

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TAMIRIS BRAGA DA FONSECA

**PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE *SETUP* EM UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE TABLETES DE CHOCOLATE NO SUL DO
BRASIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2017

TAMIRIS BRAGA DA FONSECA

**PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE *SETUP* EM UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE TABLETES DE CHOCOLATE NO SUL DO
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski

PONTA GROSSA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

Proposta para redução de tempo de *setup* em uma linha de produção de tabletes de chocolate no sul do Brasil

por

Tamiris Braga da Fonseca

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 23 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski

Prof. Orientador

Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia

Membro titular

Prof. Dra. Joseane Pontes

Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

FONSECA, Tamiris Braga da. **Proposta para redução de tempo de *setup* em uma linha de produção de tabletes de chocolate no sul do Brasil**. 2017. 78 Páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

O presente trabalho tem como objetivo propor ações de melhoria para redução do tempo de *setup* de uma linha de tabletes de chocolate presente em uma empresa alimentícia no sul do Brasil através do uso de técnicas e conceitos da ferramenta SMED. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica com a consulta de artigos sobre a ferramenta e sua aplicação através de plataformas de base de dados científicos (Periódico CAPES, *Scielo*, *ScienceDirect*). Após o levantamento bibliográfico, foi realizada a coleta de dados na empresa em dois momentos: observação sem cronometragem e observação com cronometragem. Além das cronometragens foi realizada uma entrevista com o líder da linha e análises dos históricos de tempos de *setups* anteriores. Com a resposta do questionário e os tempos das atividades desempenhadas pelos operadores durante o *setup* foram identificados os equipamentos com tempos de *setup* mais críticos e criada a base de dados para a aplicação da ferramenta. Após a aplicação da ferramenta SMED foram sugeridas ações de melhorias para a diminuição do tempo total de *setup* da linha. As principais ações propostas foram: padronização das atividades durante o *setup*, implementação de carrinhos com materiais necessários para cada operador, peças com engate rápido, compra de peças extras para substituição e paralelização no uso dos equipamentos. As ações propostas podem permitir a diminuição de aproximadamente 70,58% do tempo de *setup* da linha, representando 25,33 horas no mês.

Palavras-chave: SMED. *Setup*. *Changeover*. Produção Enxuta.

ABSTRACT

FONSECA, Tamiris Braga da. **Proposed improvement actions to reduce setup time of a line of chocolate bars in the south of Brazil**: 2017. 78 Pages. Term Paper - Graduate Program in Production Engineering, Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2017.

The present work aimed to propose improvement actions in order to reduce the setup time of a line of chocolate bars present in a food company in the south of Brazil through the use of techniques and concepts of the SMED tool. For this, a literature review was performed and articles regarding to the SMED tool and its techniques were analyzed through scientific database platforms (CAPES Journal, Scielo, ScienceDirect). After the literature survey, a data collection was performed in the company in two moments, observation without timing and observation with timing. In addition, analyzes of previous setups times and a questionnaire with the leader of the line was performed. With the questionnaire responses and the times of the activities performed by the operators during the setup were identified the equipment with the most critical setup times and created the database necessary for the tool application. After the application of the SMED tool, improvement actions were suggested aiming the total setup time reduction. The main actions proposed were: the standardization of activities during setup, implementation of carts with the necessary materials for each operator, the parts with quick champs, the purchase of extras parts for replacement and the parallelization in the use of equipment. The proposed actions may allow the reduction of approximately 70.58% of the line setup time, representing 25.33 hours in the month.

Keywords: SMED. Setup. Changeover. Lean Manufacturing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma da estrutura do trabalho	14
Figura 2: Fluxograma para aplicação das oito técnicas do SMED.....	29
Figura 3: estágios conceituais e técnicas de operacionalização.....	31
Figura 4: Mapeamento do fluxo de fabricação dos tabletes de chocolate	38
Figura 5: Área de fabricação dos tabletes de chocolate	39
Figura 6: Área de embalagem dos tabletes de chocolate	40
Figura 7: Contraste de tempo de setup da linha com cronometragem não detalhada	41
Figura 8: Tempo total de setup por equipamento	43
Figura 9: Tempos de setup dos equipamentos na cronometragem observada	44
Figura 10: Estágio conceitual 1	53
Figura 11: Estágio conceitual 2	54
Figura 12: Estágio conceitual 3	59
Figura 13: Estágio conceitual 4	62
Figura 14: Redução esperada de tempo dos equipamentos priorizados	68
Quadro 1: Os sete tipos de desperdício (continua).....	18
Quadro 2: Ferramentas mais utilizadas na produção enxuta (continua).....	22
Quadro 3: Aplicações de SMED na indústria	33
Quadro 4: Número de Operadores por equipamento.....	42
Quadro 5: Propostas de ações de melhoria no tempo de <i>setup</i> (continua)	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Funções no processo de <i>setup</i>	26
Tabela 2: Classificação das perdas do dosador de massas de acordo com os <i>muda</i>	46
Tabela 3: Classificação das perdas do dosador de recheio de acordo com os <i>muda</i>	48
Tabela 4: Classificação das perdas do Pulmão de acordo com os <i>muda</i>	50
Tabela 5: Classificação das perdas das Esteira Embalagem de acordo com os <i>muda</i>	52
Tabela 6: Classificação de <i>setup</i> do Dosador de Massa	55
Tabela 7: Atividades do <i>setup</i> de acordo com os <i>muda</i> – Dosador de Massa	55
Tabela 8: Classificação do <i>setup</i> do Dosador de Recheio.....	56
Tabela 9: Atividades do <i>setup</i> de acordo com os <i>muda</i> – Dosador de Recheio.....	56
Tabela 10: Classificação do <i>setup</i> do Pulmão	57
Tabela 11: Atividades do <i>setup</i> de acordo com os <i>muda</i> – Pulmão	57
Tabela 12: Classificação do <i>setup</i> das Esteiras Embalagem	58
Tabela 13: Atividades do <i>setup</i> de acordo com os <i>muda</i> – Esteiras Embalagem	58

LISTA DE SIGLAS

ABICAB	Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim balas e derivados
SE	<i>Setup</i> Externo
SI	<i>Setup</i> Interno
STP	Sistema Toyota de Produção
TPM	Manutenção Produtiva Total
TRF	Troca Rápida de Ferramentas

LISTA DE ACRÔNIMOS

SMED *Single Minute Exchange of Die*

JIT *Just-in-time*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo Geral.....	12
1.1.2 Objetivos Específicos.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 HISTÓRICO DO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	16
2.2 CONCEITOS E PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	18
2.3 TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO ENXUTA.....	22
2.4 DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DO SMED.....	24
2.5 OITO TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE TEMPO DE <i>SETUP</i>	25
2.6 OS QUATRO ESTÁGIOS CONCEITUAIS DO SMED.....	29
2.7 EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DE SMED NA INDÚSTRIA.....	32
3 METODOLOGIA.....	35
3.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS BIBLIOGRÁFICOS.....	35
3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA.....	35
3.3 MAPEAMENTO DO PROCESSO E LEVANTAMENTO DE DADOS.....	36
3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS COLETADOS.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
4.1 ANÁLISE DA EMPRESA.....	38
4.1.1 Fabricação.....	39
4.1.2 Embalagem.....	39
4.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DURANTE O <i>SETUP</i> DA LINHA.....	41
4.2.1 Priorização de equipamentos e cronometragem do tempo de <i>setup</i>	42
4.2.2 Classificação das atividades nos <i>Muda</i>	45
4.3 APLICAÇÃO DAS OITO TÉCNICAS DENTRO DOS QUATRO ESTÁGIOS CONCEITUAIS DO SMED.....	53
4.3.1 Estágio 1: <i>Setup</i> interno e externo não são diferenciados.....	53
4.3.2 Estágio 2: Separar <i>setup</i> interno e externo.....	54
4.3.3 Estágio 3: Converter <i>Setup</i> Interno em Externo.....	59
4.3.4 Estágio 4: Simplificação de todos os aspectos.....	62
4.4 PROPOSTAS DE MELHORIA.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
APÊNDICE A - FOLHA DE OBSERVAÇÃO DE TEMPO DE <i>SETUP</i>.....	75
APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA.....	77

1 INTRODUÇÃO

No contexto atual, as indústrias têm vivenciado grandes mudanças na gestão de seus negócios. Estar inserido num mercado extremamente competitivo exige que as empresas atendam sua demanda de forma efetiva para continuarem atuando em seu seguimento.

Empresas que atuam no ramo de tabletes de chocolate que produzem em grande escala e possuem um grande *mix* de produtos costumam implementar métodos que ajudam a manter e aumentar a qualidade do produto, aumentando consequentemente a satisfação dos seus clientes e consumidores.

Neste cenário, as ferramentas de *Lean Manufacturing* se mostram importantes, uma vez que o sucesso das indústrias está intimamente ligado com sua capacidade de produzir e atender a diferentes tipos de demanda. As ferramentas *Lean* possibilitam que as empresas tenham uma visão ampla e mais clara em relação aos seus recursos externos e internos e a observarem a importância de possuir uma resposta eficiente em relação as mudanças constantes do mercado. Elas são responsáveis por identificar e eliminar desperdícios através da melhoria contínua, possibilitando o aumento de flexibilidade das empresas (WOMACK, JONES e ROOS, 1992).

O aumento da demanda por flexibilidade leva a um aumento significativo na frequência de *setups*. O tempo *setup* ou *changeover* como é tratado por alguns autores (KING, 2009; SOUZA et al., 2009; KARASU, 2014), é definido como o tempo necessário para a preparação da máquina antes de começar a produzir novamente depois da mudança completa entre a fabricação de um determinado produto para outro alternativo (MCINTOSH et al. 1996). Desta forma, a melhoria do tempo de *setup* se mostra cada vez mais importante dentro das empresas uma vez que com tempos de *setup* menores, a eficiência da máquina aumenta consideravelmente, já que a mesma ficará ociosa por menos tempo.

Dentro das ferramentas *Lean*, a metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) ou Troca Rápida de Ferramentas (TRF) busca reduzir e simplificar o tempo de *setup* das máquinas. O *setup* é um exemplo típico de desperdício, uma vez que é uma atividade que não agrega valor e, portanto, deve ser reduzido para o menor valor possível (SOUSA et al., 2009).

A empresa estudada no presente trabalho atua no ramo de tabletes de chocolates e possui uma grande variedade de produtos em seu portfólio. Desta maneira, em frente a grande demanda por flexibilidade que advém dos consumidores (produção de lotes cada vez menores), a empresa entendeu que o tempo despendido em atividades que não agregam valor no processo geram perdas de tempo e recursos, o que afeta diretamente a produtividade e consequentemente o lucro da empresa, pois a cada minuto que a linha não produz, ela não vende.

Dentre as principais atividades realizadas na linha estudada no trabalho, a parada para o *setup* é a que representa o maior tempo de finalização e desta forma é a atividade que apresenta o maior potencial de desperdícios, sendo o próprio *setup* considerado um desperdício. Desta maneira, o presente trabalho busca responder a seguinte pergunta problema: Quais ações se mostram efetivas para a redução do tempo total de *setup* em uma linha de fabricação de tabletes de chocolate através do uso da ferramenta SMED?

1.1 OBJETIVOS

Para responder à pergunta problema foram traçados os objetivos:

1.1.1 Objetivo Geral

Propor ações de melhorias para a redução do tempo total de *setup* durante o *changeover* em uma linha de fabricação de tabletes de chocolate presente em uma empresa alimentícia.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Levantar dados de atividades realizadas durante o *setup* com cronometragem das atividades realizadas na linha para mapeamento do processo;
- Aplicar a ferramenta SMED após análise de dados levantados na linha;
- Analisar resultados do SMED para direcionar as ações;

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se pela importância do tema frente a necessidade de melhorias do tempo de *setup* dentro das empresas, pelo uso de uma metodologia aprendida no curso de Engenharia de Produção na prática e pelo compartilhamento do conhecimento adquirido para outras empresas, academia e sociedade em geral.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, balas e derivados, ABICAB, o Brasil é o terceiro maior consumidor e produtor de chocolates no mundo, com consumo per capita de 2,5 kg/ano. De janeiro a setembro de 2015, o país apresentou uma produção 10% mais baixa comparada ao mesmo período de 2014, que segundo o vice-presidente da ABICAB, Ubiracy Fonseca, é uma consequência da atual crise vivenciada pelo país. Como consequência, a quantidade demandada de produtos por consumidores e clientes se torna menor, exigindo que as empresas fabriquem lotes menores para que continuem atendendo as necessidades dos consumidores.

A empresa estudada tem como princípio garantir a qualidade e segurança dos seus produtos satisfazendo assim seus clientes e consumidores. Para oferecer produtos que atendam cada vez mais a necessidade do mercado, a empresa entende que a eliminação de perdas - de tempo ou de recursos - deve ser uma prioridade.

A linha escolhida para a aplicação do estudo na empresa, apresenta o maior tempo de *setup* da fábrica e desta forma é a que fica mais tempo parada. O tempo de *setup* é considerado um desperdício uma vez que as atividades realizadas durante esse período não agregam valor, caracterizando-se assim como perda. Com a aplicação da ferramenta SMED as perdas referentes a esse processo podem ser diminuídas e desta forma proporcionar maior flexibilidade para a empresa, ganho de produtividade e lucro, melhoria nos indicadores internos de produção e diminuição no tempo ocioso dos equipamentos.

Os conceitos da metodologia SMED são apresentados na disciplina de Planejamento e Controle da Produção do curso de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Neste sentido, o estudo mostra-se importante quando utiliza um conceito aprendido na academia e aplica-se na prática visando o aprendizado e a melhoria de uma situação real.

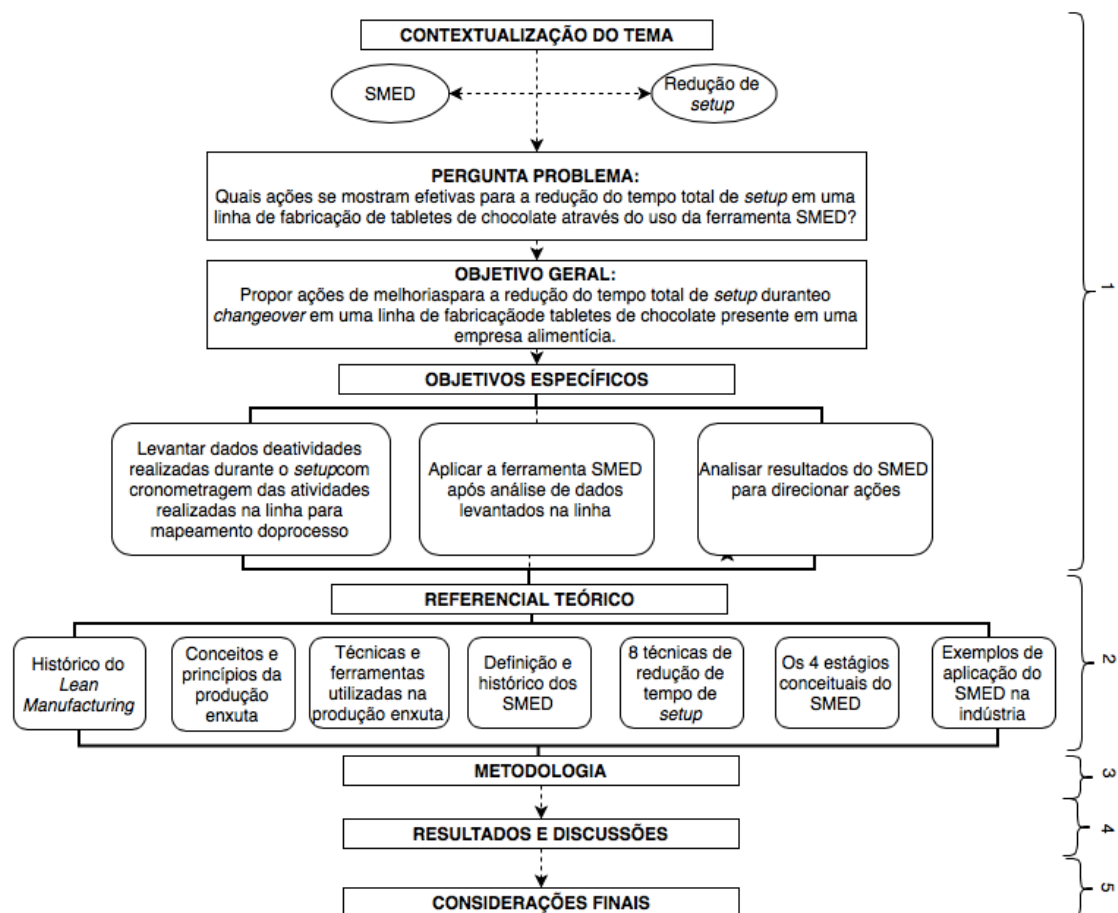
No sentido do compartilhamento do conhecimento, o presente trabalho visa de forma clara e objetiva, compartilhar os métodos utilizados para a implementação da metodologia, o conhecimento adquirido e as propostas de ações de melhoria. Desta forma, outras empresas que busquem atingir o mesmo objetivo consigam se basear e extrair as informações que as ajudem a replicar o estudo.

Por fim, o presente trabalho justifica-se pela importância do tema frente as necessidades das empresas em relação a diminuição do tempo de *setup*, bem como pela aplicação do aprendizado adquirido na universidade.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho estrutura-se de maneira linear visando apresentar todos os pontos necessários para entendimento do problema proposto. A estrutura tratada no trabalho é demonstrada conforme Figura 1.

Figura 1: Fluxograma da estrutura do trabalho



Fonte: Autoria própria

O primeiro capítulo do estudo apresenta a contextualização do tema além de expor o objetivo geral e os objetivos específicos, bem como a relevância do estudo proposto.

No segundo capítulo é apresentado todo o embasamento teórico que fundamentaram a pesquisa. O capítulo abrange desde o histórico do *Lean Manufacturing*, onde traz seus conceitos e ferramentas até o aprofundamento da ferramenta SMED utilizada no presente trabalho.

O terceiro capítulo apresenta o delineamento da pesquisa, a metodologia utilizada para a coleta de dados, a contextualização da empresa estudada, o mapeamento do processo necessários para levantar os dados para o estudo e a análise dos resultados coletados.

O próximo capítulo apresenta o estudo de caso realizado a partir das informações coletadas. Nele, a linha estudada é exemplificada e em seguida baseado nos dados e informações coletadas a ferramenta SMED é aplicada a fim de atingir o objetivo geral do trabalho.

Por fim, as considerações finais do trabalho são dispostas no quinto capítulo, que tem por finalidade analisar e declarar se os objetivos propostos no estudo foram alcançados, além de levantar oportunidades para estudos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fim de uma melhor compreensão do trabalho proposto, este capítulo apresentará conceitos básicos necessários para esclarecimento do tema abordado. O capítulo contém um breve histórico do *Lean Manufacturing*, seus conceitos, princípios e pilares e as principais ferramentas utilizadas na metodologia *lean*.

2.1 HISTÓRICO DO *LEAN MANUFACTURING*

O termo *Lean Manufacturing*, traduzido para o português como Produção Enxuta foi difundido através do livro “*A Máquina que Mudou o Mundo*” dos autores Womack, Jones e Roos (1992), obra baseada na pesquisa *International Motor Vehicle Program* (Programa Internacional de Veículos Automotores) realizado pela *Massachusetts Institute of Technology* (HOLWEG, 2007).

A Produção Enxuta surgiu na *Toyota Motors Company*, uma empresa automobilística do Japão, e foi desenvolvida ao longo de 30 anos com o nome de Sistema Toyota de Produção (STP). Seu início deu-se após término da Segunda Guerra Mundial, onde devido à necessidade de melhorar o sistema de produção da *Toyota* que estava a beira de um colapso, Eiji Toyoda, engenheiro da *Toyota Motors* e sobrinho do fundador da empresa, viajou aos Estados Unidos em 1950 para conhecer o modelo americano de fabricação vigente na época, caracterizado como produção em massa. De volta ao Japão, juntamente com o engenheiro de produção da *Toyota*, Taiichi Ono, perceberam que a produção em massa não funcionaria no país. Então, juntos desenvolveram a filosofia do Sistema Toyota de Produção, mais tarde conhecido como produção enxuta (WOMACK, JONES e ROOS, 1992).

Segundo Guinato (2000), a Produção Enxuta é uma filosofia de gerenciamento que busca otimizar a organização de forma que ela seja capaz de atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, oferecendo ao mesmo tempo alta qualidade e baixo custo, envolvendo e integrando ao mesmo tempo manufatura e todas as outras partes da organização. "Talvez a melhor maneira de descrever tal inovador sistema de produção seja contrastá-lo com a produção artesanal e a

produção em massa, os dois outros métodos de produção concebidos pelo homem" (WOMACK, JONES e ROOS, 1992, p.2).

Para Womack, Jones e Roos (1992), a produção artesanal utilizava-se de trabalhadores altamente qualificados que realizavam trabalhos sob encomenda com ferramentas simples e flexíveis que atendiam todas as expectativas do cliente. Por se tratar de um trabalho realizado minuciosamente, a produção artesanal era cara demais para a maioria dos clientes. Os custos de produção eram altos e não diminuían com o volume produzido, sendo assim, ter um carro era acessível apenas para quem tivesse muito dinheiro.

Após a Primeira Guerra Mundial, como alternativa, Alfred Sloan da *General Motors* e Henry Ford da *Ford*, conduziram a mudança mundial de séculos de produção artesanal para a produção em massa, onde utilizava-se de trabalhadores semi ou não-qualificados para exercerem tarefas repetitivas em máquinas especializadas em uma única função. Devido a baixa versatilidade das máquinas e do alto custo para a mudança na fabricação dos produtos, o processo era mantido padrão o maior tempo possível, reduzindo assim a flexibilidade. Desta forma, com a produção em massa era gerado um altíssimo volume de produtos padronizados e de baixo custo para os clientes (WOMACK, JONES e ROOS, 1992).

Em contrapartida, a produção enxuta utiliza-se de trabalhadores multiqualeificados que desenvolvem diversas tarefas dentro da organização e máquinas automatizadas que permitem uma alta flexibilidade, oferecendo assim uma ampla variedade de produtos para os clientes (WOMACK, JONES e ROOS, 1992). Para Krafcik (1998), a Toyota ao contrário de construir um modelo padrão de produto, conseguiu a capacidade de oferecer uma vasta variedade de produtos através do uso dos princípios de fluxo contínuo, coisa que Ford nunca teria tentado.

De acordo com Womack, Jones e Roos (1992) a produção enxuta deveria ser adotada pelo mundo inteiro, pois propicia um trabalho desafiador e gratificante aos funcionários de todos os níveis da fábrica, oferecendo uma maneira superior de se produzir bens com mais qualidade, variedade e a um menor custo.

Na seção a seguir serão explanados os princípios e conceitos bases que caracterizam a produção enxuta.

2.2 CONCEITOS E PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA

Quebrando os padrões do século passado de produção em massa, o sistema *Lean* atua principalmente sobre os desperdícios dentro das empresas criando um ciclo de melhoria contínua, onde os processos se tornam mais ágeis e organizados (OLIVEIRA e FANDIÑO, 2009). Segundo Womack e Jones (1998), o pensamento enxuto recebe esse nome, pois utiliza-se de cada vez menos recursos para se fabricar cada vez mais, conseguindo ao mesmo tempo oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam.

Para Menegon, Nazareno e Rentes (2003), o STP é um sistema de gerenciamento cujo propósito é aumentar o lucro da empresa através da eliminação de desperdícios e redução de custos, sendo estes alcançados com a identificação e eliminação de atividades que não agregam valor ao produto.

Taiichi Ohno (1997) definiu os sete tipos de desperdício que devem ser identificados para a implementação da produção enxuta nas empresas. Os desperdícios por ele identificados, em japonês, os *Muda*, são definidos como qualquer atividade humana que se utiliza de recursos, mas não agrega valor. Para o autor, o principal objetivo da produção enxuta é eliminar todos os tipos de *muda*. Para GUINATO (2000), as definições dos sete tipos de desperdício são descritas no quadro abaixo.

Quadro 1: Os sete tipos de desperdício (continua)

Tipo de Perda	Definição
Superprodução	A perda por superprodução é considerada a pior de todas as perdas. Ela esconde as outras perdas e é a mais difícil de ser eliminada. A perda por superprodução se divide em dois tipos: perda por produzir demais e por produzir antecipadamente. A primeira se caracteriza pela produção excedente do volume programado ou requerido de peças ou produtos. A segunda é a perda decorrente da produção de peças e produtos antes do momento necessário que ficam estocadas aguardando até serem processadas.

Fonte: Adaptado de (GUINATO, 2000)

Quadro 1: Os sete tipos de desperdício (continuação)

Espera	A perda por espera é caracterizada pelo tempo no qual nenhum tipo de processamento, transporte ou inspeção é realizado. O lote fica parado esperando para seguir em frente dando continuidade ao fluxo de produção. Destacam-se três tipos de perdas por espera: i) Espera no processo: um lote inteiro aguarda o término no processamento do lote anterior até que a máquina e/ou operador estejam disponíveis para o início da operação. ii) Espera no lote: as peças componentes de um mesmo lote aguardam até que as outras sejam processadas. iii) Espera do operador: é a ociosidade gerada quando o operador permanece junto à máquina acompanhando ou monitorando o processo do início ao fim.
Transporte	O transporte é considerado uma atividade que não agrega valor, por isso deve ser encarada como uma perda que deve ser eliminada. A eliminação ou redução da perda por transporte deve ser uma das prioridades no esforço da redução de custo, uma vez que ocupa 45% do tempo total de fabricação de um item.
Próprio Processamento	Esta perda se caracteriza pelas parcelas do processamento que poderiam ser eliminadas sem afetar as funções e características básicas do produto ou serviço. Situações em que o desempenho do processo não se encontra na condição ideal também podem ser consideradas como perda no próprio processamento.
Estoque	É a perda sob forma de estoque de matéria-prima, material em etapa de processamento e produto acabado. A grande dificuldade em combater os estoques é o pensamento de vantagem que eles proporcionam frente ao "alívio" dos problemas de sincronia entre os processos.
Movimentação	É a perda referente a movimentação desnecessária dos operadores realizados durante a execução de uma operação.
Fabricação de Produtos Defeituosos	A perda por fabricação de produtos defeituosos é caracterizada pela fabricação de produtos que apresentem as características de qualidade fora da especificação ou dos padrões pré-estabelecidos, não satisfazendo os requisitos de uso.

Fonte: Adaptado de (GUINATO, 2000)

O Quadro 1 descreve os sete tipos de desperdício encontrados nas operações definidos por Taiichi Ohno (1997). A partir de suas definições é possível um melhor entendimento das características de cada tipo de perda.

Para Womack e Jones (1998) entender os tipos de *muda* é essencial para sua identificação. A partir disso, os autores definem cinco princípios essenciais que a mentalidade enxuta se baseia que ajudam na identificação e eliminação dos *muda*. São eles:

- a) Valor: o valor é definido como ponto de partida essencial para o pensamento enxuto. Ele só pode ser definido pelo cliente final e só é significativo quando é expresso em termos de um produto ou serviço que atenda as expectativas do cliente. O valor é criado pelo produtor através da melhoria contínua no processo e nos produtos, que conduzem a uma redução dos custos e na obtenção de lucro.
- b) Cadeia de Valor: A cadeia de valor é definida como o conjunto de todas as ações específicas e necessárias para um produto ou serviço passarem pelas três tarefas gerenciais: i) tarefa de solução de problemas - onde os problemas do projeto inicial são resolvidos; ii) tarefa de gerenciamento da informação - recebimento do pedido até a entrega; iii) tarefa de transformação física - que vai da matéria-prima até o produto final. A análise da cadeia de valor é onde se separa a cadeia produtiva e os processos em três tipos, os que geram valor, as que não geram valor, mas são importantes ou inevitáveis e finalmente as que não geram valor e devem ser imediatamente eliminadas.
- c) Fluxo: o fluxo exige uma mudança na mentalidade das pessoas de maneira que permita a "fluidez" do processo. Nesse princípio, a ideia de que a produção separada por departamentos é a melhor opção deve ser deixada de lado. O fluxo contínuo das tarefas permite que elas sejam efetuadas eficientemente, desde a matéria-prima até o produto acabado.
- d) Produção Puxada: a produção puxada é a inversão do fluxo produtivo, ao contrário das empresas empurrarem seus produtos para os clientes elas deixam que o cliente "puxe" os produtos delas, desta maneira reduzindo estoques e valorizando o produto.
- e) Perfeição: é o quinto e último princípio do pensamento enxuto. Todos os outros quatro princípios interagem de forma poderosa permitindo que cada vez mais o processo se torne perfeito. Todos os envolvidos no fluxo de valor (distribuidores, clientes, funcionários) devem conhecer o processo como um todo para que assim descubram as melhores formas de criar valor.

Para Liker (2005) o STP vai muito além do que a simples participação dos funcionários nas sugestões de melhoria dentro da mentalidade enxuta nas empresas, ele estimula, ampara e exige o total envolvimento dos funcionários dentro cultura.

Os quatorze princípios apresentados a seguir, são apresentados por Liker (2005) e representam a base da cultura por trás do Sistema Toyota de Produção aos quais criaram valores, crenças e métodos empresariais que se tornaram uma fonte de vantagem competitiva ao longo dos anos. São eles:

- 1) Basear as decisões administrativas e em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
- 2) Criar o fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
- 3) Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.
- 4) Nivelar a carga de trabalho.
- 5) Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa.
- 6) Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários.
- 7) Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
- 8) Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e processos.
- 9) Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros.
- 10) Desenvolver pessoas e equipes excepcionais e que sigam a filosofia da empresa.
- 11) Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
- 12) Ver por si mesmo para compreender completamente a situação.
- 13) Tomar decisões lentamente por consenso, considerando todas as situações por completo.
- 14) Tornar-se de uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável e da melhoria contínua.

Para o autor, o entendimento dos quatorze princípios é um bom ponto de partida para todos aqueles que desejam implementar o pensamento enxuto em suas empresas, desta forma caminhando para uma vantagem competitiva sustentável.

Na próxima seção serão apresentadas as técnicas e ferramentas utilizadas na produção enxuta.

2.3 TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO ENXUTA

Segundo Elias e Magalhães (2003), para que a produção enxuta possa ser implantada, a fábrica deve adotar algumas técnicas, que juntas, a tornam possível. Essas técnicas buscam eliminar todas as atividades que não agregam valor. No Quadro 2 serão apresentadas breves descrições de algumas das ferramentas mais utilizadas na produção enxuta. A metodologia SMED que será utilizada no presente trabalho será melhor abordada no capítulo 3.

Quadro 2: Ferramentas mais utilizadas na produção enxuta (continua)

Ferramenta	Descrição Básica	Referência
<i>Kanban</i>	Ferramenta para controle da produção. O kanban é um sistema composto por um cartão que circula no chão-de-fábrica vertical e lateralmente, em carrinhos ou caixas que contém instruções que permitem o fluxo de informações entre os postos de trabalho. No cartão encontram-se informações como o a quantidade e os tipos de materiais que cada estação de trabalho está solicitando, e em sentido inverso, a remessa dos materiais e componentes pedidos.	(SANTOS, 2003)
Manufatura celular	A Manufatura Celular é definida pela configuração da fábrica do ponto de vista do arranjo físico em um conjunto de pontos de trabalho que processam famílias específicas de produtos, através de operações sequenciais e diferentes, permitindo assim o fluxo contínuo e mão-de-obra flexível.	(ELIAS e MAGALHÃES, 2003)
Setup rápido (SMED)	O setup rápido é a necessidade da troca rápida de ferramentas visando a produção de produtos em pequenos lotes de maneira econômica e de acordo com as necessidades dos clientes no momento demandado.	(ELIAS e MAGALHÃES, 2003)
5S	O 5s tem o objetivo de promover a limpeza e a organização nos ambientes. O programa deriva de cinco palavras japonesas: que traduzidas significam: utilidade, ordenação, limpeza, saúde e disciplina.	(GONZALES e JUNGLES, 2003)

Fonte: Adaptado de (ELIAS E MAGALHÃES, 2003; CARDOSO, 2010)

Quadro 2: Ferramentas mais utilizadas na produção enxuta (continuação)

Manutenção Produtiva Total (TPM)	A TPM significa a integração entre a manutenção e a produção com o envolvimento dos operadores nas atividades de conservação e limpeza das máquinas que eles executam as operações. A TPM busca de forma contínua: zero quebra de máquinas, defeitos e perdas nos processos.	(SALTORATO e CINTRA, 1999)
<i>Poka-Yoke</i>	<i>Poka-Yoke</i> é um dispositivo à prova de erros, em outras palavras, é garantir que um erro não ocorra.	(AULAKH e GILL, 2008)
<i>Kaisen</i>	<i>Kaisen</i> significa melhoria contínua. É o esforço da introdução de pequenas melhorias no processo contanto com a participação de todos os níveis da organização.	(OLIVEIRA e FANDIÑO, 2009)
<i>Takt-Time</i>	O <i>takt time</i> é definido como o tempo necessário para produzir um produto completamente, baseado na demanda do cliente [1]. É a razão do tempo total disponível de produção por turno pela quantidade demandada por turno [2].	[1] (GUINATO, 2000) e [2] (AULAKH e GILL, 2008).

Fonte: Adaptado de (ELIAS e MAGALHÃES, 2003; CARDOSO, 2010)

As ferramentas descritas no quadro acima compõem uma parcela das ferramentas mais utilizadas para a implementação da produção enxuta. Elas auxiliam na identificação e solução de problemas encontrados nas operações das empresas. Para o estudo proposto a ferramenta escolhida para implementação foi a ferramenta SMED que será tratada no próximo capítulo.

2.4 DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DO SMED

A ferramenta SMED (*Single-Minute Exchange of Die*), traduzida para o português como TRF (Troca Rápida de Ferramentas) é uma das ferramentas da produção enxuta que visa a redução do desperdício nos processos de fabricação. A ferramenta fornece uma rápida e eficiente mudança na fabricação de um produto para outro. Essa mudança rápida ao longo do processo é fundamental para que se torne possível a redução dos tamanhos dos lotes de produção, melhorando assim o fluxo (ULUTAS, 2011).

O termo SMED, segundo Shingo (1985), refere-se à capacidade de realizar os *setups* necessários nas operações em um intervalo de tempo que seja menor do que dez minutos (contenham apenas um dígito). Mesmo que nem todos os *setups* possam literalmente ser realizados num intervalo de tempo de apenas um dígito, o uso da ferramenta possibilita uma diminuição drástica do tempo de *setup* dos que não podem. Para o autor, o SMED é uma abordagem científica de redução de tempo de *setup* que pode ser aplicada em qualquer fábrica e em qualquer tipo de máquina.

A ferramenta SMED foi criada no Japão por volta de 1950 e desenvolvida ao longo de dezenove anos por Shingo (1985) a partir da necessidade resultante da fabricação de lotes menores necessários para atender a flexibilidade que os clientes demandavam. Na década de 50, Shingo foi convidado para realizar um estudo de eficiência na *Toyo Kogyo's Mazda* em prensas de 350, 750 e 800 toneladas que eram utilizadas na estampagem de painéis de carros e não trabalhavam em sua capacidade total. Com o estudo detalhado da prensa de 800 toneladas, o autor concluiu que a prensa trabalhava eficientemente apenas 3% no dia. A partir deste estudo, Shingo sugeriu dois tipos diferentes de *setup*: interno e externo.

Setup Interno (SI): atividades que são realizadas somente quando a máquina está parada.

Setup Externo (SE): atividades que podem ser realizadas enquanto a máquina estiver funcionando.

Com a separação das operações de *setup* interno e externo conseguiu-se reduzir o *setup* interno da *Toyo Kogyo* em 50% (SHINGO, 1996).

Depois de ser convidado para realizar um estudo nas carrocerias da planta principal da *Toyota Motors*, onde reduziu o tempo de *setup* de quatro horas para três minutos, Shingo (1996), criou oito técnicas baseadas nos princípios de separação de *setup* externo e interno que serão apresentadas na seção a seguir.

2.5 OITO TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE TEMPO DE *SETUP*

As realizações dos *setups* são inevitáveis quando em um processo fabrica-se mais que um tipo de produto, porém são indesejáveis, pois a produção é interrompida. Para minimizar o número de *setups* a serem realizados, os fabricantes geralmente optam por realizarem a produção em grandes lotes e conseqüentemente obtêm tempos de *setups* maiores. A fabricação de grandes lotes cria diversos problemas como fluxo lento de informações, aumento na quantidade de produtos em estoque e prazos de entrega maiores, o que geralmente torna a produção inflexível. (TROVINGER e BOHN, 2005).

Van Goubergen (2000) caracteriza diferentes motivos para menores tempos de *setup* em três grupos:

- Flexibilidade: Devido a demanda dos clientes por produtos cada vez mais variados e a diminuição das quantidades de pedidos, a empresa deve ser capaz de reagir rapidamente a essa demanda. Se você precisa produzir lotes pequenos, você precisa de tempos de *setup* pequenos.
- Gargalo - Capacidade: Cada minuto com a máquina parada é considerado desperdício, desta forma os tempos de *setup* devem ser minimizados para aumentar a capacidade de produção.
- Minimização de Custos: Os custos diretos de produção estão intimamente ligados com o desempenho da máquina, sendo assim, o impacto que a redução do *setup* tem sobre o desempenho geral da máquina é facilmente evidenciado.

A qualidade do *setup* é definida por três elementos-chave: aspectos técnicos das ferramentas e equipamentos, a organização do trabalho e o método utilizado para a realização do trabalho. Estes três elementos-chave devem ser otimizados, pois uma "boa qualidade" de *setup* motiva as pessoas que o realizam. Sem motivação, mesmo que a máquina seja desenhada para possuir um *setup* rápido, o método seja o mais eficiente e a organização seja boa, se os operadores não verem a importância para

realizarem, não será realizado um bom *setup* (VAN GOUBERGEN e VAN LANDEGHEM, 2002).

Shingo (1985) define que os tempos de *setup* possuem infinitas variações, pois dependem do tipo de operação e do equipamento que está sendo usado. Mesmo com tantas variações, esses tempos geralmente se enquadram em quatro funções:

Tabela 1: Funções no processo de *setup*

Operação	Proporção de Tempo
Preparação de matérias-primas, dispositivos de montagem, acessórios, etc.	30%
Fixação e remoção de matrizes e ferramentas	5%
Centragem e determinação das dimensões das ferramentas	15%
Processamentos iniciais e ajustes	50%

Fonte: Adaptado de Shingo (1985;1996)

A Tabela 1 distingue e define a proporção de tempo das quatro principais funções dentro do processo de *setup*. A partir da separação dessas funções, Shingo (1996) apresenta oito técnicas da ferramenta SMED que ajudam a reduzir o tempo de *setup* em cada uma delas. São elas:

- Técnica 1 - Separação das Operações de *Setup* Internas e Externas

Nesta técnica identifica-se clara e detalhadamente quais operações atuais devem ser executadas quando a máquina está parada (*setup* interno) e quais delas podem ser realizadas enquanto a máquina está funcionando (*setup* externo). O autor afirma que com a separação e organização do *setup* interno e externo os tempos de *setup* interno podem ser reduzidos de 30% a 50%.

- Técnica 2 - Converter *Setup* Interno em Externo

Esta técnica caracteriza-se como a mais poderosa do SMED. É através dela que os tempos de *setup* inferiores a dez minutos podem ser atingidos. Para a realização desta conversão é necessário um reexame das operações visando a verificação de qualquer etapa que esteja equivocadamente sendo executada como interna e encontrar maneiras para a conversão destes *setups* internos em externos.

- Técnica 3 - Padronizar a Função, não a Forma

Reduzindo os tempos de *setup* consideravelmente, a padronização da forma e do tamanho das matrizes se mostra eficiente, mas é considerada uma perda uma vez que todas as matrizes deverão se adequar ao maior tamanho utilizado, o que aumentaria os custos de forma desnecessária. Por sua vez, a padronização da função demanda apenas a uniformidade nas peças necessárias à operação de *setup*, como por exemplo, adicionar uma placa na borda de fixação da matriz padroniza as dimensões da peça e permite a utilização dos mesmos grampos em diferentes *setups*.

- Técnica 4 - Utilizar Grampos Funcionais ou Eliminar os Grampos

Nesta técnica o autor ressalta a importância do uso de mecanismos de fixação que fixem apenas com um movimento. Segundo o autor, mesmo que o uso de parafusos seja o método mais comum, ele não é eficiente. Para um parafuso ser apertado ele deve ser girado várias vezes quando apenas o último giro é que será eficiente, pois nele o parafuso será fixado. Esses giros desnecessários geram um desperdício de movimento.

Dentre os fixadores funcionais que fixam em apenas um giro, estão incluídos o método da braçadeira e o do rasgo em U. Segundo o autor, métodos que utilizam o uso de cunhas, ressaltos e prendedores ou molas ou quaisquer mecanismos que encaixem e unam duas partes podem reduzir o tempo de *setup* para apenas alguns segundos.

- Técnica 5 - Usar Dispositivos Intermediários

Nesta etapa o autor explica que algumas das esperas que acontecem devido aos ajustes realizados durante o *setup* interno podem ser eliminadas com o uso de dispositivos padronizados. Enquanto o dispositivo está processando a primeira peça, a próxima é centrada e presa a um segundo. Quando a primeira peça termina de ser processada, a peça que está presa ao segundo dispositivo é facilmente instalada na máquina e começa a ser processada. Desta forma, apenas os dispositivos são trocados na hora do *setup*, sem que precisem ser fixados e ajustados com a máquina parada. Grampos são utilizados para instalar os dispositivos de maneira rápida e fácil.

- Técnica 6 - Adotar Operações Paralelas

Nesta técnica o autor fala sobre as operações realizadas durante o *setup* em duas partes diferentes da máquina, operações que devem ser realizadas por exemplo, na lateral esquerda e direita da máquina. Shingo (1996) ressalta que com apenas um operador executando as operações, muito tempo e movimento serão desperdiçados com o seu deslocamento em torno da máquina. Quando dois operadores realizam as atividades simultaneamente, o tempo de *setup* é reduzido em mais de 50% em resposta à economia de movimentos. Com o emprego das operações paralelas, eleva-se a taxa de operação da máquina.

- Técnica 7 - Eliminar Ajustes

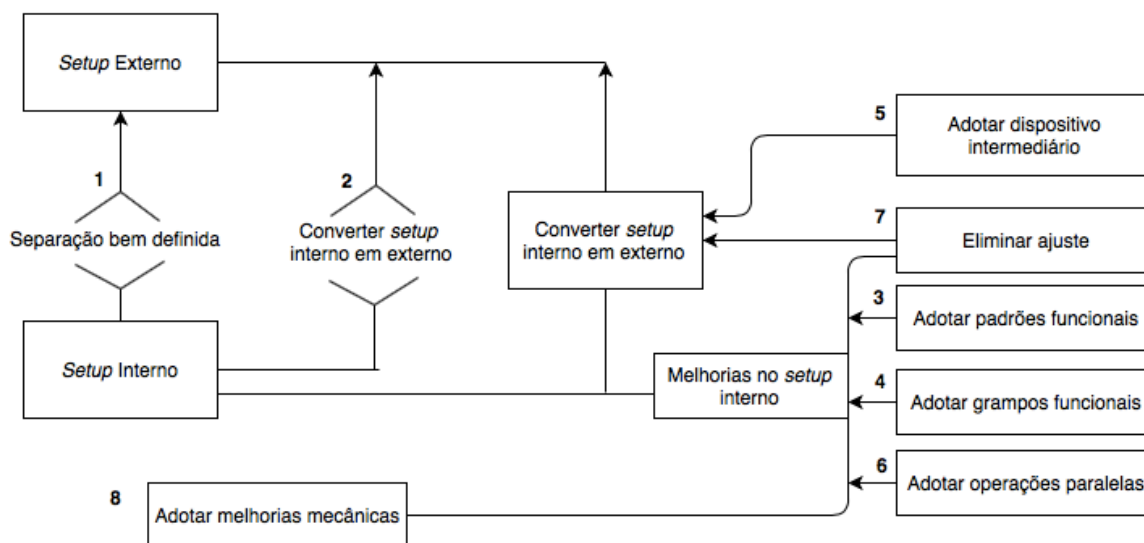
Os ajustes e testes-pilotos geralmente são responsáveis por 5 a 70% do tempo de *setup* interno da máquina. Para a eliminação dos ajustes faz-se necessário o reconhecimento de que a preparação e o ajuste são funções distintas e separadas. A preparação acontece na mudança de posição de um interruptor de fim de curso, enquanto o ajuste ocorre quando o interruptor é testado e repetidamente ajustado em uma nova posição. Uma vez que um padrão é empregado para determinar a posição exata em que o interruptor de fim de curso deve estar, os ajustes podem ser eliminados e a preparação se torna a única operação necessária.

- Técnica 8 - Mecanização

Segundo o autor, a mecanização deve apenas ser considerada depois que todas as sete técnicas anteriores forem aplicadas para a melhoria do tempo de *setup*. O autor ressalta que a mecanização pode reduzir consideravelmente o tempo de *setup* em uma primeira instância, mas que não remedia as ineficiências de um processo de *setup* mal planejado. Por isso, mecanizar *setups* após sua total linearização com a aplicação dos princípios do SMED se mostra muito mais eficiente.

A Figura 2 apresenta um fluxograma que demonstra a sequência das oito técnicas definidas por Shingo (1996) para a implementação da ferramenta SMED:

Figura 2: Fluxograma para aplicação das oito técnicas do SMED



Fonte: Adaptado de Shingo (1996)

Através da Figura 2 o autor demonstra as técnicas permitindo uma melhor visualização do fluxo e das possíveis sequências a serem adotadas na implementação da ferramenta. A seção a seguir, apresentará os quatro estágios conceituais onde as oitos técnicas são utilizadas.

2.6 OS QUATRO ESTÁGIOS CONCEITUAIS DO SMED

A ferramenta SMED conduz de forma progressiva a melhoria do tempo de *setup* nas operações, desta maneira Shingo (1996) define os quatro estágios conceituais básicos da ferramenta que serão discutidos a seguir.

- Estágio 1: *Setup* externo e interno não são diferenciados

Para Shingo (1996) este estágio é considerado o estágio preliminar onde não é feita nenhuma distinção entre *setup* interno e *setup* externo. Nesta etapa muitas atividades que poderiam ser realizadas como *setup* externo são realizadas quando a máquina está parada aumentando desnecessariamente o tempo de preparação da mesma.

- Estágio 2: Separar *Setup* Interno e Externo

Este estágio é considerado como o mais importante do SMED. Segundo Shingo (1996) este estágio implica na separação entre os dois tipos de *setup*: interno e externo. É aconselhável, segundo o autor, a criação de uma lista de verificação com todas as peças, condições de operação e medidas que devem ser tomadas enquanto a máquina estiver operando. Logo depois, Shingo cita de checar o funcionamento de todos os componentes a fim de evitar esperas durante o *setup* interno.

- Estágio 3: Converter *Setup* Interno em Externo

Nesta etapa, de acordo com Shingo (1996), consiste na análise das operações de *setup* atuais para a determinação da possibilidade de conversão de atividades de *setup* interno para *setup* externo. "Operações que são realizadas como *setup* interno muitas vezes podem ser convertidas para a *setup* externo reexaminando sua verdadeira função. É de extrema importância a adoção de novas perspectivas que não estão vinculadas à velhos hábitos". (SHINGO, 1985, p. 30)

- Estágio 4: Simplificação de todos os aspectos

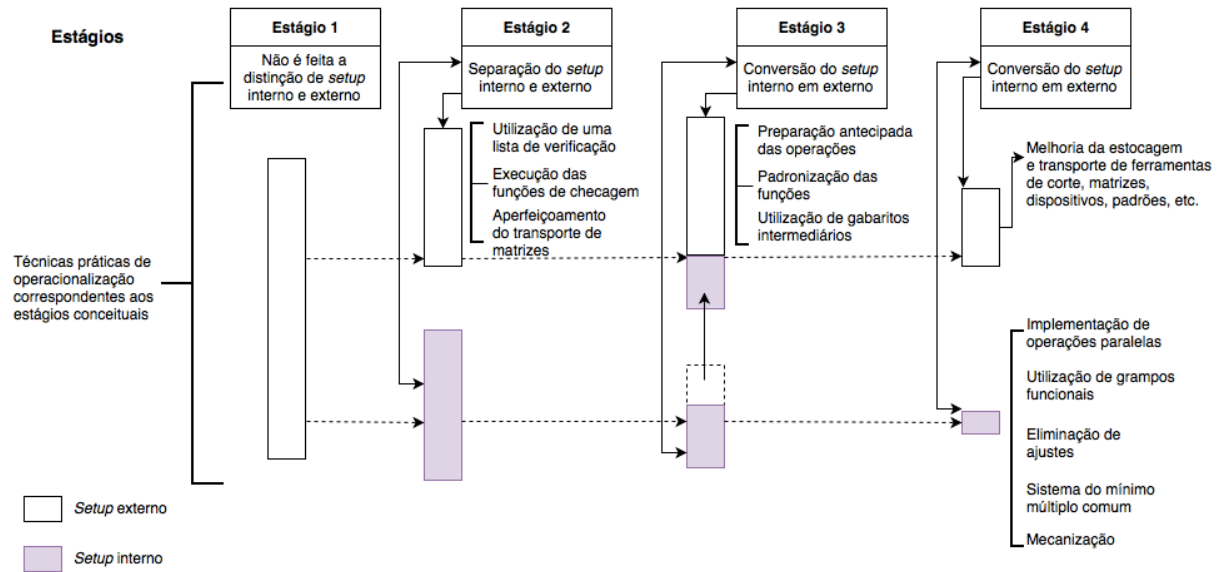
Para Shingo (1996) nesta etapa deve-se examinar as operações de forma que eventuais oportunidades de melhoria sejam realizadas nos *setups* interno e externo. Ele cita que dentre as centenas de melhorias obtidas com o SMED ao longo dos anos, as mais efetivas foram:

- (a) Separação bem definida de *setup* interno e *setup* externo
- (b) Conversão total de *setup* interno para *setup* externo
- (c) Eliminação dos ajustes
- (d) Fixação sem parafusos

Shingo (1996, p.91) afirma que "estes métodos podem reduzir os *setups* para menos de 5% dos seus tempos anteriores". Ainda segundo o autor, a maneira mais rápida de se fazer a troca de uma ferramenta é não ter que fazê-la.

Na Figura 3 apresenta-se de forma figurada a ferramenta SMED com os estágios conceituais e as respectivas técnicas adotadas em cada um deles.

Figura 3: estágios conceituais e técnicas de operacionalização



Fonte: Adaptado de Shingo (1996, p.90)

A partir da Figura 2 é possível a percepção de dois níveis diferentes do SMED: os estágios conceituais e as técnicas que são utilizadas nos estágios conceituais. Através do detalhamento das técnicas é possível visualizar quais atividades devem ser tomadas em cada estágio para o *setup* interno e externo.

2.7 EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DE SMED NA INDÚSTRIA

Para um melhor entendimento da eficiência da ferramenta SMED, neste capítulo serão apresentados dois estudos de caso que utilizaram a ferramenta para a diminuição do tempo de *setup*.

O criador da ferramenta, Shingo (1996), cita alguns exemplos bem-sucedidos do uso da ferramenta SMED aplicados por ele:

Na Mitsubishi Heavy Industries, por exemplo, o tempo de *setup* em uma mandriladora de 8 eixos foi reduzido de 24 horas para 2 minutos e 40 segundos no decorrer de um ano. Nesse mesmo período de tempo, o *setup* de uma máquina conformadora de parafusos na Toyota Motors foi reduzido de 8 horas para 58 segundos. Em outros países, por exemplo, na H. Weidmann Co., na Suíça, o *setup* de uma máquina injetora de plástico de 150g foi reduzido de 2 horas e meia para 6 minutos e 35 segundos. (SHINGO, 1996, p.77).

Diversos autores fazem uso da metodologia SMED para a redução de tempos de *setup*. Silva e Duran (1998) apresentam um estudo de caso em uma fábrica de freios em tornos, onde utilizam-se de alguns estágios da ferramenta SMED. Costa, Costa, Zeilmann e Schio (2004) utilizam-se da metodologia para o estudo do retorno sobre investimento na redução do tempo de *setup*.

O Quadro 3 descreve dois estudos de casos que tinham como objetivo a diminuição do tempo de *setup*. Ele apresenta uma breve descrição do estudo realizado, as principais ferramentas e técnicas utilizadas e a redução no tempo de *setup* obtida com o estudo.

Quadro 3: Aplicações de SMED na indústria

Nome do Estudo	Autores	Descrição do estudo realizado	Principais ferramentas e técnicas utilizadas	Melhoria no tempo de <i>setup</i>	Comentários	Referência
<p>Melhoria no tempo de <i>changeover</i>: Uma abordagem SMED sob medida para as células de soldagem</p> <p>Título original: <i>Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells</i></p>	Pablo Guzmán Ferradás e Konstantinos Salonitis	O estudo proposto é a implementação da ferramenta para um fornecedor automotivo em uma de suas células de solda. A taxa de utilização da linha estava sendo reduzida devido ao aumento dos números de <i>changeovers</i> , afetando assim sua eficiência global. A empresa possuía certa experiência com o uso da ferramenta SMED, mas sem o sucesso esperado.	<p>Neste estudo os autores utilizaram:</p> <p>i) técnicas e estágios do SMED definidas por Shingo (1996) que são apresentados nas seções 3.3 e 3.4.</p> <p>ii) Diagrama <i>spaguetti</i> - utilizados para mapear os movimentos dos operadores durante o <i>changeover</i>.</p> <p>iii) Reuniões de <i>brainstorming</i> a fim de definir possíveis mudanças no projeto, para a simplificação do <i>setup</i> interno e redução do externo.</p>	Redução de 33%	Segundo os autores do estudo o projeto teve sucesso. Eles afirmam que com a implementação de melhorias no <i>hardware</i> , as melhorias no tempo do <i>changeover</i> poderiam chegar a 35%.	(FERRADÁS e SALONITIS, 2013)
Desenvolvimento e implementação de uma metodologia para troca rápida de ferramentas em ambientes de manufatura contratada	Samuel V. Conceição; Iana Araújo Rodrigues; Andressa A. Azevedo; João Flávio Almeida; Fabrício Ferreira e Adriano Morais	O estudo apresenta o desenvolvimento da metodologia SMED para ambientes voláteis de manufatura contratada o setor eletroeletrônico e de informática, especificamente em uma linha de produção que utiliza a tecnologia de montagem de superfície SMT (<i>Surface Mount Technology</i>).	<p>i) Técnicas e estágios definidos por Shingo (1996);</p> <p>ii) Entrevistas, observações e reuniões semanais</p> <p>iii) Filmagem do processo - possibilitando uma análise minuciosa do processo.</p> <p>iv) Controle visual - contendo as instruções da sequência de atividades de cada operador</p>	Redução 44% (De 27 minutos para 15 minutos)	Foi constatado um pequeno aumento no tempo de <i>changeover</i> logo após a metodologia ser implementada, que segundo os autores se deve ao período de adaptação dos trabalhadores à nova metodologia. A implementação da metodologia também permitiu um retorno financeiro com o aumento da disponibilidade dos equipamentos.	(CONCEIÇÃO et al., 2009)

Fonte: Autoria própria

Com a análise do Quadro 3 é possível concluir que a ferramenta SMED pode ser utilizada em diferentes tipos de processos, fato evidenciado na descrição do estudo realizado onde são apresentados dois tipos diferentes de processos para sua aplicação. Os dois estudos apresentaram com o uso da ferramenta uma diminuição considerável no tempo de *setup* - 33% e 44% respectivamente, o que comprova a eficiência da ferramenta e os benefícios que podem ser alcançados com o seu uso.

Baseando-se nas informações do referencial teórico o presente trabalho buscará encontrar, através da implementação da ferramenta, propor as melhores ações para a redução do tempo de *setup* da linha estudada, podendo assim aumentar a flexibilidade da mesma diminuindo os desperdícios.

3 METODOLOGIA

Sendo esta, uma situação particular a ser analisada, de acordo com Gil (1999), a pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso com a coleta de dados empíricos e pesquisa documental. Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória, uma vez que visa proporcionar uma maior familiaridade com o problema através da revisão bibliográfica, entrevistas com profissionais da empresa, análise de experiências práticas e o levantamento de dados. Quanto ao ponto de vista da forma de abordagem do problema, a pesquisa é classificada como quantitativa visto que a análise e validação dos resultados será feita através da análise de dados numéricos.

3.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS BIBLIOGRÁFICOS

O levantamento dos dados bibliográficos foi realizado através de plataformas de base de dados científicos (*Scielo*, *ScienceDirect*, Periódicos CAPES) onde foram consultados *journals* e artigos sobre o tema abordado. Para o início da pesquisa, foi utilizada a palavra chave principal do estudo: SMED. Porém apenas com essa palavra, muitos artigos relacionados a área de medicina se misturaram aos relacionados ao tema estudado, totalizando 2.100 artigos. Desta forma, a combinação SMED *changeover*, redução *setup*, redução SMED e filtros como período (1996 a 2015) e tipo de referência foram utilizados obtendo-se assim um melhor resultado na pesquisa, com 39 artigos encontrados. Dos 39 artigos encontrados, com a análise dos resumos, 25 foram selecionados para a leitura. Pelo fato do referencial teórico se tratar de conceitos não muito explorados nos artigos encontrados, grande parte da fundamentação teórica foi baseada em livros conceituados da literatura.

3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa estudada é uma multinacional alimentícia que atua em vários seguimentos como bebidas, *snacks* e chocolates. A unidade estudada é uma das duas unidades presentes no Brasil que fabrica chocolate, sendo estes para vendas internas e exportação. A linha de produção que o estudo foi desenvolvido, produz 5 tipos

diferentes de tabletes recheados com um volume médio de produção de 630 toneladas por semana.

Devido a grande demanda por flexibilidade do mercado atual, os números de pedidos tornaram-se menores fazendo assim com que a produção de pequenos lotes fosse adotada pela empresa. Essa situação somada com a variedade de produtos que a linha fabrica faz com que a redução do tempo total do *setup* seja imprescindível para uma produção enxuta, sem desperdício de tempo e recursos e que permita a entrega de produtos que atendam as expectativas dos clientes e consumidores.

3.3 MAPEAMENTO DO PROCESSO E LEVANTAMENTO DE DADOS

O mapeamento do processo utilizado na análise da redução do tempo de *setup* foi realizado através de três etapas:

- 1) Foi realizada uma entrevista estruturada e fechada com o líder da linha de tabletes estudada (Apêndice B) que serviu de base para a coleta de dados como:
 - Quantidade necessária de *setups* a serem realizados mensalmente na linha estudada;
 - Quantidade de funcionários necessários na linha durante os *setups*;
 - Histórico dos *setups* anteriores como: tempo total de duração do *setup* e equipamentos com os maiores tempos de *setup*.

- 2) Observação das atividades desenvolvidas pelos operadores durante o *setup* sem a cronometragem das atividades realizadas. Como o uso de filmagem viola as regras internas da empresa, nesta etapa buscou-se através da observação sem a cronometragem analisar se o rendimento dos trabalhadores era afetado com a presença de “observadores”. Além disso, nesta etapa foi observado o número de operadores que realizavam as atividades durante o *setup* por equipamento.

- 3) Observação e detalhamento das atividades desenvolvidas pelos operadores durante o *setup* com a cronometragem das atividades realizadas. Para o detalhamento das atividades e a coleta desses tempos, uma folha de observação

(Apêndice A) foi utilizada. Nesta folha, existe um campo onde as informações das atividades realizadas são detalhadas e o tempo referente a cada uma das atividades é anotado.

Depois do levantamento de dados, a metodologia necessária para a implementação da ferramenta SMED que é descrita nos itens 2.6 e 2.7 foi utilizada a fim de gerar propostas de melhorias para redução do tempo de *setup* da linha.

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS COLETADOS

A análise dos resultados foi realizada a partir das informações obtidas com o mapeamento de processo sendo elas: entrevista com o líder da linha e observação das atividades durante o tempo de *setup*.

De forma a garantir uma maior confiabilidade dos dados coletados durante a observação, baseando-se no pensamento de que fatores externos influenciariam no desempenho atividades realizadas pelos operadores, a observação das atividades sem cronometragem detalhada foi utilizada visando analisar se a mesma afetaria o rendimento dos operadores. Desta maneira, comparando a cronometragem sem detalhamento e a cronometragem detalhada feita posteriormente, foram apontados os principais *gaps* e recomendadas as possíveis ações de melhoria para o problema proposto no trabalho.

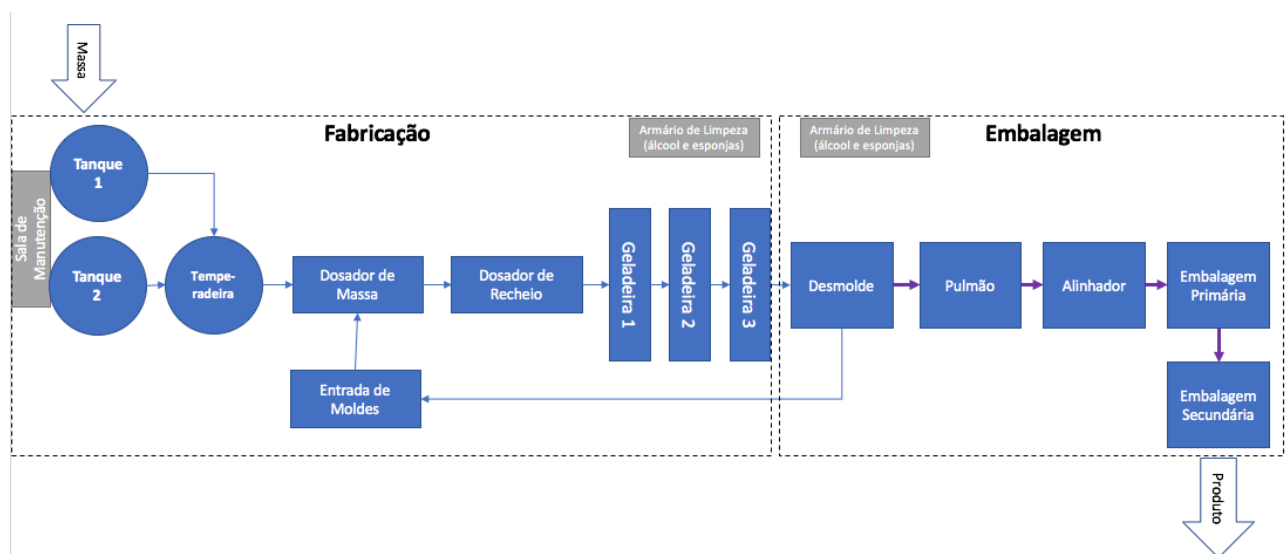
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização do mapeamento do processo foi realizado o acompanhamento de duas paradas para *setup* e a aplicação de um questionário direcionado ao líder da linha. O resultado do mapeamento somado as respostas do questionário e a aplicação das técnicas da ferramenta SMED, permitiu a definição de propostas e alternativas que visem a diminuição do tempo de *setup* da linha estudada.

4.1 ANÁLISE DA EMPRESA

Para melhor entendimento do processo da linha estudada, a partir da visita realizada a linha de fabricação foi construído o mapeamento do fluxo de fabricação dos tabletes de chocolate demonstrado na Figura 4. O *mix* de produtos da linha conta com 5 tipos diferentes de tabletes recheados que são fabricados de acordo com a demanda do mercado. As atividades de *setup* referentes a cada mudança de produto não se diferem, pois para a fabricação dos mesmos o que se altera são os ingredientes utilizados e os moldes dos tabletes, não a utilização das máquinas. Desta forma, o *mix* para esse caso pode ser considerado um só.

Figura 4: Mapeamento do fluxo de fabricação dos tabletes de chocolate



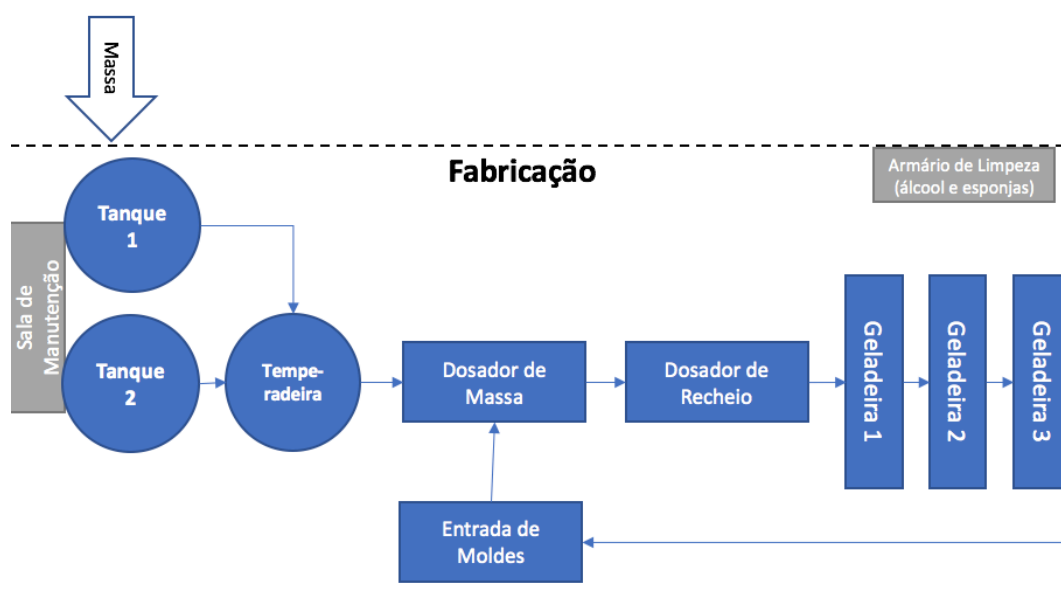
Fonte: Autoria própria

Nos próximos itens as seções fabricação e embalagem são exemplificadas em mais detalhe para melhor compreensão do processo.

4.1.1 Fabricação

A área de fabricação da linha começa com o recebimento de massa do setor de massas da empresa. A massa recebida abastece os dois tanques presentes na área e, depois, é encaminhada para a temperadeira onde passa por tratamento térmico para atingir a viscosidade desejada de acordo com a especificação de cada produto. Como demonstrado na Figura 5, após a temperadeira a massa e o recheio são dosados nos moldes que seguem para as geladeiras para resfriamento.

Figura 5: Área de fabricação dos tabletes de chocolate



Fonte: Autoria própria

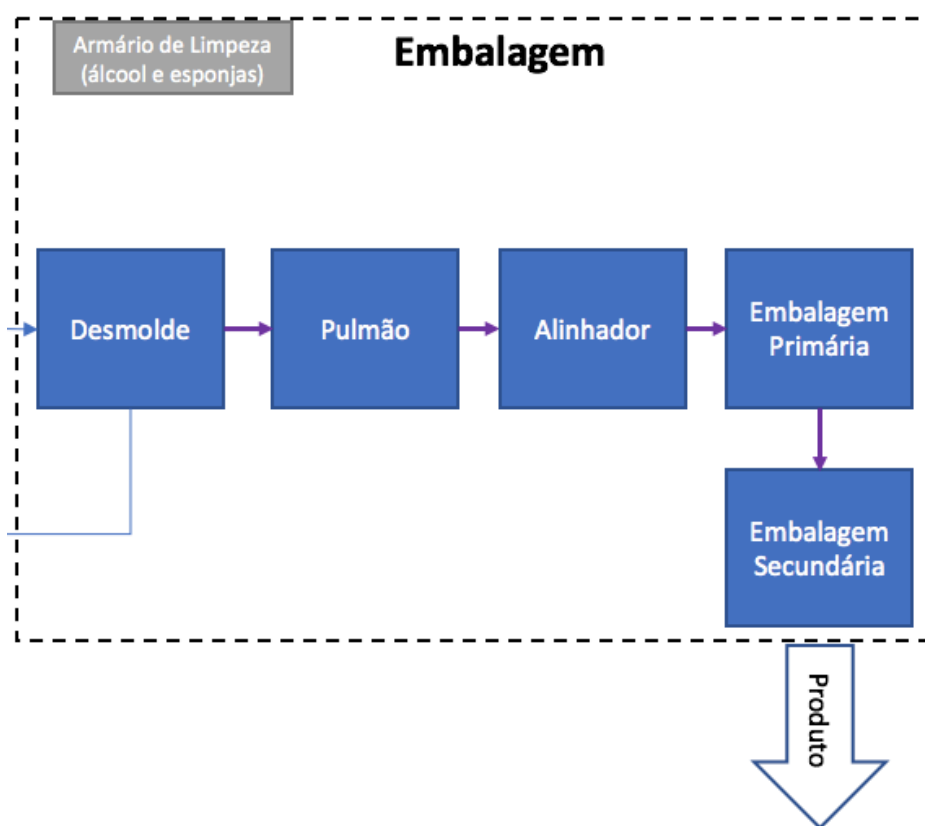
O transporte da massa até a temperadeira é realizado através de tubulações e após a entrada dos moldes na linha, o transporte é realizado através de esteiras vibratórias com guias e elevadores presentes na linha.

4.1.2 Embalagem

A área de embalagem da linha é composta pelo desmolde, pulmão, alinhador, embalagem primária e embalagem secundária conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6: Área de embalagem dos tabletes de chocolate

<< Fabricação



Fonte: Autoria própria

No desmolde os tabletes são desenformados e o molde é transportado através de uma esteira para fora da linha. Depois de limpos, os moldes voltam para a esteira pela “entrada de moldes” da fabricação conforme demonstrado na Figura 3.

Depois do desmolde os tabletes já resfriados entram no pulmão da linha. O pulmão da linha é um grande reservatório de tabletes. Ele funciona como um elevador e é composto por diversas divisórias onde os tabletes ficam dispostos. Ele serve como reserva de funcionamento da linha para caso a fabricação pare, a linha de embalagem continua funcionando até a reserva acabar.

O alinhador é uma esteira com guias que alinham os tabletes em fila para entrarem na máquina de embalagem primária.

Na embalagem primária o produto recebe a primeira embalagem, que é aquela que tem contato direto como produto e na embalagem secundária os tabletes embalados são agrupados e colocados nas caixas para a venda.

Na área de embalagem, todo o transporte dos tabletes do desmolde até a embalagem secundária é realizado através de esteiras de lona.

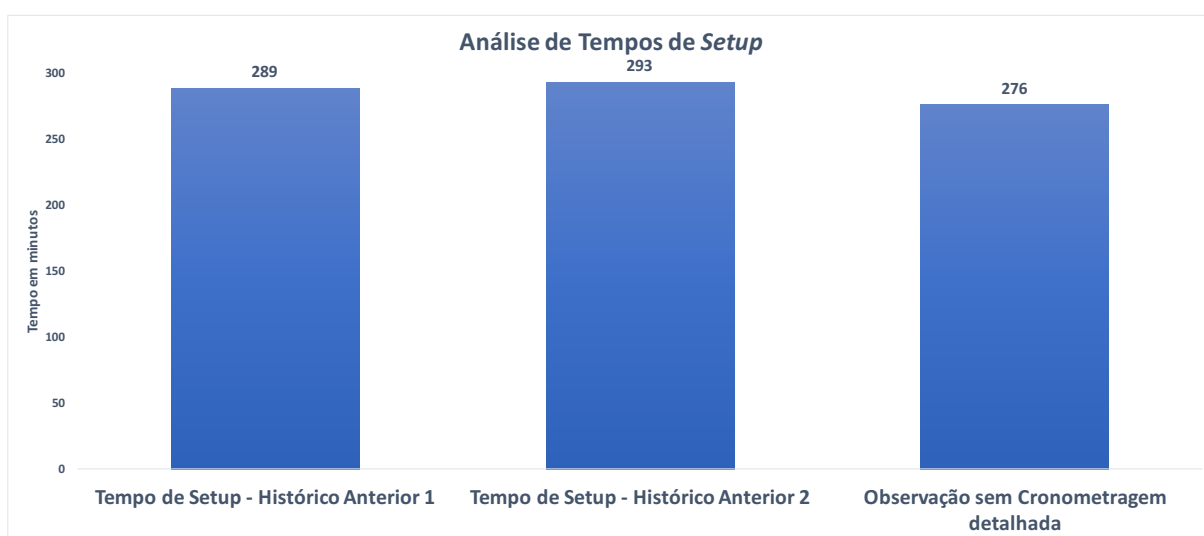
4.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DURANTE O *SETUP* DA LINHA

Para a análise do tempo de *setup* da linha utilizou-se primeiramente a observação sem cronometragem detalhada das atividades desempenhadas pelos operadores a fim de definir o número de operadores designados para cada atividade e analisar se a presença de “observadores” na linha afetaria o rendimento do time, uma vez que a utilização de filmagem para a cronometragem não seria possível devido as regras internas da empresa.

Nesta análise, o tempo de *setup* da linha foi cronometrado como um todo, do horário de início até o horário da última atividade. Para isso, apenas um observador foi necessário e o mesmo estava acompanhado pelo líder da linha estudada. Na análise, o observador caminhava pela linha durante as atividades e fazia observações em um caderno. Alguns funcionários questionaram o porquê da cronometragem e das anotações e se eles estavam sendo avaliados na atividade. Foi esclarecido para os mesmos que estava sendo realizado um levantamento do número de funcionários designados para cada atividade e que um estudo de melhoria para o tempo de *setup* seria realizado na linha.

Após a definição do tempo nesta etapa, utilizando os dados da entrevista realizada com o líder da linha (Apêndice B), os dois últimos históricos de tempo de *setup* da linha foram contrastados com o tempo observado durante a cronometragem não detalhada e os resultados são demonstrados na Figura 7.

Figura 7: Contraste de tempo de *setup* da linha com cronometragem não detalhada



Fonte: Autoria própria

A Figura 7 comprova que a presença de observadores na área durante o período de *setup* pode ter influenciado o desempenho das atividades pelos operadores, uma vez que considerando a média dos históricos anteriores é constatada uma diminuição de 5,15% no tempo total de realização das atividades.

Desta maneira para a validação das melhorias propostas, deverão ser contrastados o tempo de observação da cronometragem não detalhada e da detalhada, a fim de garantir que dados semelhantes sejam comparados.

Após a observação do número de operadores para cada atividade, definiu-se um time para acompanhamento do próximo *setup* da linha, desta vez com a cronometragem e detalhamento das atividades realizadas pelos operadores nos equipamentos. Esta fase mostrou-se essencial para o projeto, uma vez que levantou todos os dados necessários para a aplicação da ferramenta.

4.2.1 Priorização de equipamentos e cronometragem do tempo de *setup*

A partir da entrevista com o líder da linha e a observação inicial sem cronometragem, identificou-se o número de funcionários que realizavam as atividades durante o tempo de *setup* no Quadro 4. O número de funcionários já era pré-estabelecido de acordo com a necessidade da linha, desta forma todos os funcionários participavam das atividades do *setup*.

Quadro 4: Número de Operadores por equipamento

Local	Número de Operadores
Trava de Segurança Fabricação	1
Trava de Segurança Embalagem	1
Dosador de Massa	1
Dosador de Recheio	1
Esteiras Fabricação	3
Geladeiras 1, 2 e 3	2
Desmolde	1
Pulmão	2
Alinhador	2
Esteiras Embalagem	3
Embalagem primária	1
Embalagem secundária	1

Fonte: Autoria própria

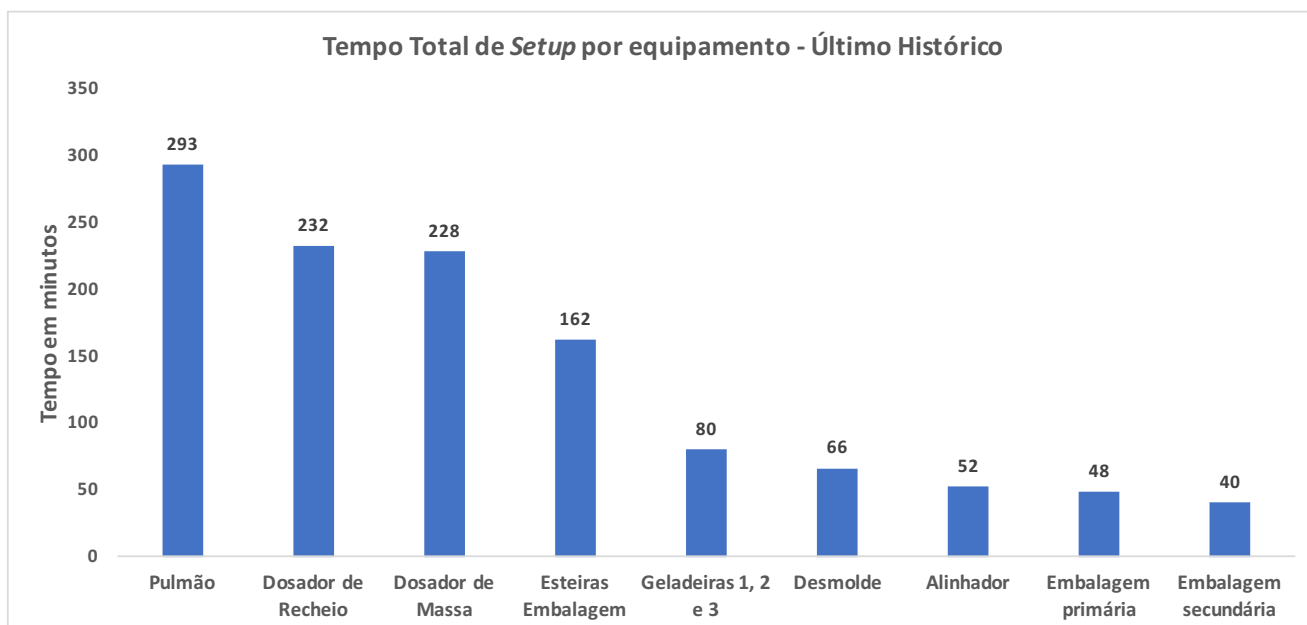
Para a aplicação da trava de segurança da área de fabricação e da área de embalagem, os dois operadores identificados no Quadro 4 realizam a função e depois se direcionam ao dosador de massa e a esteira de embalagem, respectivamente. Desta forma, o número de funcionários presentes na área na realização do *setup* da linha é 17 funcionários.

Após a identificação do número de funcionários necessários para o *setup* da linha, foram identificados os equipamentos que apresentavam o maior tempo de *setup* baseando-se na entrevista com o líder e nos históricos de *setups* anteriores apresentados pelo mesmo. Os equipamentos em questão apresentavam o maior tempo de finalização (em minutos) considerando a soma dos itens:

- Tempo de desmontagem;
- Tempo de limpeza;
- Tempo de ajuste/montagem;

A partir dos dados coletados com o líder da linha, os tempos dos equipamentos foram demonstrados na Figura 8:

Figura 8: Tempo total de setup por equipamento



Fonte: Autoria própria

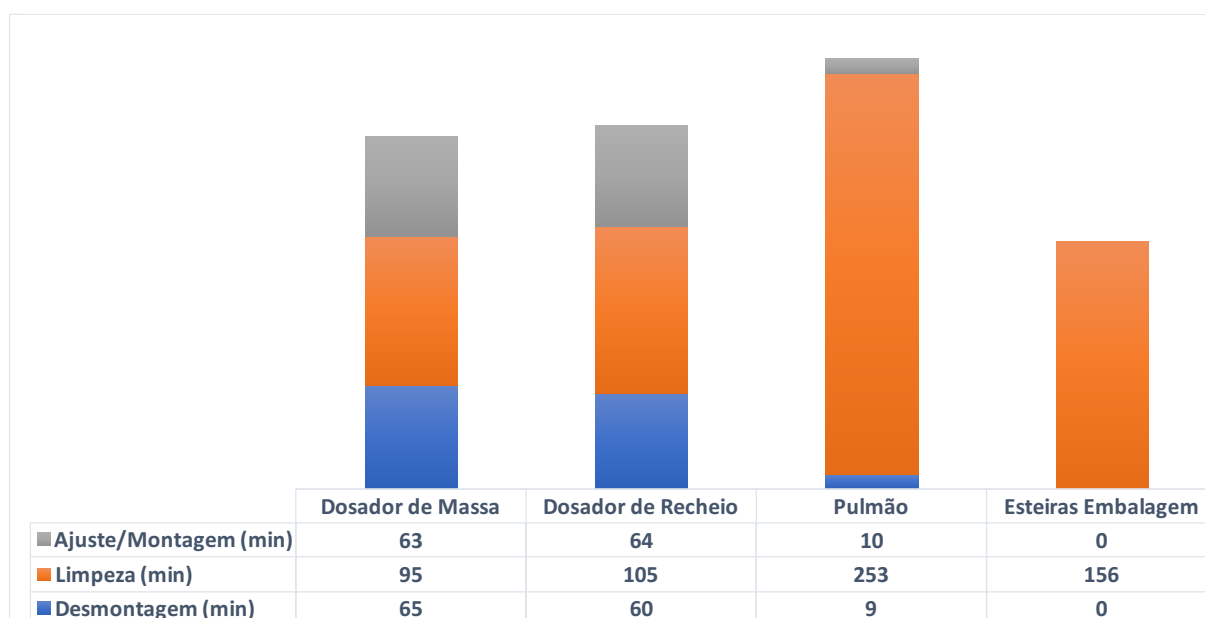
A partir da análise dos tempos de *setup* por equipamento e seguindo o critério de priorização - equipamentos que apresentam o maior tempo de finalização de *setup*

- os equipamentos que foram priorizados para a aplicação da ferramenta SMED foram:

- Dosador de massa (228 minutos)
- Dosador de recheio (232 minutos)
- Pulmão (293 minutos)
- Esteiras Embalagem (162 minutos)

Para cada equipamento priorizado foi designado um time de observação. O time de observação realizou a cronometragem das atividades descrevendo todas as atividades realizadas pelos operadores no equipamento do início até o fim do *setup*. Cada time era composto por duas pessoas – a primeira responsável por ditar as atividades para a segunda e cronometra-las e a outra responsável pela descrição das atividades na folha de observação (Apêndice A). Após compilação dos dados obtidos na observação, os tempos de desmontagem, limpeza e montagem foram classificados e demonstrados na Figura 9.

Figura 9: Tempos de setup dos equipamentos na cronometragem observada



Fonte: Autoria própria

De acordo com a Figura 9 observa-se que o tempo total de *setup* da linha é aproximadamente 4 horas e 30 minutos ou 272 minutos (considerando a finalização da última atividade realizada, localizada no pulmão).

De acordo com a entrevista realizada com o líder da linha, a mesma realiza o *changeover* de acordo com a demanda do mercado, sendo aproximadamente duas vezes por semana, o que significa uma perda de produtividade de 9 horas na semana apenas com *setup*. Partindo da suposição que a linha fabrique 4500 kg de chocolate por hora e que cada kg de chocolate custe R\$ 1,60, em uma semana a linha deixa de produzir 40.500 kg e “perde” R\$ 64.800. No mês esse valor representa R\$ 259.000.

No próximo tópico as perdas identificadas na fase de cronometragem das atividades foram classificadas de acordo com os sete tipos de desperdícios, os *muda*, definidos por Taiichi Ohno e citados no capítulo 2 do estudo.

4.2.2 Classificação das atividades nos *Muda*

Nesta etapa, a partir das folhas de observações, as atividades desempenhadas pelos operadores da linha durante o *setup* foram analisadas e classificadas de acordo com os sete tipos de desperdício definidos por Taiichi Ohno. Nesta etapa buscou-se ter uma melhor visualização dos tipos de perdas que ocorriam durante a parada da linha para o *setup* em cada equipamento priorizado. Como o processo analisado foi a parada de *setup*, as perdas de superprodução, estoque e fabricação de produtos defeituosos não foram consideradas restando assim as classificações por tempo de perda de espera, transporte, próprio processamento e movimentação.

Os cálculos dos percentuais de perdas foram realizados através da divisão da classificação da perda pelo número total de perdas conforme equação (2):

$$\frac{\textit{Total de perdas por classificação}}{\textit{Total de atividades classificadas como perda}} \times 100 \quad (2)$$

Para a realização do cálculo do percentual do tempo em relação ao tempo total de *setup* do equipamento foram considerados o tempo total da perda e o tempo total de *setup* do equipamento conforme demonstrado na equação (3): \$

$$\frac{\textit{Tempo total da perda}}{\textit{Tempo total de setup do equipamento}} \times 100 \quad (3)$$

Na Tabela 2 as perdas referentes ao tempo de *setup* do dosador de massas são apresentadas conforme a classificação dos *muda*. Das atividades realizadas do dosador de massa 33 foram identificadas como perdas sendo elas: 8 de espera, 19 de movimentação, 4 de próprio processamento e 2 de transporte.

Tabela 2: Classificação das perdas do dosador de massas de acordo com os *muda*

Dosador de Massa	# Perdas	% de Perdas	Tempo Total Perdas	% Tempo em relação ao tempo total de <i>setup</i> do equipamento (223 min).
Movimentação	19	57%	40,5	18%
Espera	8	24%	10,5	5%
Próprio processamento	4	12%	68	30,5%
Transporte	2	6%	16	7,7%
Total	33	100%	135	61,2%

Fonte: Autoria própria

Para o dosador de massa as maiores perdas identificadas a partir da análise das atividades cronometradas foram movimentação, espera, próprio processamento e transporte. A soma do tempo de duração de todas essas atividades representa 61% do tempo total de *setup* do equipamento. Abaixo as atividades são exemplificadas conforme classificação.

Movimentação: As perdas classificadas como movimentação foram em sua maioria atividades relacionadas ao operador sair da linha para buscar algum item de limpeza e manutenção que seria utilizado nas atividades e não estava ao alcance do operador. Neste item também foi considerada a volta que o operador tinha que dar na linha para realizar a desmontagem do equipamento do lado oposto ao que estava. Abaixo são descritas as atividades relacionadas a essa perda. Importante salientar que algumas atividades foram realizadas mais de uma vez durante o tempo de *setup*:

- Operador sai da linha para buscar material de limpeza;
- Operador sai da linha para buscar peças na sala de manutenção;
- Operador caminha até o lado esquerdo do dosador para a desmontagem;
- Operador sai da linha para descartar de material de limpeza;
- Operador sai da linha para buscar saco plástico para descarte de material de limpeza;

- Operador caminha até o lado esquerdo do dosador para a montagem;
- Operador sai da linha para buscar o carrinho para colocar o dosador;
- Operador sai da linha para buscar os parafusos para montagem do dosador.

Espera: Neste item as atividades que geraram esperas em sua maioria dizem respeito as atividades de limpeza, onde o operador organizava os itens na bancada (atividade que não agrega valor, visto que o operador não está realizando a atividade principal que era a limpeza do equipamento), o tempo em que o operador demora para colocar o produto sanitizante na esponja de limpeza, o tempo dispendido para colocar o dosador de massas no lugar correto para montagem e o tempo necessário para a aplicação da trava de segurança - o operador responsável pelo *setup* do dosador de massa é o mesmo que aplica a trava de segurança na linha de fabricação, o que gera uma perda de espera, visto que o mesmo só começa a realizar a atividade depois que aplica a trava.

- Operador coloca a trava de segurança na área de fabricação;
- Operador organiza os materiais de limpeza no carrinho com o dosador;
- Operador coloca produto sanitizante na esponja;
- Operador procura posição correta do dosador para montagem.

Próprio processamento: as atividades classificadas neste item dizem respeito as atividades relacionadas a montagem e desmontagem do equipamento. O operador dispende a maior parte do tempo (30%) desparafusando o equipamento para a limpeza e parafusando o equipamento para finalização. Essa atividade foi considerada como perda, pois a mesma pode ser eliminada sem afetar a função do equipamento se os parafusos fossem substituídos por peças de encaixe rápido.

- Operador desparafusa o lado direito do dosador de massa (6 parafusos);
- Operador desparafusa o lado esquerdo do dosador de massa (6 parafusos);
- Operador parafusa o lado direito do dosador de massa (6 parafusos);
- Operador parafusa o lado esquerdo do dosador de massa (6 parafusos).

Transporte: uma vez que o transporte é considerado uma perda que não agrega valor, a atividade de transporte do carrinho que carregava o dosador de massas para perto e longe da linha foi classificado como perda assim como a atividade de retirar o dosador da linha.

- Operador tira o dosador de massa e coloca no carrinho;
- Operador coloca o dosador na linha.

A partir dos cálculos dos percentuais referentes as perdas demonstradas na Tabela 3 foi identificado que por mais que as perdas de movimentação representem a maior quantidade, a perda de próprio processamento representa a maior parte do tempo. Neste sentido, se essa perda for eliminada, o tempo de *setup* diminuirá consideravelmente, uma vez que a mesma representa 30% do tempo total de *setup* do equipamento.

Para o dosador de recheio, foram identificadas 29 atividades consideradas como perdas: 9 perdas de espera, 13 de movimentação, 4 do próprio processamento e 3 de transporte. Essas perdas podem ser visualizadas na Tabela 3.

Tabela 3: Classificação das perdas do dosador de recheio de acordo com os *muda*

Dosador de Recheio	# Perdas	% de Perdas	Tempo Total Perdas (min)	% Tempo em relação ao tempo total de <i>setup</i> do equipamento (229 min)
Movimentação	13	57%	31	13,5%
Espera	9	24%	9,5	4%
Próprio processamento	4	12%	67,5	29,5%
Transporte	3	6%	27	11,7%
Total	33	100%	135	58,7%

Fonte: Autoria própria

Movimentação: Para o dosador de recheio, assim como no dosador de massa, as perdas classificadas como perdas de movimentação são relacionadas as atividades de limpeza e manutenção. O operador saiu da atividade diversas vezes para buscar os materiais necessários para a limpeza e montagem fora da linha. Neste item também foi considerada a volta que o operador tinha que dar na linha para realizar a desmontagem do equipamento do lado oposto.

- Operador sai da linha para buscar material de limpeza;
- Operador sai da linha para buscar saco plástico para descarte de material de limpeza;
- Operador sai da linha para buscar o carrinho para colocar o dosador;
- Operador sai da linha para buscar peças na sala de manutenção;
- Operador caminha até o lado esquerdo do dosador para a desmontagem;
- Operador caminha até o lado esquerdo do dosador para a montagem;
- Operador sai da linha para guardar peças na sala de manutenção;
- Operador sai da linha para buscar os parafusos para montagem do dosador.

Espera: assim como no dosador de massa, neste item as atividades que geraram perdas de espera estão relacionadas as atividades de limpeza e o tempo em que o operador demora para colocar o produto sanitizante na esponja de limpeza. O tempo de colocação do dosador no lugar correta na hora da montagem também foi considerado como perda.

- Operador organiza as peças no carrinho durante a desmontagem;
- Operador organiza os materiais de limpeza no carrinho durante a limpeza;
- Operador coloca produto sanitizante na esponja;
- Operador procura posição correta do dosador para montagem.

Próprio processamento: as perdas consideradas “próprio processamento” para o dosador de recheio representa 29,5% do tempo total do *setup* do equipamento. Nesta classificação foram consideradas as atividades de montagem e desmontagem do equipamento (desparafusar e parafusar). O operador dispende a maior parte do tempo (29,5%) desparafusando o equipamento para a limpeza e parafusando o equipamento para finalização. Essa atividade foi considerada como perda, pois a mesma pode ser eliminada sem afetar a função do equipamento se os parafusos fossem substituídos por peças de encaixe rápido.

- Operador desparafusa o lado direito do dosador de massa (6 parafusos);

- Operador desparafusa o lado esquerdo do dosador de massa (6 parafusos);
- Operador parafusa o lado direito do dosador de massa (6 parafusos);
- Operador parafusa o lado esquerdo do dosador de massa (6 parafusos).

Transporte: as perdas classificadas como transporte foram as relacionadas ao transporte do dosador de recheio para perto e longe da linha a fim do desempenho das atividades.

- Operador tira o dosador de massa e coloca no carrinho;
- Operador leva o carrinho para o lado oposto da linha para ser limpo e depois traz para perto da linha novamente;
- Operador coloca o dosador na linha.

As perdas do dosador de recheio e do dosador de massas são muito semelhantes, pois os equipamentos são idênticos alterando apenas a matéria-prima que é utilizada em cada um. Desta forma, as atividades necessárias para a desmontagem, limpeza e montagem são praticamente iguais, sendo apenas desempenhadas de forma distintas pelos operadores. A partir dessa análise é possível observar que não existe uma padronização na forma como as atividades são desenvolvidas nestes equipamentos, uma vez que cada operador tem autonomia para desenvolver a atividade como achar melhor.

Para o pulmão as principais perdas identificadas são de movimentação e espera conforme descritas na Tabela 4.

Tabela 4: Classificação das perdas do Pulmão de acordo com os *muda*

Pulmão	# Perdas	% de Perdas	Tempo Total Perdas (min)	% Tempo em relação ao tempo total de <i>setup</i> do equipamento (272 min).
Movimentação	4	21%	14	5%
Espera	15	79%	18,5	7%
Total	19	100%	32,5	12%

Fonte: Autoria própria

Movimentação: as perdas de movimentação englobam as atividades em que os operadores buscavam materiais de limpeza no armário e jogavam as esponjas utilizadas no lixo. Todas as atividades, mesmo as que foram desenvolvidas em paralelo pelos operadores, foram usadas para a classificação.

- Operadores saem da atividade para pegar materiais de limpeza no armário;
- Operadores saem da atividade para descartar materiais de limpeza.

Espera: a maior contribuição para as perdas de espera foi o tempo despendido entre rodar a trava manual do pulmão para as divisórias que estavam em cima ficarem da altura ideal para a limpeza. O processo se repetiu até que todas as divisórias fossem limpas. Nesta classificação também foram consideradas as atividades de colocar o sanitizante na esponja para a realização da limpeza.

- Operador coloca produto sanitizante na esponja;
- Operadores aguardam as divisórias que estão no alto descerem para efetuarem a limpeza.

Por a linha contar com dois operadores durante o tempo de *setup* algumas atividades foram desempenhadas paralelamente, o que de certa forma mascarou o tempo necessário para a realização de algumas atividades, uma vez que somente o maior tempo das duas atividades foi considerado para o cálculo total, por exemplo: enquanto o operador 1 tirava a trava manual do pulmão (00:09:03 minutos), o segundo se locomovia até o armário de limpeza para buscar materiais (00:04:00 minutos) – neste caso a perda de movimentação é mascarada pelo tempo da atividade de retirada da trava, porém a perda ainda acontece. Por outro lado, analisando o emprego das atividades paralelas nota-se que elas representam uma economia no tempo, uma vez que se o operador 2 estivesse realizando uma atividade que agregasse valor durante o *setup*, o tempo de alguma outra atividade poderia ser diminuído.

Para as esteiras da embalagem, foram identificadas 11 atividades consideradas como perdas: 7 perdas de espera e 4 de movimentação conforme descrito na Tabela 5.

Tabela 5: Classificação das perdas das Esteira Embalagem de acordo com os *muda*

Esteiras Embalagem	# Perdas	% de Perdas	Tempo Total Perdas (min)	% Tempo em relação ao tempo total de <i>setup</i> do equipamento (156 min).
Movimentação	7	64%	14	9%
Espera	4	36%	9	5,7%
Total	11	100%	23	14,7%

Fonte: Autoria própria

Movimentação: as perdas de movimentação referentes as atividades desempenhadas pelos operadores na esteira, assim como nos outros equipamentos, são referentes as idas e vindas dos operadores para buscar materiais de limpeza que seriam utilizados nas atividades, mas não estavam por perto.

- Operadores saem da linha para pegar materiais de limpeza no armário;
- Operadores buscam sacos plástico para descarte dos materiais de limpeza;
- Operadores caminham até a parte 2 da esteira;
- Operadores guardam materiais de limpeza no armário.

Espera: as atividades que foram classificadas como perdas de espera nas esteiras são referentes ao tempo que os operadores despendiam em atividades que não agregavam valor e não permitiam que outras atividades fossem desempenhadas como por exemplo, descarte de matérias de limpeza que eram acumulados do lado da esteira.

- Operador coloca trava de segurança na área de embalagem;
- Retiram materiais de limpeza da esteira limpa;
- Operadores realizam descarte dos materiais de limpeza.

Assim como no pulmão, o número total de perdas foi bem inferior aos observados no dosador de massa e recheio. Isso ocorre porque além de não haver desmontagem do equipamento, as atividades desempenhadas são todas relacionadas a limpeza, etapa que não pode ser eliminada do processo.

No próximo tópico a partir da análise das perdas identificadas nas atividades, serão aplicadas as oito técnicas definidas por Shingo (1996) para a proposta de melhoria para a linha estudada.

4.3 APLICAÇÃO DAS OITO TÉCNICAS DENTRO DOS QUATRO ESTÁGIOS CONCEITUAIS DO SMED

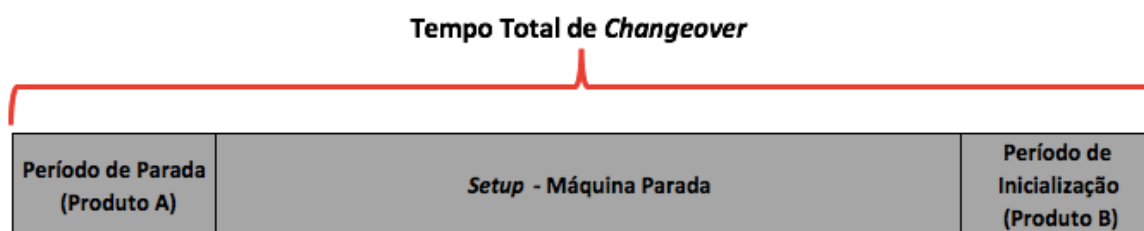
No item 2.6 deste estudo foram apresentadas as oito técnicas definidas por Shingo (1996) que são utilizadas para a redução do tempo de *setup*. Neste item será apresentado o uso das técnicas dentro dos quatro estágios conceituais da ferramenta que também é definido pelo autor. A aplicação das técnicas dentro dos estágios conceituais da ferramenta teve a duração de 3 meses, onde através dos dados coletados e o uso da ferramenta SMED as oportunidades foram identificadas e as ações de melhorias propostas.

4.3.1 Estágio 1: *Setup* interno e externo não são diferenciados

No primeiro estágio conceitual, os *setups* externos e internos não são diferenciados. Ele engloba todas as atividades dos operadores da linha realizadas durante o *setup* que não eram identificadas como atividades internas ou externas conforme demonstrado na Figura 10.

Neste estágio, muitas atividades que poderiam ser realizadas externamente e atividades que não precisariam estar no processo – atividades que não agregam valor – são realizadas, aumentando desnecessariamente o tempo total de *setup*.

Figura 10: Estágio conceitual 1



Fonte: Autoria própria

O mapeamento das atividades realizadas durante o período de *setup* dos equipamentos é realizado no final deste estágio conceitual, onde as informações coletadas na observação detalhada serão base para a aplicação dos próximos estágios conceituais.

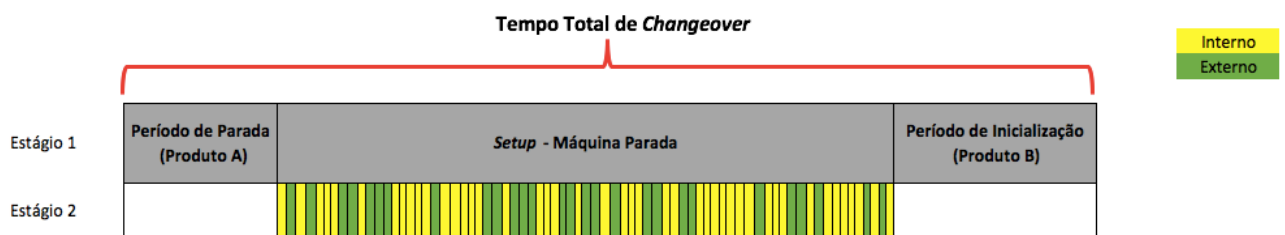
4.3.2 Estágio 2: Separar *setup* interno e externo

O segundo estágio conceitual diz respeito a separação das atividades desempenhadas durante o tempo de *setup* em externas e internas. Neste estágio a Técnica 1 foi utilizada para a identificação do tipo de *setup*. Segundo Shingo (1996) apenas com a aplicação desta técnica o tempo de *setup* pode ser reduzido de 30% até 50%.

Para a identificação das atividades, as mesmas foram analisadas a partir da descrição da folha de observação em quais poderiam ser desenvolvidas se o equipamento estivesse em funcionamento (*setup* externo) e quais delas poderiam ser realizadas apenas com o equipamento parado (*setup* interno).

Conforme demonstrado na Figura 11, com a classificação das atividades, o tempo de *setup* é fragmentado e torna-se melhor de ser visualizado e analisado. Essa análise serve para ter-se uma visão do todo, permitindo identificar o número de atividades que poderiam ser desenvolvidas quando o equipamento está em funcionamento e a forma como elas estão organizadas no processo.

Figura 11: Estágio conceitual 2



Fonte: Autoria própria

Desta maneira, com a aplicação da Técnica 1, todas as atividades referentes aos equipamentos priorizados foram analisadas conforme a classificação atribuída a cada tipo de *setup*.

Dosador de Massa: Para o dosador de massa, das 45 atividades desempenhadas pelo operador 28 delas foram classificadas como *setup* externo e 17 como *setup* interno conforme demonstrado na Tabela 6:

Tabela 6: Classificação de *setup* do Dosador de Massa

Dosador de Massa	# de Atividades	Total em minutos	Representatividade
<i>Setup</i> Externo	28	47	21,08%
<i>Setup</i> Interno	17	176	78,92%
Total	45	223	100%

Fonte: Autoria própria

Após a identificação das atividades, os tipos de *setup* foram tabulados de acordo com a classificação dos *muda* realizados no item 6.2.2 do trabalho conforme demonstrado na Tabela 7:

Tabela 7: Atividades do *setup* de acordo com os *muda* – Dosador de Massa

Dosador de Massa	# Atividades de <i>Setup</i> Interno	Tempo total (min) - SI	# Atividades de <i>Setup</i> Externo	Tempo total (Min) - SE
Movimentação	1	2	18	38,5
Espera	2	6,5	6	4
Próprio processamento	4	68	0	0
Transporte	2	16	0	0
Não classificada como perda	8	83,5	4	4,5
Total	17	176	28	47

Fonte: Autoria própria

A partir da análise da Tabelas 7 e 8 foi possível observar que 47 minutos do tempo de *setup* do dosador de massas poderiam ser realizados com a máquina em funcionamento e que destes 47 minutos, 42,5 se caracterizam como perdas e desta forma, deveriam ser eliminadas do processo. O mesmo ocorreu para as atividades identificadas como *setup* interno: dos 175,5 minutos de *setup*, 92,5 minutos são considerados perdas.

Dosador de Recheio: Para o dosador de recheio, das 44 atividades realizadas, 28 foram identificadas como *setup* externo e 16 como *setup* interno conforme demonstrado na Tabela 8:

Tabela 8: Classificação do *setup* do Dosador de Recheio

Dosador de Recheio	# de Atividades	Total	Representatividade
<i>Setup</i> Externo	28	49	21,35%
<i>Setup</i> Interno	16	180,5	78,65%
Total	44	229,5	100%

Fonte: Autoria própria

A partir da classificação do *setup*, os mesmos foram tabulados de acordo com as classificações dos *muda* na Tabela 9:

Tabela 9: Atividades do *setup* de acordo com os *muda* – Dosador de Recheio

Dosador de Recheio	# Atividades de <i>Setup</i> Interno	Tempo total (min) - SI	# Atividades de <i>Setup</i> Externo	Tempo total (Min) - SE
Movimentação	1	3	12	28,5
Espera	1	5	8	4,5
Próprio processamento	4	67,5	0	0
Transporte	3	27	0	0
Não classificada como perda	7	78	8	16
Total	16	180,5	28	49

Fonte: Autoria própria

Das 28 atividades identificadas como *setup* externo do dosador de recheio 20 delas foram consideradas como perdas representando 33 minutos no tempo total de *setup*. Da mesma maneira, das 16 atividades identificadas como *setup* interno do dosador de recheio 9 delas foram consideradas perdas representando 102,5 minutos do tempo de *setup*.

Pulmão: Na identificação do tipo de *setup* para o pulmão, observou-se que a maioria das atividades desenvolvidas pelos operadores só podem ser realizadas quando o mesmo não estava funcionando. Das 38 atividades, 26 foram classificadas

como *setup* interno e apenas 12 como *setup* externo como demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10: Classificação do *setup* do Pulmão

Pulmão	# de Atividades	Total	Representatividade
<i>Setup</i> Externo	12	27	9,68%
<i>Setup</i> Interno	26	252	90,32%
Total	38	279	100%

Fonte: Autoria própria

Isso ocorre pois, por se tratar de um equipamento grande e que precisa de ser movimentado para a etapa da limpeza – abaixar as divisórias que estão no alto – todas as atividades relacionadas a essa operação se tornam indispensáveis para o processo, uma vez que os operadores não conseguiriam realizar a limpeza se o pulmão estivesse funcionando. Na Tabela 11 as atividades de *setup* do Pulmão são classificadas de acordo com os *muda*:

Tabela 11: Atividades do *setup* de acordo com os *muda* – Pulmão

Pulmão	# Atividades de Setup Interno	Tempo total (min) - SI	# Atividades de Setup Externo	Tempo total (Min) - SE
Movimentação	0	0	4	14
Espera	8	8	7	10,5
Não classificada como perda	18	244	2	2,5
Total	26	252	12	27

Fonte: Autoria própria

As somas dos tempos das atividades identificadas como *setup* externo do pulmão somam juntas 27 minutos dos quais 24,5 são considerados como perda. As perdas de movimentação e espera estão relacionadas a busca de material de limpeza fora da linha e na espera das divisórias que estão no alto descenderem para a limpeza.

A divergência no tempo total demonstrado nas Tabelas 10 e 11 comparadas ao tempo total de *setup* do pulmão demonstrado na Figura 7 (279 versus 272 minutos, respectivamente) ocorre devido a soma do tempo das atividades paralelas realizadas pelos operadores. Como citado, nesta etapa os tempos das atividades que eram desenvolvidas paralelamente pelos operadores também foi considerada, uma vez que também representavam perdas.

Esteiras Embalagem: Das atividades realizadas nas esteiras, 11 foram identificadas como *setup* interno e 9 como *setup* externo como demonstrado na Tabela 12.

Tabela 12: Classificação do *setup* das Esteiras Embalagem

Esteiras Embalagem	# de Atividades	Total	Representatividade
Setup Externo	9	16,5	10,34%
Setup Interno	11	143	89,66%
Total	20	159,5	100%

Fonte: Autoria própria

Apesar da esteira possuir um grande tempo de finalização do *setup*, as atividades desempenhadas nela durante o *setup* não se alteram muito (operadores realizam a mesma atividade a maior parte do tempo). Como a esteira não é desmontada para o *setup*, a maior parte do tempo é gasto na etapa de limpeza assim como no pulmão. Na Tabela 14 as atividades de *setup* do Pulmão são classificadas de acordo com os *muda*:

Tabela 13: Atividades do *setup* de acordo com os *muda* – Esteiras Embalagem

Esteiras Embalagem	# Atividades de Setup Interno	Tempo total (min) - SI	# Atividades de Setup Externo	Tempo total (Min) - SE
	Movimentação	0	0	7
Espera	3	8	1	1
Não classificada como perda	8	135	1	1
Total	11	143	9	16,5

Fonte: Autoria própria

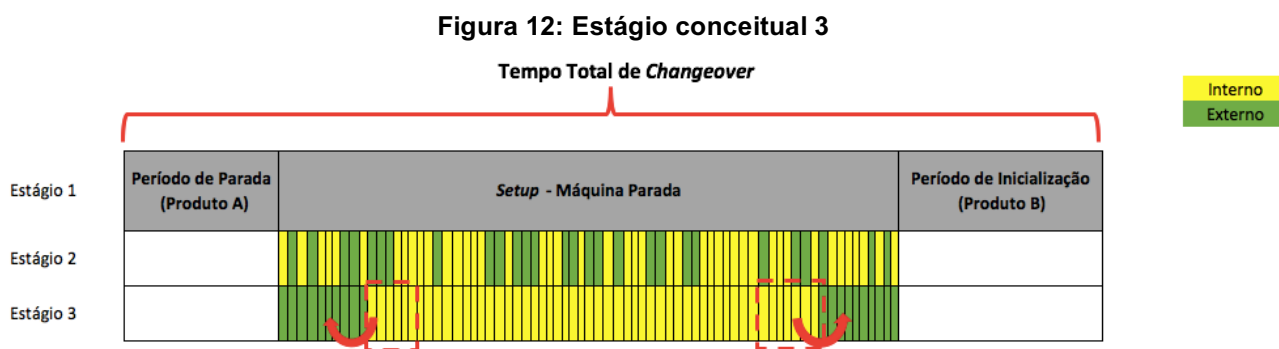
Analisando a Tabela 13 e 14 observa-se que apenas 15,5 minutos são classificados como atividades que podem ser realizadas com as esteiras em funcionamento. Isso ocorre, pois assim como no pulmão as atividades desenvolvidas pelos operadores nas esteiras esta relacionadas a limpeza da mesma, o que só pode ser realizado com as esteiras desligadas.

Com base em todas as informações levantadas no Estágio 2 e apenas com a aplicação da Técnica 1 é possível reduzir consideravelmente o tempo de *setup* de 2

dos 4 equipamentos priorizados (dosador de massa e recheio). Para a redução considerável do tempo de *setup* do Pulmão e das Esteiras da Embalagem, será necessário converter o *setup* interno para externo conforme apresentado no Estágio conceitual 3:

4.3.3 Estágio 3: Converter *Setup* Interno em Externo

Para conversão do *setup* interno em externo é necessária uma análise crítica das atividades desenvolvidas em cada equipamento. Neste estágio através do uso das Técnicas 2 e 3, procura-se transformar as atividades identificadas como internas em externas conforme demonstrado na Figura 12.



A Técnica 2 definida por Shingo (1996) condiz exatamente com o princípio do Estágio conceitual 3 - conversão das atividades internas para externas. Esta técnica, segundo o autor é considerada a mais poderosa de todas as outras, pois a partir da conversão das atividades, o tempo que a máquina fica parada é diminuído consideravelmente.

Segundo o autor, a Técnica 3 que também foi utilizada neste Estágio, está relacionada a padronização da função. A padronização das atividades orienta os operadores na realização das mesmas, o que evita que atividades que não agreguem valor ao processo sejam realizadas.

A partir do princípio das duas Técnicas e da identificação dos tipos de *setup* dos equipamentos realizadas no Estágio 2, as atividades referentes ao *setup* interno dos equipamentos que mais demandavam tempo foram analisadas para cada equipamento priorizado.

Dosador de Massa e Dosador de Recheio: A partir da análise crítica das atividades realizadas pelos operadores dos dois dosadores, concluiu-se que por se tratar de equipamentos idênticos as atividades realizadas durante o *setup* podem ser desempenhadas de formas padronizadas. Abaixo são avaliadas as operações presentes no *setup* interno dos dois equipamentos com maiores tempos.

- **Montagem e desmontagem do equipamento (dosador de massa e recheio):** a atividade de *setup* interno que mais demanda tempo é a montagem e a desmontagem dos dosadores, que foram consideradas como perda de próprio processamento. Com os recursos e condições atuais da linha, essa atividade não pode ser desenvolvida com a máquina em andamento por se tratar de uma peça fundamental para a produção dos tabletes de chocolate. Além disso, se a desmontagem acontecesse enquanto a linha estivesse rodando existiria o risco de contaminação do produto por corpos estranhos (parafusos).
- **Limpeza e Sanitização (dosador de massa e recheio):** nas condições atuais da linha e na forma como a sanitização do equipamento é realizada (quando o equipamento é retirado da linha), essa atividade é considerada como *setup* interno uma vez que a mesma só pode ser realizada quando a máquina não está funcionando.
- **Retirada e colocação do dosador na linha e procura de posição correta para fixação do dosador (dosador de massa e recheio):** uma vez que a desmontagem e montagem é necessária para o *setup* dos dois equipamentos, o tempo dispendido nesta atividade não pode ser convertido para externo, uma vez que a atividade só pode ser realizada com a linha parada. Para este caso, a padronização na forma como as atividades são realizadas mostra-se importante na diminuição do tempo, uma vez que os operadores dos dosadores desempenharam todas as atividades em ordem e maneiras diferentes, somando assim tempos diferentes para a mesma atividade.

Pulmão: as atividades de *setup* interno desempenhadas no Pulmão que mais demandam tempo são analisadas conforme itens abaixo:

- **Soltar a trava manual:** essa atividade é necessária para que o pulmão possa ser movimentado para a limpeza e só é realizada quando o equipamento está

desligado, uma vez que quando ligado o movimento do pulmão é constante e rápido, impossibilitando a sanitização das divisórias. Desta maneira, a atividade não pode ser transformada em *setup* externo nas condições atuais da linha.

- **Movimentação do pulmão:** A atividade é caracterizada pelo movimento do pulmão apenas na altura necessária para que as divisórias que estão em cima fiquem ao alcance dos operadores. Desta maneira, assim como a trava manual, a movimentação do pulmão não pode ser transformada em *setup* externo, uma vez que a limpeza só pode ser realizada com o equipamento parado.
- **Sanitização das divisórias:** a sanitização das divisórias também só é possível com o equipamento desligado utilizando-se da trava manual para movimentação, o que caracteriza a atividade como *setup* interno. Além disso, a sanitização do equipamento é impossível de ser realizada com a linha rodando, uma vez que nesta condição os produtos estarão todos dispostos nas divisórias.

Esteiras Embalagem:

- **Sanitização de esteiras e guias:** a sanitização das esteiras e guias, na situação atual da linha, só é possível de ser realizada quando as mesmas estão paradas, impossibilitando assim a transformação no tipo de *setup* sem alterações no equipamento ou no método de sanitização.
- **Sanitização das bandejas:** as bandejas são formas que ficam abaixo da junção das esteiras para conter o chocolate que venha a cair. Essas bandejas estão interligadas a esteira por um encaixe, o que torna a sua sanitização possível somente quando as esteiras estão desligadas por risco de acidente aos operadores.
- **Retirada de materiais de limpeza da esteira limpa:** essa atividade não agrega valor ao processo uma vez que se mantidos em local adequado durante a limpeza, em um carrinho de limpeza por exemplo, essa atividade não precisaria ser realizada.

Com a análise de todas as atividades no Estágio 3 e com a aplicação das Técnicas 2 e 3 nas condições atuais da linha não é possível obter-se qualquer

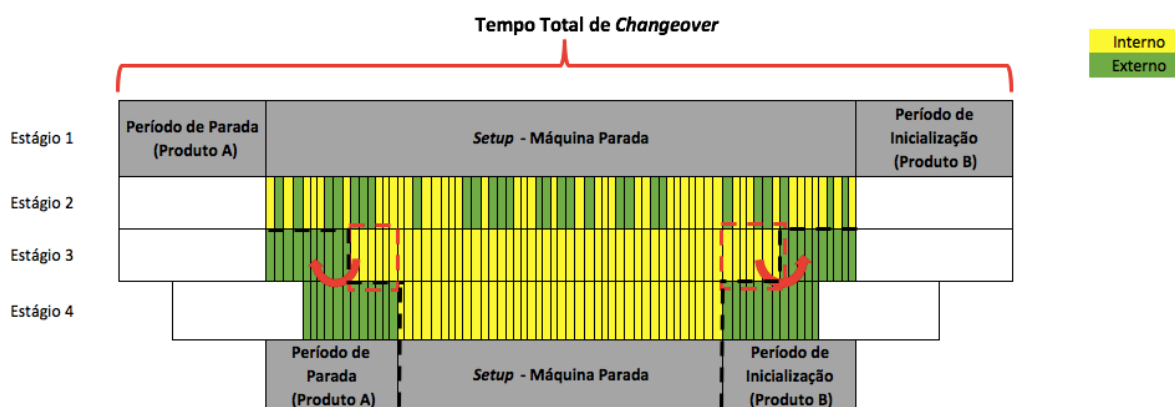
diminuição no tempo total de *setup* convertendo as atividades desempenhadas de internas para externas. Isso ocorre, pois, todas as atividades desempenhadas seja por questão de segurança do operador ou do produto, só podem ser realizadas com a máquina parada. Para que essa conversão seja possível serão necessárias mudanças em todos os equipamentos priorizados.

O próximo e último estágio definido por Shingo (1996) utiliza do restante das Técnicas para diminuição do tempo de *setup*. Nele serão analisadas as atividades do Estágio 3 a fim de gerar propostas que atendam o objetivo principal do estudo.

4.3.4 Estágio 4: Simplificação de todos os aspectos

O Estágio 4, busca a simplificação de todas as tarefas através da aplicação de atividades paralelas, utilização de peças de encaixe rápido (grampos funcionais), eliminação de ajustes e a mecanização conforme demonstrado na Figura 13. Todas as atividades propostas pelo Estágio 4 englobam os conceitos das Técnicas 4, 5, 6 e 7 definidas por Shingo (1996) e buscam a partir dos seus conceitos diminuir o tempo total de *setup* e não apenas o interno.

Figura 13: Estágio conceitual 4



Fonte: Autoria própria

Assim como nos estágios anteriores, foi realizada uma análise crítica das atividades desenvolvidas em cada um dos equipamentos priorizados e a partir desta análise foram pontuadas as possíveis melhorias para diminuição do tempo de *setup*. Neste estágio, possíveis mudanças nos equipamentos e no método de desempenho das atividades são levantadas.

Dosador de Massas e Recheio: por se tratar de equipamentos iguais, as atividades referentes aos dosadores no Estágio 4 também foram analisadas em conjunto conforme descrito nos itens abaixo:

- **Montagem e desmontagem do equipamento (dosador de massa e recheio):** para a implementação de atividades paralelas para o dosador de massas e recheio seria necessário a disponibilidade de um segundo operador para cada equipamento. Para isso é necessária a realização de uma avaliação dos equipamentos não priorizados a fim de definir se com a saída de algum operador de outro equipamento, o tempo de *setup* do mesmo aumentaria. O emprego de atividades paralelas nesse caso, diminuiria o tempo total despendido para desparafusar e parafusar os dois lados do equipamento, além de representar melhorias na agilidade da limpeza do mesmo. Por outro lado, quando analisamos a aplicação do engate rápido, o uso de um segundo operador não é necessário, uma vez que o equipamento conseguirá ser desmontado e montado sem a necessidade de parafusos e de movimentação desnecessária do operador. Além disso, com o engate rápido todo o tempo dispendido no ajuste será eliminado.
- **Limpeza e Sanitização (dosador de massa e recheio):** A conversão dessa atividade para externa torna-se possível com a compra de uma peça reserva. Essa peça já limpa seria substituída pela suja excluindo assim o tempo de limpeza da peça do *setup*. A sanitização da outra peça pode ser realizada em paralelo quando a linha estiver funcionando e a peça depois de limpa seria utilizada para substituição no próximo *setup*, criando assim um ciclo de troca. Considerando que a linha possua dosadores extras para troca, o tempo de *setup* interno dessa atividade é totalmente eliminado uma vez que a mesma será realizada paralelamente.
- **Retirada e colocação do dosador na linha e procura de posição correta para fixação do dosador (dosador de massa e recheio):** como levantado anteriormente, a retirada e colocação do dosador da linha é essencial durante o *setup* e que a proposta para esse caso é a padronização da atividade. Em relação ao tempo dispendido para encontrar a posição correta de fixação do dosador, com a aplicação do engate rápido o mesmo é eliminado do *setup* apresentando assim uma economia no tempo total do *setup* do equipamento.

Pulmão: como levantado anteriormente, o pulmão serve como uma reserva de tabletes de chocolate para a linha caso a fabricação pare por algum motivo. Ele supre a área de embalagem até que a fabricação comece novamente. Desta maneira, o pulmão não é um item essencial para o funcionamento da linha de produção, uma vez que sua utilização é apenas para estoque. Sendo assim, a proposta levantada para o pulmão consiste em sua não utilização constante, ou seja, o pulmão é utilizado apenas depois que paralelamente termina de ser sanitizado.

Para que isso ocorra é necessário realizar o transporte dos tabletes de chocolate para o alinhador enquanto o pulmão é sanitizado. Para isso uma esteira de lona interligando o desmolde com o alinhador seria suficiente para realizar esse transporte e garantir a simplificação do processo, uma vez que assim o tempo dispendido para a sanitização do pulmão seria eliminado do tempo total de *setup*.

- **Soltar a trava manual, movimentação do pulmão e sanitização das divisórias:** neste caso, todas as atividades foram analisadas juntas pois com a implementação de uma esteira de lona para transportar os tabletes enquanto o pulmão está sendo sanitizado paralelamente, o tempo gasto nessa operação seria eliminado do tempo total de *setup* da linha, contribuindo com uma diminuição de 100% do tempo de *setup*.

Esteiras Embalagem: Pelas esteiras da área de embalagens serem de lona e seu método de fixação se encaixe, a retirada e montagem das mesmas é possível e realizada de maneira simples. Desta forma, a atividade de sanitização das esteiras pode ser transferida para externa se a mesma possuir uma peça reserva. Assim como no dosador de massas e recheio, a peça reserva permite que a sanitização da esteira suja seja realizada paralelamente.

- **Sanitização de esteiras e guias:** durante o *setup* das esteiras de embalagem, as atividades já são realizadas de forma paralela, uma vez que a linha conta com 3 operadores para desempenhar todas as funções. Com a implementação de uma esteira extra utilizada para a troca, o tempo de sanitização da esteira é eliminado do tempo de *setup*.

Para a limpeza das guias, durante a observação notou-se a dificuldade da utilização da esponja (que é rígida) para desempenhar a atividade. Desta forma

a compra de um dispositivo que tenha o desenho da guia facilitaria a sanitização da mesma economizando tempo de *setup*.

- **Sanitização das bandejas:** Assim como as esteiras, a atividade de sanitização das bandejas pode ser transferida para *setup* externo com a compra de itens de substituição, as mesmas são sanitizadas enquanto a linha ainda está rodando garantindo assim a transferência da atividade.

O último estágio além de permitir a visualização de ações de melhoria através da aplicação das técnicas 4, 5 6 e 7, finaliza o método de aplicação da ferramenta SMED desenhado pelo autor Shingo (1996). A da Técnica 8 não foi aplicada no estudo devido a necessidade da total implementação de todas as melhorias para só assim pensar na automatização das atividades de *setup*, como é sugerido pelo autor.

Neste estágio, foi possível através do entendimento e aplicação de todas técnicas definir propostas para a diminuição do tempo de *setup* para cada equipamento que serão expostas no próximo item.

4.4 PROPOSTAS DE MELHORIA

A partir da aplicação das técnicas da ferramenta SMED, foi possível identificar qual a situação atual que a linha de tabletes empresa estudada se encontra. Com base nas observações das atividades e a partir da aplicação das técnicas foram sugeridas alternativas de melhoria para redução do tempo de *setup* da linha a fim de proporcionar um melhor desempenho e conseqüentemente inserir a linha em uma mentalidade enxuta no Quadro 5. Para realizar o cálculo aproximado do percentual de redução para as perdas apresentadas no Quadro 5, as atividades que serão eliminadas do tempo de *setup* a partir da implementação das melhorias propostas foram retiradas do cálculo do tempo total de cada equipamento na folha de observação conforme equação 4:

$$\frac{\text{Tempo total de setup do equipamento após melhorias}}{\text{Total total de setup do equipamento inicial}} \times 100$$

No Quadro 5, as propostas para diminuição do tempo de *setup* para cada um dos equipamentos priorizados são dispostas assim como os ganhos esperados referentes as perdas identificadas em cada equipamento.

Quadro 5: Propostas de ações de melhoria no tempo de *setup* (continua)

Equipamento	Proposta	Ganhos	% Redução de Tempo Esperada
Dosador de Massa	<ul style="list-style-type: none"> - Padronização das atividades; - Carrinho com materiais de limpeza para cada operador; - Substituição do sanitizante e esponja por Lenço umedecido com sanitizante; - Engate rápido do dosador (trocar método de montagem – excluir parafusos); - Compra de um segundo equipamento para substituição; 	<ul style="list-style-type: none"> - Movimentação - Espera - Próprio processamento - Transporte - Redução de <i>setup</i> interno 	83,57%
Dosador de Recheio	<ul style="list-style-type: none"> - Padronização das atividades; - Carrinho com materiais de limpeza cada operador; - Substituição do sanitizante e esponja por Lenço umedecido com sanitizante; - Engate rápido do dosador (trocar método de montagem – excluir parafusos); - Compra de um segundo equipamento para substituição; 	<ul style="list-style-type: none"> - Movimentação - Espera - Próprio processamento - Transporte - Redução de <i>setup</i> interno 	86,91%

Fonte: Autoria própria

Quadro 5: Propostas de ações de melhoria no tempo de setup (continuação)

Pulmão	<ul style="list-style-type: none"> - Padronização das atividades; - Carrinho com materiais de limpeza para cada operador; - Substituição do sanitizante e esponja por Lenço umedecido com sanitizante; - Implantação de esteira que realiza o transporte do tablete enquanto o pulmão é sanitizado (o pulmão não é item essencial da linha); 	<ul style="list-style-type: none"> - Movimentação - Espera - Redução de <i>setup</i> interno 	100%
Esteiras Embalagem	<ul style="list-style-type: none"> - Padronização das atividades; - Carrinho com materiais de limpeza cada operador; - Substituição do sanitizante e esponja por Lenço umedecido com sanitizante; - Compra de uma esteira extra para substituição; - Compra de dispositivo que facilite a limpeza das guias (escova côncava); - Compra de bandejas extras para substituição; 	<ul style="list-style-type: none"> - Movimentação - Espera - Redução de <i>setup</i> interno 	86,34%

Fonte: Autoria própria

Algumas atividades desempenhadas pelos operadores estiveram presentes em todos os equipamentos analisados: movimentação para buscar produtos de limpeza e tempo dispendido para colocar o sanitizante na esponja. Visando eliminar essas duas atividades que são classificadas como perdas de movimentação e espera respectivamente, foi proposto para todos os equipamentos a disponibilização de um carrinho para cada operador contendo os produtos necessários para a sanitização dos equipamentos e a utilização de um lenço umedecido com produto sanitizante.

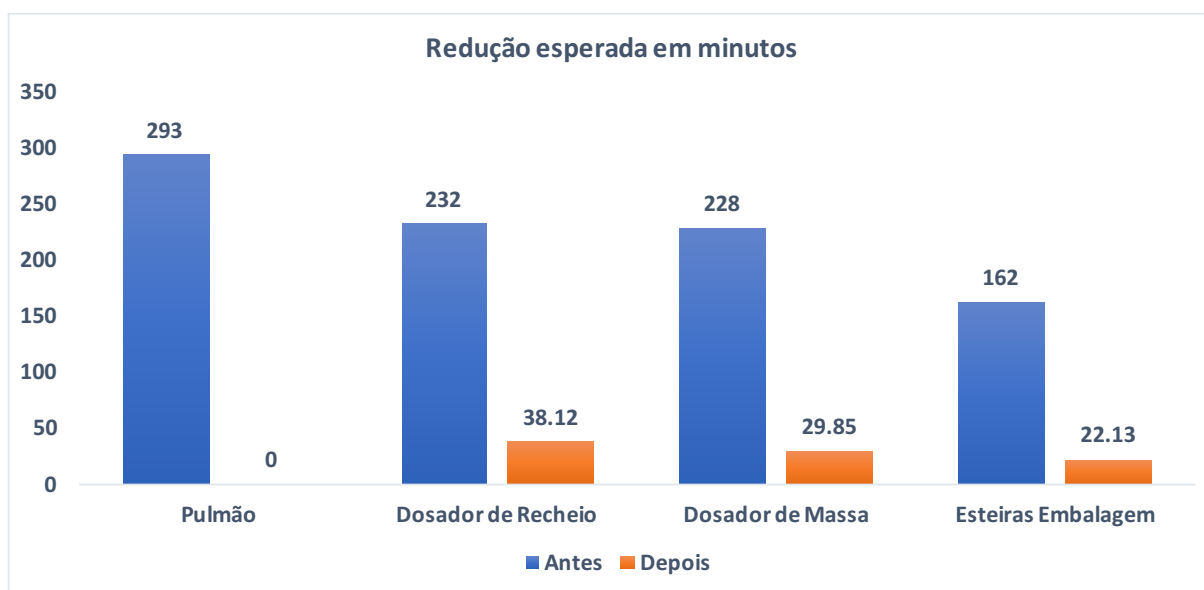
Os equipamentos que apresentaram a maior oportunidade de melhoria no tempo total de *setup* apenas com a separação das atividades de *setup* interno e externo foram o dosador de massas e o dosador de recheio, com um percentual de diminuição de 21,08% e 21,35% respectivamente. Juntos, os dosadores somam uma diminuição de 42,43% no tempo de *setup*. Para a melhoria do *setup* interno dos equipamentos foram propostas a compra de dosadores extras para a substituição e

modernização do sistema de montagem do equipamento, alterando o uso de parafusos para um método de engate rápido (encaixe).

Os outros equipamentos apresentam maiores oportunidades de melhoria no Estágio conceitual 4, onde são identificadas oportunidades de paralelização na utilização dos equipamentos. Para o Pulmão, a implementação de uma esteira que realiza o transporte dos tabletes enquanto o mesmo é sanitizado paralelamente garante que o tempo dispendido na atividade seja eliminado do tempo de *setup* da linha. Da mesma forma, para as esteiras da área da embalagem foi proposto a compra de peças reservas a fim de realizar a troca e eliminar o tempo de sanitização do *setup*.

Na Figura 14, a redução esperada em minutos para cada equipamento priorizado da linha foi tabulada.

Figura 14: Redução esperada de tempo dos equipamentos priorizados



Fonte: Autoria própria

Com a análise da Figura 14, observa-se que o Dosador de Massa e de Recheio apesar de serem equipamentos iguais apresentam valores diferentes de tempo. Após a padronização das atividades é esperado que os tempos dispendidos para o *setup* dos mesmos se igualem ou sejam muito próximos.

Em relação ao ganho esperado na produção com a redução do tempo de *setup* - sem aplicar o estudo nos outros equipamentos da linha e considerando o maior tempo dentre os equipamentos não priorizados – o tempo total da linha passaria de 4 horas e 30 minutos para 1 hora e 20 minutos (tempo de limpeza das geladeiras),

representando uma diminuição de 70,58% no tempo de *setup* total da linha. Em um mês, a linha obteria um ganho de 25,33 horas o que corresponde - baseando-se no valor suposto do preço do chocolate - a R\$ 182.376 em produtos.

Quanto a efetividade da diminuição do tempo, baseando-se na conclusão do estudo realizado por Conceição et al., (2009), apresentado no capítulo 4, depois da implementação das ações de melhoria algumas atividades podem apresentar aumento no tempo devido ao período de adaptação dos operadores, como por exemplo, a padronização das atividades. Porém, diante da possibilidade de uma diminuição considerável no tempo de *setup* com a implementação das ações de melhoria, esse aumento não seja significativo para a linha quando comparado ao tempo gasto no *setup* antes da implementação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para responder à pergunta problema e atender o objetivo geral deste trabalho foi necessário responder os objetivos específicos definidos previamente.

Em relação ao primeiro objetivo específico “levantar dados de atividades realizadas durante o *setup* com cronometragem das atividades realizadas na linha”, conclui-se que a visita realizada na linha somadas a entrevista realizada com o líder e as observações iniciais foram essenciais para a priorização dos equipamentos com tempo de *setup* mais críticos que foram base para o desenvolvimento do trabalho.

Quanto ao segundo objetivo específico do trabalho “aplicar a ferramenta SMED após análise de dados levantados na linha”, foram utilizadas a folha de observação para identificação das atividades e a classificação das mesmas conforme as perdas (*muda*) definidas por Taiichi Ohno. Na análise dos dados, também foi utilizada a observação prévia das atividades desempenhadas pelos operadores durante o tempo de *setup*. A observação prévia (sem a cronometragem) serviu para analisar se a presença de observadores afetava no desempenho dos operadores e assim garantir que quando as melhorias forem implementadas sejam comparados dados semelhantes. Para a aplicação da ferramenta SMED, as técnicas de diminuição de tempo de *setup* definidas por Shingo (1996) foram utilizadas dentro dos 4 estágios conceituais da ferramenta. A aplicação das técnicas permitiu a visualização das oportunidades presentes no *setup* da linha estudada.

O último objetivo específico buscou a partir da aplicação da ferramenta SMED analisar resultados do SMED para direcionar as ações. As propostas foram definidas para cada equipamento priorizado e quando implementadas devem diminuir consideravelmente o tempo de *setup* da linha. Desta forma, para responder à pergunta problema do estudo proposto sobre quais ações se mostram efetivas para a redução do tempo total de *setup* através do uso da ferramenta SMED, foram propostas: padronização das atividades, compra de carrinhos para disposição dos materiais de limpeza para cada operador e a aplicação da sanitização em paralelo com a substituição de equipamentos (compra de equipamentos extras).

As propostas se tornam válidas e implementáveis, uma vez que a empresa está inserida na cultura de melhoria contínua e entende que a diminuição do tempo de *setup* ajuda na diminuição dos desperdícios e na maior produtividade para a linha e

consequentemente para a empresa. De acordo com a caracterização realizada pelo autor Van Goubergen (2000) vista no capítulo 2 deste estudo, com a redução do tempo de *setup* a empresa é capaz de se tornar mais flexível, reduzir o gargalo com a diminuição do tempo ocioso dos equipamentos e minimizar os custos diretos de produção. Com as melhorias propostas, a empresa poderá diminuir aproximadamente 70,58% do tempo atual de *setup*, o que representa um ganho de 25,33 horas no mês que não eram utilizadas para a produção.

Durante o desenvolvimento do trabalho foram identificados pontos potenciais de melhorias e sugestões para projetos futuros visando a melhoria contínua e a produção enxuta da empresa:

- Aplicar o estudo dos equipamentos após implementação das melhorias propostas;
- Aplicar o estudo para todos os equipamentos da linha;
- Definir dois observadores para cada operador da linha a fim de melhor detalhamento das atividades;
- Replicação do estudo para todas as linhas da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULAKH, Sachpreet Singh; GILL, Janpreet Singh. **Lean manufacturing-a practitioner's perspective**. Industrial Engineering and Engineering Management, 2008. IEEM 2008. IEEE International Conference on. IEEE, 2008. p. 1184-1188.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES, CACAU, AMENDOIM, BALAS E DERIVADOS - ABICAB. **Salão de Páscoa 2016 reúne maiores fabricantes do país**. Disponível em: <<http://www.abicab.org.br/salao-de-pascoa-2016-reune-maiores-fabricantes-do-pais/>> Acesso em: 26 mai. 2016.

CARDOSO, Rogério. **Análise da aplicabilidade dos princípios e ferramentas da produção enxuta para melhoria da gestão de processos operacionais de educação a distância em instituições de ensino superior**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade Metodista de Piracicaba.

CONCEIÇÃO, Samuel Vieira et al. **Desenvolvimento e implementação de uma metodologia para troca rápida de ferramentas em ambientes de manufatura contratada**. Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 3, p. 357-369, set. 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2009000300004&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 10 mai. 2016.

COSTA, A.; ZEILMANN, R. P.; SCHIO, S. M. **Análise de Tempos de Preparação em Máquinas CNC**. O Mundo da Usinagem. n. 4, 2004.

DOS SANTOS, Carlos Aparecido. **Produção Enxuta: uma proposta de método para introdução em uma empresa multinacional instalada no Brasil**. 2003.

ELIAS, S. J. B.; MAGALHÃES, L. C. **Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da Produção mais limpa**. Revista Produção Online, v. 3, n. 4, 2003.

FANDIÑO, A. M.; OLIVEIRA, A. P. **Avaliação da aderência do sistema de produção enxuta aplicado à gestão da produção de uma empresa automobilística**. Congresso Virtual Brasileiro de Administração, 2009. Disponível em: <http://www.convibra.com.br/2009/artigos/143_0.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2016.

FERRADÁS, Pablo Guzmán; SALONITIS, Konstantinos. **Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells**. Procedia CIRP, v. 7, p. 598-603, 2013.

GHINATO, P. Publicado como 2º. cap. do Livro **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time**. Production, v. 5, n. 2, p. 169-189, 1995.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GONZALEZ, E. F.; JUNGLES, A. E. **O 5S como Ferramenta de Qualidade em Células de Produção em Canteiro de Obras.** SIBRAGEC-SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, v. 3, p. 1-7, 2003.

HINCKLEY, Clifford Martin. **Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry.** Accreditation and Quality Assurance: Journal for Quality, Comparability and Reliability in Chemical Measurement, v. 12, n. 5, p. 223-230, 2007.

HOLWEG, Matthias. **The genealogy of lean production.** Journal of operations management, v. 25, n. 2, p. 420-437, 2007.

KARASU, M. Kemal, et al. **Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on injection molding production.** *Measurement* 47 (2014): 741-748.

KING, Peter L. **SMED in the process industries:** Improved flow through shorter product changeover. *Industrial Engineer*, v. 41, n. 9, p. 30, 2009.

KRAFCIK, J.F. **Triumph of the lean production system.** Sloan School of Management Review. V.10, n.1, p.41- 52, 1988.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

MCINTOSH, R. et. al. **An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance.** *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, n.9, pp. 5-22, 1996.

MENEGON, D.; NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F. **Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um Sistema de Produção Enxuta.** XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção-Ouro Preto, MG, Brasil, v. 21, 2003.

MOTTA, P.C.D. **Ambiguidades metodológicas do just-in-time.** Encontro Anual da ANPAD, 17. ANPAD, Salvador, 10v. v.3. p. 129, 1993.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção Além Da Produção.** Bookman, 1997.

SALTORATO, Patrícia; CINTRA, Caio Tellini. **Implantação de um Programa de Manutenção Produtiva Total em uma Indústria Calçadista em Franca.** ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (XIX ENEGEP), v. 56, 1999.

SHINGO, Shigeo. **A revolution in manufacturing: the SMED system.** Productivity Press, 1985.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de Produção:** do ponto de vista da engenharia de produção, 1996.

SILVA, I.; DURAN, O. **Reduzindo os tempos de preparação em máquinas em uma fábrica de autopeças**. Máquinas e Metais. São Paulo, n. 385, p. 70-89, 1998.

SOUSA, R. M.; LIMA, R. M.; CARVALHO, D.; ALVES, A. **An Industrial Application of Resource Constrained Scheduling for Quick Changeover**. Industrial Engineering and Engineering Management, p. 189-193, 2009.

TROVINGER, Sheri Coble; BOHN, Roger E. **Setup Time Reduction for Electronics Assembly: Combining Simple (SMED) and IT-Based Methods**. Production and Operations Management, v. 14, n. 2, p. 205-217, 2005.

ULUTAS, Berna. An application of SMED Methodology. **World academy of science, engineering and technology**, v. 79, p. 101, 2011.

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

VAN GOUBERGEN, Dirk. **Set-up reduction as an organization-wide problem**. IIE Solutions, 2000.

WOMACK P. J.; JONES T. D.; ROOS D. **A máquina que mudou o mundo**. 11. ed. Tradução de Ivo Korytowski. – Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues, Priscilla Martins Celeste. - Rio de Janeiro: Campus, 1998.

APÊNDICE A - FOLHA DE OBSERVAÇÃO DE TEMPO DE *SETUP*

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA

Roteiro da Entrevista – Líder da Linha

1. Quantas vezes é realizada a parada para *setup* na linha semana?
2. Quantos funcionários são necessários para o *setup* da linha?
3. Quais os tempos dos dois últimos *setups* realizados na linha?
4. Quais equipamentos apresentam os maiores tempos de *setup*?