices para análise de resultados. O modelo desenvolvido foi capaz de comparar o cenário atual do processo de Setup como também o cenário de melhoria possibilitando as análises comparativas do sistema antes e depois da aplicação do SMED. No modelo foi utilizado o Process Flow para a criação de lógica principal, a aba de Dashboard para acompanhamento de indicadores da simulação e por fim a utilização do ambiente 3D do Flexsim para a demonstração do ambiente fabril da empresa analisada.

O desenvolvimento do presente estudo realizou-se sequencialmente as seguintes etapas: 1. Revisão da literatura no que diz respeito ao entendimento dos passos do SMED para assim conseguir replicá-los neste estudo; 2. Coleta e tratamento de dados através da cronoanálise, tais coletas de dados foram realizadas no chão de fábrica através de visitas técnicas, no qual realizou-se o mapeamento de todas as atividades envolvidas no setup da máquina assim como coleta dos seus respectivos tempos de execução e sem seguida tabulou-se tais informações em

planilhas no Excel; 3. Criação do Modelo Computacional do cenário atual da empresa, reproduzindo como acontece atualmente o setup da máquina rebobinadeira seguindo o que foi tabulado e mapeado na etapa 2 anterior; 4. Aplicação do estudo do SMED com os 6 passos que norteiam essa ferramenta; e por fim 5. Criação do Modelo Computacional do cenário de melhoria reproduzindo as melhorias sugeridas no estudo de SMED realizado na etapa anterior.

As etapas descritas acima foram de total importância para seguir uma sequência lógica e organizada para alcançar os resultados objetivos neste artigo. Com base nessas etapas o artigo foi desenvolvido e dividido a sua escrita nos tópicos a seguir.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise do Setup

A máquina Rebobinadeira analisada se refere a Rebobinadeira de Jumbo de Fitas adesivas, que ao ser rebobinada viram Logs e posteriormente os Logs passam pela máquina Fatiadora, virando assim os rolos de fitas adesivas que estão disponíveis no mercado.

Atualmente o Setup da Rebobinadeira é feito em sua maioria por apenas um operador, sendo ele o próprio operador da Rebobinadeira, com duração média de 22 minutos. Para a análise do Setup da máquina estudada foi analisada todo o processo e atividades envolvidas nele assim como as pessoas envolvidas nessas atividades. A partir disso foram tabulados essas atividades e etapas do Setup atual da máquina, sendo que tais etapas podem ser divididos em 14 principais atividades que são vistas no quadro abaixo, quadro este que será utilizado durante todo o estudo.

Quadro 1 - Etapas executadas durante o Setup da Rebobinadeira (continua)

Nº	Descrição
1	Chegada da Nova Ordem de Produção
2	Retirada do Jumbo anterior da Rebobinadeira
3	Buscar Matrim para retirar Jumbo
4	Transportar Jumbo anterior para o Estoque Intermediário
5	Chamar operador da empilhadeira para trazer novo Jumbo
6	Transporte e chegada do Novo Jumbo no estoque intermediário
7	Chamar outro operador para ajudar colocar o jumbo na Matrim
8	Colocar Jumbo na Matrim

Quadro 1 - Etapas executadas durante o Setup da Rebobinadeira

(conclusão)

Nº	Descrição
9	Transporte do Novo Jumbo para a próximo a Rebobinadeira
10	Buscar ferramentas para troca do Jumbo
11	Preparação do Jumbo para colocar na máquina (Colocar o eixo e reparos no jumbo se necessário)
12	Colocação do Jumbo na máquina
13	Fazer a traçado
14	Fabricação dos primeiros Logs

Fonte: Própria, 2023.

Dentre essas 14 etapas citadas anteriormente, o setup é feito principalmente pelo operador da máquina, porém como já dito anteriormente, necessita também de terceiros para executar algumas ações, como é o caso da necessidade de um operador auxiliar para o posicionamento do Jumbo na Matrim e o operador da empilhadeira que é responsável pelo transporte do Jumbo para o estoque intermediário, que fica próximo a célula da máquina Rebobinadeira. Muitos são os fatores que podem influenciar de forma positiva ou negativa neste tempo de setup, mas na maioria dos casos levantados, analisados e repassados pela empresa para o estudo mostram que essas variáveis tendem a aumentar o tempo de setup, como é o caso de chegada de um jumbo batido necessitando então de um tratamento para ele ser posicionado na máquina. Neste caso em específico citado anteriormente o Jumbo batido deve ser cortado e retirado toda a parte danificada (amassada) para não ocasionar o travamento da máquina no momento do rebobinamento deste Jumbo, levando a muitos mais transtornos caso o jumbo não houvesse esse tratamento. Dito isso, o estudo levou em consideração a coleta de dados feitos em chão de fábrica, mapeamento do processo de setup, dados coletados e dados repassados pela empresa através do históricos documentados pela empresa.

4.2 SMED

A partir do mapeamento do processo, análise do Setup da máquina e coleta de todos os dados necessários é possível dar início a aplicação do SMED. O SMED segue as 6 principais etapas sendo a análise dos passos de troca, separação do setup interno e externo, transferência de interno para externo, otimizar interno, otimizar externo e por fim padronização. Cada uma dessas etapas estão subdivididas em tópicos e apresentadas a seguir.

- Etapa 1: Analisar os passos de troca

Inicialmente, feito o mapeamento do processo de Setup, análise e definição das atividades envolvidas, realizou-se a coleta dos tempos de cada etapa através da cronometragem, cronoanálise e levantamento de dados históricos da empresa. A partir disso as 14 etapas, descrição de cada atividade, descrição do responsável por ela e o respectivo tempo de duração são apresentados no quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Passos de Troca

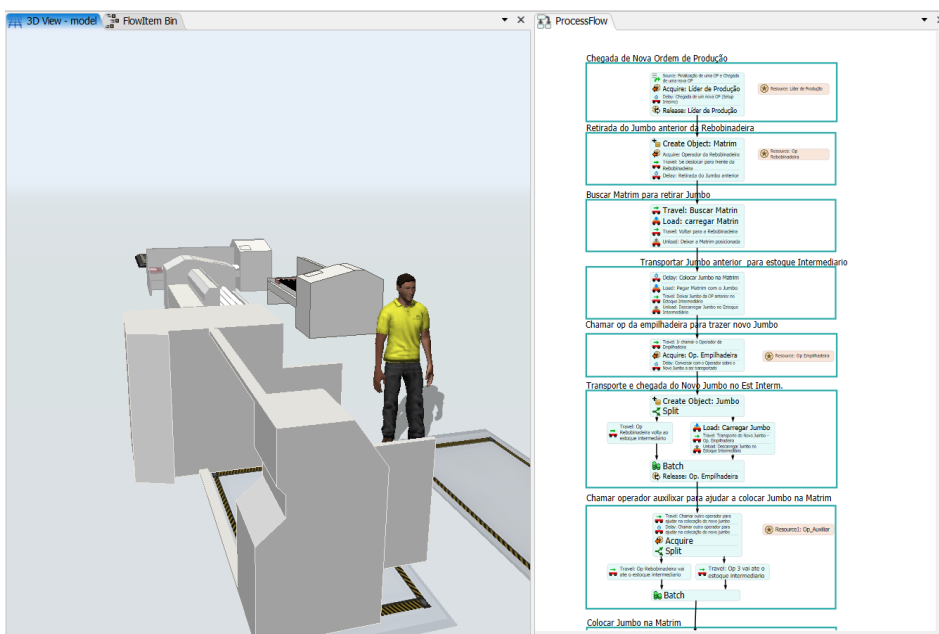
Nº	Descrição	Responsável	Duração	Duração (s)
1	Chegada da Nova Ordem de Produção	Líder de Produção	02:00.0	120
2	Retirada do Jumbo anterior da Rebobinadeira	Operador	00:30.0	30
3	Buscar Matrim para retirar Jumbo	Operador	00:45.0	45
4	Transportar Jumbo anterior para o Estoque Intermediário	Operador	01:25.0	85
5	Chamar operador da empilhadeira para trazer novo Jumbo	Operador	01:18.0	78
6	Transporte e chegada do Novo Jumbo no estoque intermediário	Operador da Empilhadeira	02:25.0	145
7	Chamar outro operador para ajudar colocar o jumbo na Matrim	Operador	00:50.0	50
8	Colocar Jumbo na Matrim	Operador + Auxiliar	01:20.0	80
9	Transporte do Novo Jumbo para a próximo a Rebobinadeira	Operador	00:45.0	45
10	Buscar ferramentas para troca do Jumbo	Operador	1:00.0	60
11	Preparação do Jumbo para colocar na máquina (Colocar o eixo e reparos no jumbo se necessário)	Operador	06:15.0	375
12	Colocação do Jumbo na máquina	Operador	02:45.0	165
13	Fazer a traçado	Operador	03:20.0	200
14	Fabricação dos primeiros Logs	Operador	02:00.0	120
		TOTAL =	26:38.0	1598

Fonte: Própria, 2023.

Durante esse estudo foi decidido o uso da Modelagem e simulação como suporte para a decisão de melhorias, validação das ações sugeridas assim como a análise do cenário atual versus o cenário sugerido com a aplicação do SMED. Com isso, na “Etapa 1- Análises de Troca” foi desenvolvido o primeiro modelo computacional deste estudo mostrando o cenário atual de Setup da máquina Rebobinadeira. Para esse modelo foi utilizado todos os dados coletados, tempos

analisados e passos de troca citados anteriormente. O software utilizado para simular o processo de Setup foi o Flexsim e o modelo desenvolvido é apresentado a seguir.

Figura 2 - Modelo computacional Cenário Atual



Fonte: Própria, 2023.

O modelo conta com a utilização da ferramenta Process Flow para comandar as atividades realizadas na parte 3D do modelo, dessa forma, do lado esquerdo da imagem é possível ver o modelo 3D e na parte direita o Process Flow com os blocos de lógica desenvolvidos e modelados para este estudo.

- Etapa 2: Separar Setup Interno e Externo

Levantado as atividades do Setup, o responsável e o tempo de duração é feito então a separação e definição para cada uma das atividades em Setup Interno e Setup Externo. Tal separação é mostrada no quadro 3.

Quadro 3 - Separação de Setup Interno e Externo

(continua)

Nº	Descrição	Responsável	Duração	Interno	Externo
1	Chegada da Nova Ordem de Produção	Líder de Produção	02:00.0	-	02:00.0
2	Retirada do Jumbo anterior da Rebobinadeira	Operador	00:30.0	00:30.0	-
3	Buscar Matrim para retirar Jumbo	Operador	00:45.0	00:45.0	-
4	Transportar Jumbo anterior para o Estoque Intermediário	Operador	01:25.0	01:25.0	-
5	Chamar operador da empilhadeira para trazer novo Jumbo	Operador	01:18.0	01:18.0	-

Quadro 3 - Separação de Setup Interno e Externo

(conclusão)

Nº	Descrição	Responsável	Duração	Interno	Externo
6	Transporte e chegada do Novo Jumbo no estoque intermediário	Operador da Empilhadeira	02:25.0	02:25.0	-
7	Chamar outro operador para ajudar colocar o jumbo na Matrim	Operador	00:50.0	00:50.0	-
8	Colocar Jumbo na Matrim	Operador + Auxiliar	01:20.0	01:20.0	-
9	Transporte do Novo Jumbo para a próximo a Rebobinadeira	Operador	00:45.0	00:45.0	-
10	Buscar ferramentas para troca do Jumbo	Operador	1:00.0	1:00.0	-
11	Preparação do Jumbo para colocar na máquina (Colocar o eixo e reparos no jumbo se necessário)	Operador	06:15.0	06:15.0	-
12	Colocação do Jumbo na máquina	Operador	02:45.0	02:45.0	-
13	Fazer a traçado	Operador	03:20.0	03:20.0	-
14	Fabricação dos primeiros Logs	Operador	02:00.0	-	02:00.0
		TOTAL	24:53.0	20:53.0	04:00.0

Fonte: Própria, 2023.

- Etapa 3: Transferir Interno para Externo

Para a terceira etapa do SMED, são levantadas as atividades Internas que podem ser transformadas em Externo, nesse tópico foram verificadas quais atividades poderiam ser realizadas de forma Externa e apresentados no quadro abaixo qual ação deve ser feita para alcançar isso.

Quadro 4 - Tabela de sugestão de ações para transferência de Setup Interno para Externo (continua)

Nº	Descrição	Ação
1	Chegada da Nova Ordem de Produção	
2	Retirada do Jumbo anterior da Rebobinadeira	
3	Buscar Matrim para retirar Jumbo	Alimentador de Linha deve deixar a Matrim próximo a máquina quando chegar uma nova OP que deve avisada pelo líder de produção
4	Transportar Jumbo anterior para o Estoque Intermediário	
5	Chamar operador da empilhadeira para trazer novo Jumbo	Próprio Líder de produção deve avisar ao operador da empilhadeira para alimentar o Jumbo na linha para a próxima OP antes de levar a OP para a Rebobinadeira

Quadro 4 - Tabela de sugestão de ações para transferência de Setup Interno para Externo (conclusão)

Nº	Descrição	Ação
6	Transporte e chegada do Novo Jumbo no estoque intermediário	O transporte do Jumbo ocorrerá pelo operador da empilhadeira após a notificação do líder de produção
7	Chamar outro operador para ajudar colocar o jumbo na Matrim	
8	Colocar Jumbo na Matrim	
9	Transporte do Novo Jumbo para a próximo a Rebobinadeira	
10	Buscar ferramentas para troca do Jumbo	Transformar em Externo e passar essa função para o alimentador da linha
11	Preparação do Jumbo para colocar na máquina (Colocar o eixo e reparos no jumbo se necessário)	
12	Colocação do Jumbo na máquina	
13	Fazer a traçado	
14	Fabricação dos primeiros Logs	

Fonte: Própria, 2023.

Os tempos após cada mudança ainda não foram coletados visto que isso será feito através da construção do modelo computacional com tais sugestões de melhorias ao final da etapa 5, onde será possível ter todas as melhorias levantadas no estudo e então serem colocadas no software de simulação para verificar e validar a melhoria.

- Etapa 4: Otimizar Interno e Etapa 5: Otimizar Externo

A Etapa 4 e 5 consiste em otimizar todas as atividades possíveis, seja ela uma atividade interna ou externa. Para isso foi analisada cada uma das 14 atividades de forma individual para verificar a possibilidade de otimização delas. A partir dessa análise foi feita a descrição do que poderia ser otimizado nestas atividades e apresentados na tabela abaixo.

Quadro 5 – Ações sugeridas para Otimização do Setup Interno e Externo

(continua)

Nº	Atividade	Ação de Otimização
1	Chegada da Nova Ordem de Produção	

Quadro 5 – Ações sugeridas para Otimização do Setup Interno e Externo

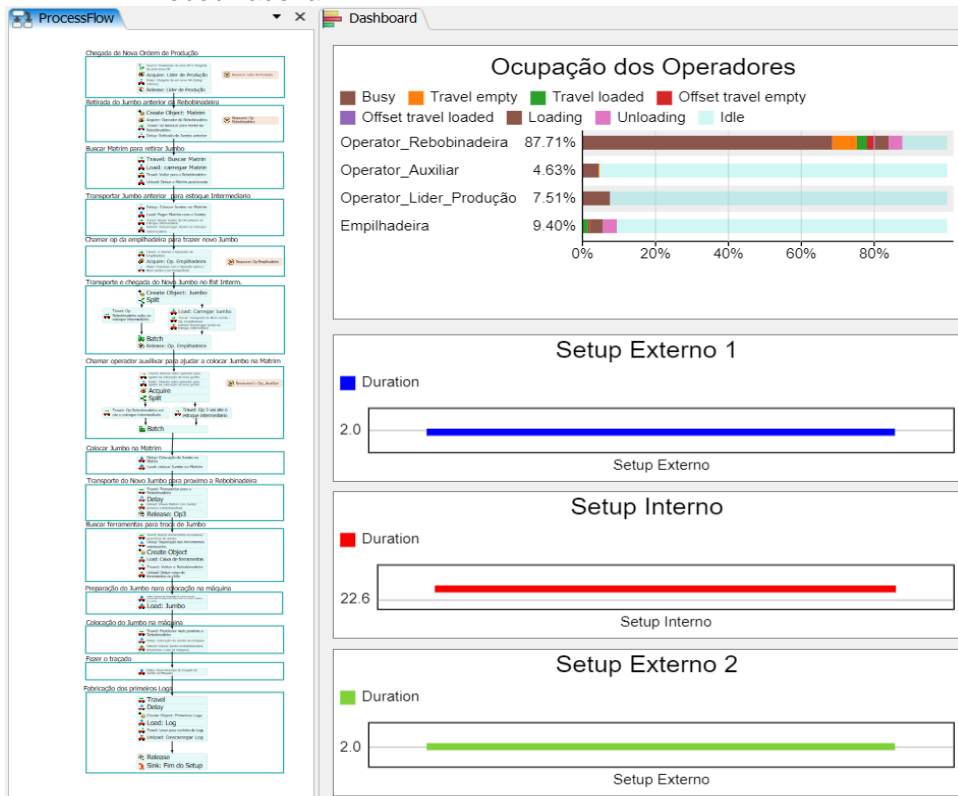
(conclusão)

Nº	Atividade	Ação de Otimização
2	Retirada do Jumbo anterior da Rebobinadeira	
3	Buscar Matrim para retirar Jumbo	Com o Alimentador de linha executando essa atividade ele conseguirá fazer em um tempo menor visto que essa será sua primeira atividade no setup.
4	Transportar Jumbo anterior para o Estoque Intermediário	
5	Chamar operador da empilhadeira para trazer novo Jumbo	Essa atividade não será mais feita pelo Operador e será transferido para o Líder de produção no momento de uma chegada de nova Ordem de Produção, assim, esse tempo será reduzido.
6	Transporte e chegada do Novo Jumbo no estoque intermediário	
7	Chamar outro operador para ajudar colocar o jumbo na Matrim	O próprio Alimentador da linha deverá ficar próximo a máquina para auxiliar o operador nas atividades de Setup interno para reduzir esse tempo
8	Colocar Jumbo na Matrim	
9	Transporte do Novo Jumbo para a próximo a Rebobinadeira	
10	Buscar ferramentas para troca do Jumbo	
11	Preparação do Jumbo para colocar na máquina (Colocar o eixo e reparos no jumbo se necessário)	O alimentador de linha irá ajudar o operador nesse processo que anteriormente era executado sozinho pelo operador
12	Colocação do Jumbo na máquina	
13	Fazer a traçado	O Alimentador da linha irá ajudar o operador nesse processo que anteriormente era feito pelo operador sozinho.
14	Fabricação dos primeiros Logs	

Fonte: Própria, 2023.

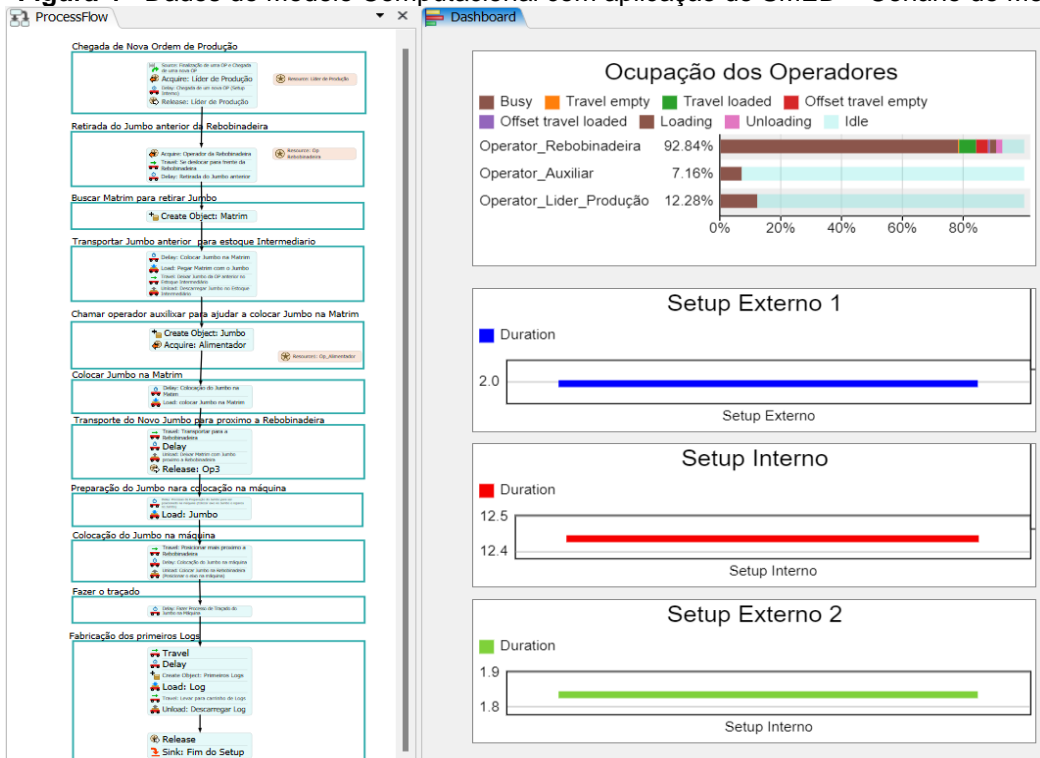
A validação dessas otimizações sugeridas fora realizadas através da simulação computacional no qual foram desenvolvidos dois modelos para comparação, um se refere ao cenário atual da empresa e o outro o cenário de melhoria com as sugestões apresentadas nesse estudo. Os dois modelos são apresentados na imagem a seguir, onde contém do lado esquerdo a lógica do Process Flow e do lado direito os Dashboards de ocupação dos operadores e setups internos e externos.

Figura 3 - Dados do Modelo Computacional do cenário atual de Setup da Rebobinadeira



Fonte: Própria, 2023.

Figura 4 - Dados do Modelo Computacional com aplicação do SMED – Cenário de Melhoria



Fonte: Própria, 2023.

Os dados apresentam indicativos de melhorias entre os dois cenários simulados, sendo o principal a redução do setup interno de 22.6 minutos para 12.4 minutos, tais ganhos são devidos a aplicação do SMED e ações sugeridas dentro deste estudo.

O principal ponto apresentado e analisado dentro do estudo é que a maior parte do setup é realizado pelo único operador de Rebobinadeira, entretanto são atividades que se torna muito desgastante e difícil execução para um único operador. Por ser feito pelo operador da máquina analisada em questão, tal atividade é feita como setup interno com a máquina parada, e, visto o que o SMED recomenda, o setup interno deve ser reduzido ao máximo, dessa forma para tal cenário foi recomendado operador auxiliar para diminuição desse setup interno. Vale destacar que o operador auxiliar já faz parte do quadro de funcionários da empresa e uma vez analisadas suas atividades, foi verificado a possibilidade de inclusão desta nova atividade sem prejuízo dos seus demais processos além de que é um operador que dentro do layout da fábrica, estava próximo a rebobinadeira para execução desta tarefa.

Nesta etapa 5 evidencia-se também a importância da modelagem e simulação para analisar e comprovar problemas em uma linha de produção, assim como propor melhorias para a mesma. Sem a utilização de um software de simulação em estudos de SMED é possível propor as sugestões de melhorias, porém não é possível mensurar os ganhos relacionado a redução do tempo de setup, redução do deslocamento e outros sem a interrupção da linha de produção ou reprodução das melhorias em ambiente real, seja ela na fábrica ou ambiente adaptado para testar as sugestões propostas. Dessa forma a simulação teve papel fundamental neste estudo uma vez que possibilitou visualizar, mensurar e validar as melhorias propostas na aplicação do SMED sem a necessidade de interrupção da linha de produção, mostrando que a simulação e ferramentas como o SMED pode ser utilizadas em conjunto, uma completando a outra, e facilitando esse tipo de aplicação da teoria.

- Etapa 6: Padronizar

Para a etapa de padronização foi desenvolvido e sugerido a utilização de uma folha de verificação para a operação de Setup da máquina onde contém algumas etapas a serem verificadas no momento em que antecede o processo de setup para agilizar todas as etapas possíveis antes da paralisação da máquina e reduzir o setup

interno. A folha de verificação é vista na figura abaixo e conta com as atividades a serem verificadas e confirmadas e caso contrário elas devem ser feitas o mais rápido possível para não se tornar o setup mais demorado.

Quadro 6 - Folha de verificação para Setup da Rebobinadeira

Folha de Verificação para operação Setup				Cliente:	
				Data:	
				Item:	
Condição	Item	Item a verificar	Responsável	Sim	Não
1. Verificação Preliminar	1	Verificou a chegada de Jumbo no Estoque Intermediário?	Líder de Produção		
	2	Transporte de Jumbo para estoque intermediário (Caso não esteja já posicionado)	Operador da Empilhadeira		
	3	A Matrim está próxima a Rebobinadeira?	Alimentador		
	4	A caixa de ferramentas do Setup está próxima à máquina?	Alimentador		
	5	O Alimentador está posicionado próximo a máquina no momento próximo ao setup?	Alimentador		
LIBERADO PARA SETUP?			Resp.:		

Fonte: Própria, 2023.

Além da folha de verificação é sugerido também a adoção de um carrinho de ferramentas de setup com rodinhas que facilita o transporte dessas ferramentas, tornando mais fácil e rápido esse transporte além de possibilitar uma melhor organização das ferramentas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo propôs-se a aplicação do SMED para diminuição do tempo de setup em uma máquina Rebobinadeira de fitas adesivas sendo que para a validação dessa aplicação utilizou-se o software de simulação computacional Flexsim. O SMED é uma ferramenta de fácil aplicação quando se entende seus conceitos e passos de aplicação e pode levar a grandes ganhos de produtividade uma vez que o tempo reduzido no Setup será convertido em produção.

Os tempos de Setup Atual e após a aplicação do SMED obtidos através da simulação computacional do presente estudo são apresentados a seguir:

Setup Atual = 26 min

Setup com aplicação do SMED = 16,2 min

Após a aplicação do estudo e dos tempos obtidos é possível realizar a análise comparativa do cenário atual e cenário de melhoria proposto. É possível perceber que, apenas com a aplicação da teoria e passos a passos do SMED, ocorreu a redução do setup de 26 minutos para 16,2 minutos, ou seja, diminuição de 9,8 minutos no setup, representando uma redução de 37,7% no tempo total dessa atividade, tempo esse que antes era perdido e agora pode ser convertido em produção.

Levando em consideração que em cada turno de trabalho que dura 8 horas é realizado 2 setups na Rebobinadeira é possível calcular o aumento da produção por turno. É importante considerar e ressaltar que a empresa possui diferentes tipos de fitas em seu portfólio, o que representa diferentes tempos de ciclos e taxa de produção distintas para cada uma delas, dessa forma para realizar os cálculos de aumento de produção por turno será considerado dois diferentes taxa de produção de fitas sendo eles o de 30 segundos (fitas com metragem menor de 5 metros) e 2 minutos (fitas com metragem maior de 30 metros). A vista disso, para as fitas de 5 metros a redução de setup através da aplicação do SMED representou um aumento de 46 logs por turno, que anteriormente produzia 840 logs e passou a ser 896. Para as fitas com metragem maior de 30 metros a produção de Logs passou de 214 para 224, ou seja, um aumento de 10 logs a mais produzidos no fim do turno. Sendo assim, com este novo cenário proposto, a empresa reduz o setup e ganha um aumento de produção de 6,67% a 4,67% de logs a mais por turno.

Os ganhos não se referem somente a diminuição de tempo de setup e aumento de produção como também leva ao menor desgaste físico ao operador da Rebobinadeira nesta atividade, torna o processo de setup mais padronizado, organizado e gera ganhos de produção, conseqüentemente ganhos financeiros a empresa. Destaca-se que estudos como esse não necessitam de grande investimento, porém geram bons resultados, necessitando somente da dedicação de tempo para aplicar a ferramenta e fazer o estudo. Outro ponto importante a ser citado nesse estudo é a utilização da Modelagem e Simulação como um validador das melhorias sugeridas em um ambiente virtual para posteriormente, caso o resultado for positivo, ser implantado no ambiente fabril, sem a necessidade de paralisação da linha para testar melhorias e impactar negativamente na produtividade da linha de produção. Além disso, a simulação permite o levantamento

de um ou mais cenários de melhorias para comparações entre diversas sugestões de melhorias e verificação do melhor cenário possível.

Trabalhos como esse mostram a importância da teoria, referências bibliográficas e artigos científicos de outros estudos que servem como base para estudos como esse e validam a aplicação do conceito de SMED, se mostrando uma ferramenta bastante útil e eficiente para aplicação nas mais diversas áreas industriais. Para trabalhos futuros é sugerido também a análise ergonômica das atividades de setup para diminuir os riscos à saúde do operador da Rebobinadeira e desgaste durante esse processo. O SMED juntamente com a ferramenta de simulação computacional se mostrou como bons aliados e sugere-se também, para trabalhos futuros, a aplicação do SMED de forma conjunta com a Modelagem e Simulação como foi feito neste estudo.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa, realizada no âmbito do Projeto Samsung-UFAM de Ensino e Pesquisa (SUPER), de acordo com o Artigo 39 do Decreto nº10.521/2020, foi financiada pela Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda, nos termos da Lei Federal nº8.387/1991, através do convênio 001/2020 firmado com a UFAM e FAEPI, Brasil.

REFERÊNCIAS

BOTELHO, J. M.; CRUZ, V. A. G. DA. **Metodologia científica**. 1 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

CAPTERRA. **Tudo sobre Software de Simulação**. 2023. Disponível em: <https://www.captterra.com.br/directory/30607/simulation/software>. Acesso em: 9 mar. 2023.

EVANGELISTA, G. M. S.; ARIMITSU, L. K.; LIMA, A.; CORRER, I. Benefícios da aplicação da metodologia SMED para a redução de tempo de setup em células de manufatura de Usinagem. **Exacta**, v. 1, n. 19, p. 188-209, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.v19n1.10828>

FLEXSIM. **Flexsim Problem Solved**, 2022. Disponível em: <https://www.flexsim.com/pt/>. Acesso em: 9 mar. 2023.

HENRY, John R. **Achieving Lean Changeover: putting SMED to work**. New York: CRC Press, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1201/b12945>

HERR, Karsten. **Quick Changeover Concepts Applied**: dramatically reduce set-up time and increase production flexibility with SMED. New York: CRC Press, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1201/b16103>

JEFTENIC, B. I.; BEBIC, M. Z. Realization of Rewinder With a Reduced Number of Sensors. **Ieee Transactions On Industrial Electronics**, v. 57, n. 8, p. 2797-2806, ago. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1109/tie.2009.2036638>

MAESTRELLI, Nelson. **Redução dos tempos de Setup**: um caso de sucesso. um caso de sucesso. 2017. Disponível em: <https://www.projetosdeestamos.com.br/post/2017/09/20/redu-c3-a7-c3-a3o-dos-tempos-de-setup-um-caso-de-sucesso>. Acesso em: 5 mar. 2023.

MORAIS, Ana Maria; NEVES, Isabel. Fazer investigação usando uma abordagem metodológica mista. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 20, n. 2, pp. 75-104, 2007.

NICOLA, Angelo de Souza; FAGUNDES, Flavio Perego; GALDINO, Luciano. Controle de rebobinadeira de máquina flexográfica por meio de inversor de frequência e potenciômetro. **Revista Acadêmica**, v. 2, n. 16, p. 214-225, 2015. Disponível em: http://www.fics.edu.br/index.php/augusto_guzzo/article/view/295. Acesso em: 12 mar. 2023.

PARISOTTO, Cássio; PACHECO, Diego Augusto de Jesus. Método SMED: estudo de caso, análise crítica e aperfeiçoamento. **Universo Acadêmico**, v. 8, n. 1, p. 143-164, 2015. DOI: <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i60.495>

SAMPAIO, M. G.; TREVISAN, F. Z. **Análise e estudo da aplicação de softwares de modelagem e simulação industrial e de processos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. p. 92. 2017. DOI: <https://doi.org/10.18605/2175-7275/cereus.v10n2p12-25>

SANTOS, R. M. *et al.* Utilização da Modelagem e Simulação com Flexsim para redução do tempo de espera no atendimento de um Hospital público. *In*: IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, Juazeiro, v. 1-16, 2018. DOI: <https://doi.org/10.29327/9simep.349960>

SHINGO, Shigeo. **A Revolution in Manufacturing**: The SMED System. New York: CRC Press, 1985. Tradução de Andrew P. Dillon.

REIS, A. N. **Simulação de Operações de carregamento em um terminal de Distribuição de Combustíveis**. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. p. 73. 2016. DOI: https://doi.org/10.14488/enegep2018_tn_sto_258_484_35421

VOITH. **Catálogo eletrônico**. Disponível em: <https://voith.com/corp-en/about-us/markets-locations/brazil-pt.html>. Acesso em: 5 jan. 2023.

Vitória de Melo Freires

Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas, tem como áreas de atuação a Pesquisa Operacional, Simulação de Processos e Sistemas de Produção Inteligentes, desenvolvendo atividades de melhoria em empresas do Polo Industrial de Manaus.

Gabrielly dos Santos Gil

Bacharelanda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas, tem como áreas de atuação Sistemas de Produção Inteligentes e Engenharia da Sustentabilidade, desenvolvendo atividades de melhoria em esferas do governo do estado do Amazonas.

Cibelle Lima Pereira Nery

Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas, tem como áreas de atuação a Logística, Aprendizado de Máquina e Sistemas de Produção Inteligentes, desenvolvendo atividades de melhoria em empresas do Polo Industrial de Manaus.

Marcelo Albuquerque Oliveira

Engenheiro Eletricista de formação, é Pós-doutor em Ciências Empresariais, com linha de pesquisa voltada para Economia Circular e Sustentabilidade pela Universidade Fernando Pessoa (Portugal). Possui Ph.D. em Engenharia Industrial e Sistemas pela Universidade de Minho (Portugal) e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas. Tem experiência na área industrial, com ênfase em Manutenção em equipamentos de processos produtivos, Automação de Processos, Gestão da Produção, Qualidade e Manufatura Enxuta, além da experiência em liderança de equipes. Membro do Grupo Gestor do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Professor do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas.

Gabriela de Mattos Veroneze

Doutora em Engenharia de Produção pela North Carolina Agricultural and Technical State University e Bacharel em Engenharia Química pela PUCPR. Tem como áreas de pesquisa Projeto e Produção de Produto com foco em economia circular e produção de equipamentos médicos, Pesquisa Operacional na área de gestão de ajuda humanitária. Membro do Grupo Gestor do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Professor do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas.



Artigo recebido em: 27/03/2023 e aceito para publicação em: 20/07/2023

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v23i1.4876>