

## Método SMED: Análise e aperfeiçoamento

*SMED method: Analysis and improvement*

Cassio Parisotto<sup>1</sup> y Prof. Diego Augusto de Jesus Pacheco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Produção

<sup>1</sup>Faculdades Integradas de Taquara – Faccat – Taquara – RS – Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Produção

<sup>2</sup>Centro Universitário Ritter dos Reis - UniRitter, Porto Alegre, Brasil

[diego\\_pacheco@uniritter.edu.br](mailto:diego_pacheco@uniritter.edu.br), [cassio@faccat.br](mailto:cassio@faccat.br)

Fecha de recepción: Abril 2016

Fecha de aceptación: Diciembre 2016

**Resumo:** Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa exploratória com abordagem quantitativa e qualitativa que teve como finalidade aplicar o método SMED para redução do tempo de setup e analisar as lacunas encontradas no método. Na primeira parte do trabalho, foram aplicados os quatro estágios do SMED, definidos por Shingo (1985) e, na segunda parte, foi realizada a análise das lacunas identificadas na aplicação do método original criado por Shingo. Como resultado, obteve-se redução de 72,6% no tempo de setup do equipamento estudado, elevando o OEE de 82,2% para 87,9%. Além das melhorias no equipamento, foi possível comprovar um aspecto não considerado no método SMED, que já havia sido verificado na literatura e identificar dois novos aspectos não citados na literatura e não considerados no método: padronização das atividades e verificação dos resultados. Por fim, através do estudo, foi realizada a proposição de um novo modelo para redução de tempo de setup considerando tais lacunas.

**Palavras-chave:** Setup, SMED, OEE, redução de setup.

**Abstract:** This article presents the results of an exploratory research with quantitative and qualitative approach that had as purpose to apply the SMED method for reduction of setup time and analyze the gaps found in the method. The study was applied on a PET packaging line of soft drinks from a big beverages industry located in the Paranhana Valley. In the first part of the work, the four stages of SMED defined by Shingo (1985) were applied and in the second part was performed the analysis of gaps identified in the application of the original method created by Shingo. As a result, there was obtained 72.6% reduction in setup time of the equipment studied raising the OEE from 82.2% to 88%. In addition to the improvements on the equipment, it was possible to demonstrate an aspect not considered in the SMED method that had been verified in the literature and identify two new aspects not mentioned in the literature and not considered in the method: standardization of activities and verification of results. Lastly, through the study, was performed the proposition of a new model to reduce setup time considering such gaps.

**Keywords:** Setup, SMED, OEE, setup reduction.

## 1. Introdução

Todas as organizações possuem objetivos operacionais em comum, independente do setor em que atuam ou do porte da empresa. Entre esses objetivos, os principais são produzir mercadorias e serviços adequados que sejam entregues de maneira rápida e pontual. É necessário que as empresas tenham a capacidade de alterar o volume de produção de maneira relativamente fácil para atender, com eficácia, aos inesperados aumentos e diminuições de demanda, dando a sensação para o mercado de que a empresa oferece

produtos personalizados que satisfazem as necessidades do consumidor e ainda mantém o benefício da produção em grande escala (Marcouse; Surridgr; Gillespie, 2013).

Para sobreviver em uma competição feroz, as indústrias precisam reduzir os tempos de produção e os custos, a fim de melhorar o desempenho e sua flexibilidade frente ao mercado (DAVE; SOHANI, 2012). Dentro deste cenário, a redução dos tempos de troca de ferramentas e equipamentos é fundamental para atender mudanças de mercado e obter flexibilidade.

A flexibilidade pode ser definida como a capacidade de um sistema para realizar adaptações pró-ativas e reativas de sua configuração, a fim de lidar com as incertezas internas e externas no processo de produção que afetam o fluxo de materiais. Assim, um facilitador chave para alcançar a flexibilidade e implementar a produção enxuta é a redução do tempo de instalação (REZA et al., 2016). Com essas reduções, a organização consegue produzir pequenos lotes, atendendo rapidamente o mercado e sem a geração de grandes estoques. Segundo Shingo (1985), um dos benefícios da redução dos tempos de troca de ferramentas é a rápida resposta às flutuações de demanda, através de ajustes para adequar-se a mudanças nas exigências de modelo e ao tempo de entrega.

Outras práticas como a Agile Manufacturing também tem sido usadas para melhorar a flexibilidade e desempenho das indústrias (Vázquez-Bustelo et al., 2007; Gunasekaran, 1999). Saes e Godinho Filho (2011) apontam que para obter agilidade a partir de respostas rápidas pela adoção da manufatura responsiva proposta por Suri (1998) é necessário implementar algumas ferramentas, tais como SMED, TPM e Kanban. Bartz, Siluk e Garcia (2012) afirmam que na indústria alimentícia, qualquer ganho obtido em produtividade significa grandes volumes de produção acrescidos, pois, na maioria dos casos, as máquinas possuem elevada capacidade produtiva. No caso da empresa estudada que pertence ao setor alimentício, a maior oportunidade observada na linha de produção está nas perdas de setup.

É fundamental para as organizações conhecer suas principais perdas e definir a melhor maneira de eliminá-las. Para definir o problema específico a ser estudado é necessário realizar medições nas linhas de produção para identificar as suas maiores perdas e, em seguida, definir a ferramenta mais adequada para tratá-la. Conforme Shingo (1985), medir as perdas no sistema de produção é fundamental para o sucesso e a competitividade da manufatura no mercado em que está inserida. O estudo das perdas deve englobar o completo estudo da produção. Para ter sucesso no combate as perdas, é necessário avaliar tanto os equipamentos quanto a operação envolvidos. Segundo Vidor e Galelli (2007), as perdas nos sistemas de produção podem ser decorrentes de processos ou operações, os processos estão caracterizados pelo fluxo de materiais e as operações caracterizam-se pelo trabalho realizado para executar as transformações, estabelecendo relações entre equipamento e homem.

Para redução das perdas de setup, um dos métodos mais eficientes é o SMED (Single Minute Exchange of Die) também chamado de TRF (Troca Rápida de Ferramenta).

De acordo com Bacci, Sugai e Novaski (2005), para a aplicação efetiva e eficaz do método SMED, é necessário estudar os seus condicionantes, já que estes fatores influenciam diretamente as decisões de investimento na indústria. Os autores também defendem que é possível fazer uma tomada de decisão com base no OEE (Overall Equipment Effectiveness) de cada operação ou equipamento, visto que este índice é um operador capaz de analisar a eficiência em que as instalações estão sendo utilizadas.

Vale dizer que a redução do tempo de setup possibilita, além do aumento do OEE e da produtividade, maior velocidade de resposta às oscilações de demanda do mercado. Conceição et al. (2009) cita como benefícios da adoção do método SMED o aumento de produtividade e redução de custos, elementos fundamentais para uma empresa ser competitiva em ambientes de produção complexos e dinâmicos. Além disso, permite a produção de um grande mix de produtos, com a redução dos tamanhos dos lotes de produção e maior agilidade para responder às variações da demanda, com a redução do lead time. A linha de produção estudada possui demanda variável de acordo com a sazonalidade e, mesmo no período de maior demanda, a linha consegue atender as solicitações do mercado. Apesar disso, o tempo de setup realizado é 92% maior do que o tempo hipotético utilizado para a programação da produção, conseqüentemente, ocorrem atrasos na programação semanal da linha.

Assim sendo, este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa exploratória que teve por finalidade aplicar o método SMED para redução do tempo de setup, em uma linha de envase de refrigerantes em embalagem PET (politereftalato de etileno), e analisar as lacunas do método criado por Shingo (1996). Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema e, posteriormente, foi realizado um estudo de caso onde foram aplicados os quatro estágios do SMED, definidos por Shingo. Por fim, foi realizada a análise das lacunas identificadas na aplicação do método. O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2, é apresentada a fundamentação teórica; na seção 3, a metodologia utilizada; na seção 4, o estudo aplicado; na seção 5, a análise e discussão dos resultados e na seção 6, as conclusões deste trabalho.

## 2. Revisão da literatura

### 2.1 TPM (Total Productive Maintenance)

O TPM está entre os métodos mais eficientes para

transformar uma fábrica em uma operação onde o gerenciamento seja orientado para o equipamento. Conforme Takahashi e Osada (1993), para essa transformação é fundamental que todos os colaboradores da organização, inclusive a alta gerência, voltem sua atenção a todos os componentes da fábrica, pois a confiabilidade, a segurança, a manutenção e as características operacionais da fábrica são elementos decisivos para garantir qualidade, quantidade e custo.

Silva e Resende (2013) afirmam que o TPM caracteriza-se por buscar a maximização da eficiência global das máquinas através da eliminação de falhas, defeitos, desperdícios e obstáculos à produção, onde a participação e a integração de todos os departamentos da empresa, bem como de todos da fábrica, desde a direção aos operadores, são fundamentais para a implantação do método com o propósito de tornar a operação apta a promover, no seu ambiente de trabalho, mudanças que garantam altos níveis de produtividade. Segundo Leal et al., (2012), para que o operador obtenha o domínio do seu equipamento, é necessário mudar o conceito de “eu fabrico, você conserta” para “do meu equipamento cuidado eu”.

Conforme Silva et al. (2013), o TPM é estruturado através de oito pilares, que possuem as seguintes funções: (i) Melhoria Específica: focar na melhoria global do negócio; (ii) Manutenção Autônoma: autogerenciamento e controle, liberdade de ação, elaboração e cumprimento de padrões; (iii) Manutenção Planejada: treinar técnicas de planejamento, utilizar um sistema mecanizado de programação diária e planejar paradas; (iv) Educação e Treinamento: ampliar a capacitação gerencial, técnica e comportamental de manutenção e operação; (v) Controle Inicial: estabelecer um sistema de gerenciamento da fase inicial para novos projetos; (vi) Manutenção da Qualidade: estabelecer um programa de zero defeito; (vii) TPM Office: estabelecer um programa de TPM nas áreas administrativas; (viii) Segurança: estabelecer um sistema de saúde, segurança e meio ambiente.

## 2.2 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Existem vários métodos utilizados nas indústrias para avaliar a eficiência de processos produtivos, sendo que muitas delas se baseiam no OEE para medir seu desempenho. Segundo Silva e Resende (2013), o objetivo do OEE é medir a frequência que os equipamentos estão disponíveis para operação, a velocidade em que a produção ocorre e a quantidade de produtos gerados sem considerar os refugos. Quando o indicador de OEE está abaixo dos parâmetros satisfatórios, o TPM

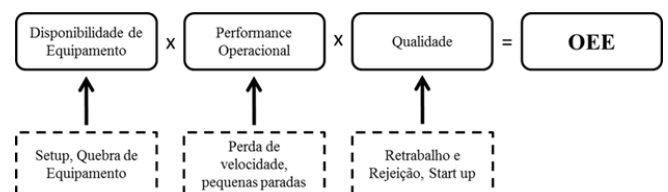
atua para buscar soluções e corrigir os problemas que estão tornando a organização ineficiente.

Conforme Moellmann et al. (2006), o indicador de OEE permite analisar rapidamente a capacidade de uma linha de produção como um todo, desde que conhecida a capacidade bruta de produção dos equipamentos. Além disso, o indicador é extremamente útil também para analisar as operações que representam gargalos para a linha de produção, ou seja, aquelas que, de alguma maneira, causam restrições para o atingimento da total capacidade da linha de fabricação. Ainda, segundo Moellman et al. (2006), para uma análise precisa da performance de uma linha de produção e para um adequado direcionamento de ações, é fundamental o cálculo do indicador de OEE.

Gelatti et al. (2012) afirma que o OEE é uma poderosa ferramenta de produção e manutenção para aumento dos lucros. Para aumento da produtividade, o indicador de OEE preza pela Teoria das Restrições, a Troca Rápida de Ferramentas, o equilíbrio entre produção e capacidade, as condições básicas de manutenção e uma estratégia de manutenção de pequenas paradas regulares na linha. A utilização do OEE permite que as empresas analisem as reais condições de utilização de seus equipamentos, sendo que um OEE de 85% deve ser buscado como uma meta ideal para os equipamentos (Nakajima, 1993).

Segundo Raposo (2011) o OEE é utilizado para medir o desempenho de equipamentos e máquinas, possibilitando a visualização dos equipamentos ou processos que possuem baixos índices de eficiência e que necessitam de intervenção. De acordo com Moellmann et al., (2006), o cálculo do OEE envolve três variáveis: disponibilidade, performance e qualidade, conforme visto na Figura 1.

Figura 1 - Dados para o cálculo do OEE



Fonte: Adaptado de Raposo (2011)

A disponibilidade é dada pela porcentagem do tempo em que o equipamento é utilizado efetivamente em atividade produtiva. A qualidade é medida pela porcentagem de peças produzidas pela máquina que cumpriu todos os requisitos e exigências de qualidade. E a eficiência da máquina ou da operação é dada pela relação percentual entre a produção real e a produção

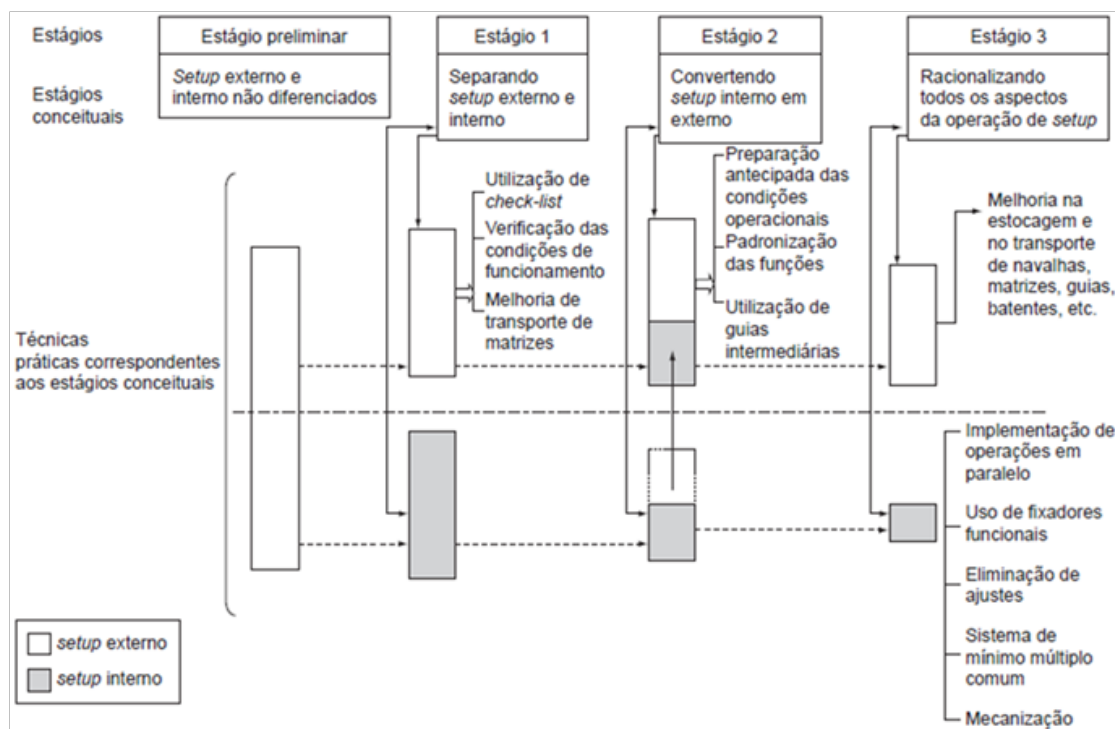
padrão, ou ainda, pela relação percentual entre o tempo padrão da operação e seu tempo real de execução. Conforme Raposo (2011), a eficiência, neste contexto, está relacionada à redução ou eliminação das atividades que não agregam valor ao produto e que, portanto, são geradoras de custos. Na filosofia Lean, tais atividades são classificadas em oito desperdícios: superprodução, desperdício de estoque, produto defeituoso, retrabalho, espera, pessoal, movimentação e desperdício de transporte.

### 2.3 SMED (Single Minute Exchange of Die)

Conforme Shingo (1985), SMED é a sigla para Single Minute Exchange of Die, expressão em inglês que significa, numa tradução livre, Troca de Molde em Tempo menor que 10 minutos. Essa metodologia é também conhecida como TRF (Troca Rápida de Ferramenta). De acordo com Reis e Alves (2010), o método SMED foi criado por Shigeo Shingo, o qual desenvolveu a metodologia por um período de 19 anos através de exames detalhados de aspectos teóricos e práticos para redução de setup.

De acordo com Sugai, McIntosh e Novaski (2007), o método SMED foi publicado por Shingo pela primeira vez no Ocidente em 1985, com o livro “A Revolution in Manufacturing: The SMED System”. A metodologia é considerada a principal referência quando se trata de redução dos tempos de setup de máquinas. Satolo e Calarge (2008) afirmam que o tempo de setup pode ser definido como o tempo transcorrido para realização de todas as tarefas necessárias para a troca de ferramenta, desde o momento em que se tenha completado a última peça do lote anterior, até o momento em que, dentro do coeficiente normal de produtividade, se tenha feita a primeira peça do lote posterior. Segundo Reis e Alves (2010), a base do método SMED está no entendimento de que as operações de setup são de dois tipos diferentes: (i) Setup interno - atividades que só podem ser realizadas quando a máquina estiver parada, por exemplo: montagem ou remoção de matrizes; (ii) Setup externo - atividades que podem ser realizadas quando a máquina estiver funcionando, por exemplo: transporte de matrizes já utilizadas para o almoxarifado. De acordo com Shingo (1996), o SMED conduz a melhoria do setup de forma progressiva. Assim, ele passa por quatro estágios básicos, conforme visto na Figura 2.

Figura 2 – Estágios de Implantação do SMED



Fonte: Adaptado de Shingo (1985).

Ainda, segundo Shingo (1985), as atividades executadas em cada etapa de implantação do SMED são:

- a) Estágio Preliminar: neste estágio não é realizada nenhuma distinção entre setups interno e externo, somente é verificado o procedimento atual de setup;
- b) Estágio Um: é o estágio mais importante na implantação do SMED. Neste estágio, as atividades serão separadas em internas e externas;
- c) Estágio Dois: durante este estágio, deve-se analisar as operações de setup para determinar se alguma das atividades de setup interno pode ser convertida em setup externo;
- d) Estágio Três: no último estágio de implantação do SMED, são examinadas todas as atividades de setup interno e externo para observar possíveis oportunidades de melhorias, levando em consideração a eliminação de ajustes e a linearização dos métodos de fixação.

De acordo com Fogliatto e Fagundes (2003), esses estágios evidenciam que o SMED é composto por duas ações principais, a análise e a implementação, considerando a distinção entre as atividades de setup interno e externo e a redução dos tempos das atividades. Para a aplicação dos estágios do SMED, propõe-se a utilização de oito técnicas: (i) separar operações internas e externas; (ii) converter setup interno em externo; (iii) padronizar a função dos elementos de setup; (iv) utilizar fixadores funcionais nos equipamentos ou eliminar fixadores; (v) utilizar dispositivos intermediários para eliminar ajustes durante o setup interno; (vi) adotar operações paralelas; (vii) otimizar operações, eliminando a necessidade de ajustes; (viii) mecanizar as operações.

De acordo com Kanzawa (2006), em muitas situações, reduzir o setup para um tempo inferior a 10 minutos não será possível devido à necessidade de um alto investimento. Entretanto, aplicando o conceito e as ferramentas do SMED, será possível reduzir drasticamente o tempo de duração do setup na maioria dos casos. Antunes e Rodrigues (1993) afirmam que o uso adequado do método de troca rápida de ferramentas é um dos meios essenciais para que seja possível produzir em ambientes flexíveis do tipo just-in-time.

Conceição et al. (2009) citam como benefícios da adoção do método SMED o aumento de produtividade e a redução de custos, elementos fundamentais para uma empresa ser competitiva em ambientes de produção complexos e dinâmicos. Além disso, permite a produção de um grande mix de produtos, com a re-

dução dos tamanhos dos lotes de produção, maior agilidade para responder às variações da demanda e com a redução do lead time. Apesar dos benefícios da aplicação do SMED, Sugai, McIntosh e Novaski (2007) afirmam que o método é mais indicado para processos simples, pois a forte ênfase na transferência de atividades internas para atividades externas torna a metodologia pouco enfática quanto à importância das melhorias em projeto de máquinas.

O SMED mostra seu vigor e importância para a melhoria da produtividade pois resultados recentes de sua aplicação são evidenciados na literatura. No estudo de Trojanowski et al. (2016) as principais melhorias introduzidas foram obter trocas mais curtas e melhora da performance da manutenção das máquinas. Em recente estudo aprofundado de revisão da literatura sobre SMED intitulado 'SMED: A Literature Review from 1985 to 2015' os autores Reza et al. (2016) concluíram que o método pode gerar benefícios como a redução de 90% dos tempos de setup com moderados investimentos, redução de perda, aumento de qualidade e da flexibilidade do sistema produtivo. O estudo de revisão de literatura de Dave e Sohani (2012) também concluiu que: (i) programa contínuo de treinamento e conscientização da alta administração para a gestão é essencial para aproveitar o potencial do SMED; (ii) SMED pode ser aplicado a qualquer indústria; (iii) o uso de controle visual e 5S potencializam os resultados do SMED; (iv) SMED gera melhorias mecânicas, organizacionais e economia de mão-de-obra.

No estudo Lv et al. (2014) obteve-se redução de 55% dos tempos de setup, além de melhoria na flexibilidade e redução na intensidade do trabalho. Moreno et al. Obtiveram redução de até 51% nos tempos de setup. Branco (2016) fez a aplicação conjunta das metodologias TRIZ-Taguchi-SMED e o modelo foi testado e validado numa indústria de injeção de moldes de plásticos em dois casos de estudo obtendo vários benefícios. Outra importante vantagem é que método SMED pode ser aplicado em diversos setores da indústria, tais como: fabricação de torres para linhas de transmissão de energia elétrica (Gonçalves; Souza, 2013), estamperia (Santos et al., 2012), processo de injeção termoplástica (Correia et al., 2010), indústria de alimentos (Pontes et al., 2007), indústria farmacêutica (Cas et al., 2013), calçados (Lopes; Lopes; Moraes, 2007), metalúrgica (Rech, 2004), eletrodomésticos (Campanini et al., 2013), plásticos (Cechet et al., 2012), siderúrgica (Leão, 2009), eletroeletrônico (Rezende; Rebelo, 2009), confecção (Silva et al., 2013), botas de PVC (Costa; Lima; Gomes, 2012) e até mesmo em processos, como atividades de manutenção preventiva (Leão, 2009).

## 2.4 Melhoria de produtividade na indústria

Slack et al. (1996) afirmam que todas as operações produtivas precisam de alguma forma de medida de desempenho como pré-requisito para melhoramento da produtividade. Segundo o autor, qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo são os cinco objetivos do desempenho. Algumas medidas parciais podem ser usadas para avaliar o desempenho de um sistema produtivo, conforme visto no Quadro

**Quadro 1 – Exemplos de medidas parciais de desempenho**

Objetivo de Desempenho	Algumas medidas típicas
Qualidade	Número de defeitos por unidade Nível de reclamação do consumidor Nível de refugo Alegações de garantia Escore de satisfação do consumidor
Velocidade	Tempo de cotação do consumidor Lead-Time de pedido Frequência de entregas Tempo de atravessamento real versus teórico Tempo de ciclo
Confiabilidade	Porcentagem de pedidos entregues com atraso Atraso médio de pedidos Proporção de produtos em estoque Aderência à programação
Flexibilidade	Tempo necessário para desenvolver novos produtos/serviços Tempo de mudança de máquina Tamanho médio de lote Capacidade média e capacidade máxima Tempo para mudar programações
Custo	Tempo mínimo de entrega/tempo médio de entrega Variação contra orçamento Utilização de recursos Produtividade da mão-de-obra Eficiência Custo por hora de operação

Fonte: Adaptado de Slack et al. (1996).

Segundo Ohno (1997), para melhorar o desempenho de uma fábrica, a eficiência deve ser melhorada em cada estágio. Para isso, é necessário observar a eficiência de cada operador e de cada linha, então deve-se observar os operadores como um grupo, e depois, a eficiência de toda a fábrica.

King, Lima e Costa (2014) afirmam que a produtividade é a principal forma de medir a geração de riquezas em uma sociedade. Além da ampliação do valor adicionado em relação aos recursos utilizados, o aumento da produtividade possibilita a expansão e diversificação dos mercados. De acordo com Antunes et., (2008), existem dois tipos de recursos que restringem os fluxos de materiais nos sistemas produtivos, podendo afetar o desempenho econômico e financeiro das empresas: os gargalos e os recursos com capacidade restrita, também chamados de CCRs (Capacity Constraints Resources).

Os gargalos de produção são os recursos que possuem capacidade disponível menor do que a capacidade necessária para atender a demanda do mercado, considerando um determinado período de tempo analisado. Já os CCRs são os recursos que possuem capacidade maior do que a demanda de mercado, mas podem apresentar restrições a capacidade devido a variabilidades no sistema produtivo, como por exemplo, deficiências no sequenciamento de produção, problemas de manutenção e questões associadas a tempos de setup (Antunes et al., 2008).

Aragão (2007) defende que os principais objetivos do TPM são proteger o valor do acionista, resgatar as condições básicas dos equipamentos e garantir sua confiabilidade, a partir da identificação de perdas no processo produtivo. Para identificar os grandes grupos de perdas dentro de uma organização, é necessário o desenvolvimento de uma sistemática de identificação e priorização para eliminação de perdas. Segundo o autor, essa sistemática é conhecida como *Árvore de Perdas*.

Ohno (1997) afirma que tudo o que não agrega valor ao produto, visto sob os olhos do cliente, é desperdício no sistema de Produção Enxuta. Além disso, o autor defende que Produção Enxuta é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios. Riani (2006) explica cada uma dessas perdas conforme abaixo:

a) Perda por superprodução: pode ser por quantidades produzidas além do volume programado ou por antecipação, quando a produção ocorre antes do momento necessário, gerando estoques;

- b) Perda por tempo de espera: consiste no tempo em que nenhum processamento, transporte ou inspeção é executado;
- c) Perda por transporte: são deslocamentos desnecessários ou estoques temporários, representa desperdício de tempo e de recursos;
- d) Perda por processamento: são perdas em máquinas ou equipamentos quando os mesmos são usados de modo inadequado quanto à capacidade de executar uma operação;
- e) Perda por movimentação nas operações: consiste nos movimentos desnecessários, realizados pelos operadores durante a execução de uma operação;
- f) Perda por produtos defeituosos ou retrabalho: é a geração de produtos com características de qualidade fora da especificação, resultando em desperdícios de materiais e de mão-de-obra;
- g) Perda por estoque: são recursos financeiros parados em estoque, na forma de matéria prima, produtos semiacabados ou acabados. São desperdícios de investimento e de espaço.

Além dos sete tipos clássicos de perdas citados por Ohno (1997), Liker (2005) afirma que existe um oitavo tipo de perda, referente a desperdícios da criatividade dos funcionários. Segundo o autor, essa perda se caracteriza pela perda de tempo, habilidades, ideias, melhorias e oportunidades por não envolver e ouvir os funcionários.

### 3. Método

A indústria de bebidas onde foi aplicado o estudo é de grande porte e está localizada na cidade de Igrejinha, no Brasil desde 2004. Com aproximadamente 350 funcionários, a unidade tem capacidade produtiva de 250.000 hectolitros/mês. Esta produção se dá através de uma linha de vidro retornável, uma linha de refrigerante PET, uma linha de água mineral PET e uma linha de Latas de Alumínio.

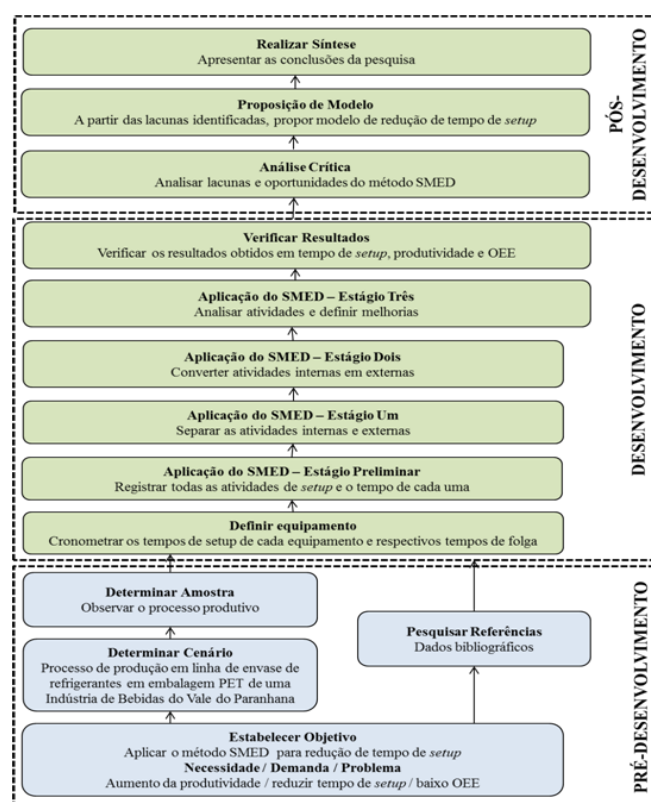
O local onde foi realizado o estudo de caso é a linha de refrigerante PET, que envasa diversos sabores de refrigerantes nos formatos de 250ml e 2000ml. Os equipamentos que necessitam de setup na linha e suas respectivas funções estão descritas abaixo:

- a) Sopradora: realiza o aquecimento das pré-formas de PET e o sopro nos moldes de 250ml ou 2000ml para a formação da garrafa;

- b) Rotuladora: responsável por rotular as garrafas;
- c) Enchedora: realiza o enchimento das garrafas e o fechamento com tampas das mesmas;
- d) Embaladora: separa as garrafas nas quantidades corretas e realiza a formação dos pacotes de 6 unidades para garrafas de 2000ml e de 12 unidades para garrafas de 250ml;
- e) Paletizadora: realiza a formação das camadas, o empilhamento e envolvimento dos paletes.

Os resultados apresentados, neste artigo, foram obtidos através de uma pesquisa de natureza aplicada e exploratória. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa de natureza aplicada procura produzir conhecimentos para uma aplicação prática e são dirigidos a solucionar problemas específicos de um processo e que possam ser de fácil aplicação. Conforme Jung (2004), as pesquisas exploratórias têm como objetivo estudar problemas a fim de descobrir novas práticas, melhorias de processos ou produtos e coleta de dados que possam ser utilizados para o desenvolvimento de novos modelos.

Figura 3 – Metodologia de pesquisa



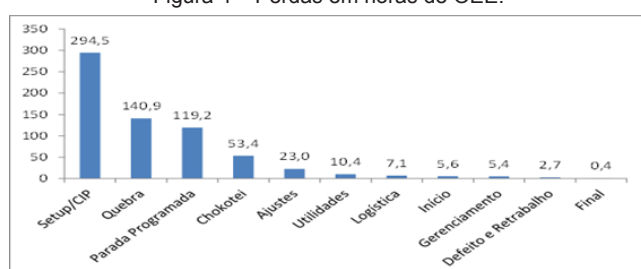
Fonte: dados da pesquisa.

Quanto aos procedimentos, esse artigo caracteriza-se como estudo de caso único com abordagem quantitativa e qualitativa. De acordo com Jung (2004), o procedimento de pesquisa de estudo de caso único estuda, explica ou descreve um sistema de produção particular, e a abordagem qualitativa possui como características a subjetividade, síntese, raciocínio dialético e indutivo, busca de particularidades e preocupa-se com a qualidade.

"Os estudos de casos únicos podem permitir a criação de teorias mais complicadas do que casos múltiplos, porque pesquisadores de casos únicos podem encaixar sua teoria exatamente aos muitos detalhes de um caso particular. Em contraste, pesquisadores de casos múltiplos retêm apenas as relações que são replicadas na maioria dos casos" (Einsenhardt; Graebner, 2007, p. 30). Após revisão da literatura de autores mundiais referência no método de estudo de caso Zanni et al. (2011) sugerem como principais vantagens do estudo de caso único: (i) a possibilidade de generalização para a teoria. Isto significa que, por meio de um processo indutivo, é possível gerar ou transformar teorias. Este processo ocorre quando o caso permite articulações entre o contexto e os construtos, possibilitando novas construções teóricas; (ii) a possibilidade de o caso atuar na geração de significado para as organizações, a medida em que permite um alinhamento cognitivo dos seus membros por meio da construção de interpretações compartilhadas; (iii) a possibilidade de falsificação de teoria (em que um único exemplo pode contestar uma proposição consolidada) e a geração de insights, freqüentemente associada ao momento inicial de uma pesquisa mais ampla (em que se busque a generalização empírica). Conforme Creswell (2007), o modelo de abordagem quantitativa requer a utilização de lógica, relações de causa e efeito, dados numéricos, coleta de dados e uso da estatística para solução de problemas. As etapas da metodologia de pesquisa adotadas no desenvolvimento da pesquisa podem ser vistas na Figura 3 e são detalhadas a conforme segue:

No período analisado a maior perda do indicador de OEE da linha estudada é causada pelo tempo de setup, totalizando 294,5 horas (Figura 4) em um semestre de produção de junho a dezembro 2014.

Figura 4 – Perdas em horas de OEE.



Fonte: dados da pesquisa.

A perda de setup compreende os tempos destinados a setup de equipamentos, mais especificamente a troca entre a embalagem de 250ml e a de 2000ml e também os tempos dos procedimentos de limpeza interna da enchedora para troca entre sabores de refrigerante. Antes da aplicação desse estudo, o tempo de parada de setup durava entre 02:30h e 02:40h. No modelo atual de programação da linha, a sequência de produção respeita o fluxo mostrado (Figura 5).

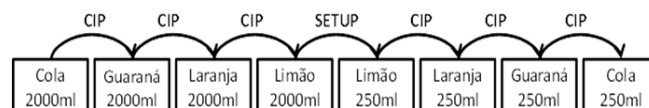


Figura 5 – Sequência de Produção Atual. Fonte: dados da pesquisa.

Atualmente o setup do setor de embalagens tem duração média de 02:43h, porém essa atividade pode ser reduzida através do SMED. Caso se consiga redução do tempo de setup para 02:00h, torna-se vantagem utilizar o modelo de programação mostrado na Figura 6 para a linha, reduzindo o tempo total de Setup/CIP da semana de 18:13h para 15:45h.

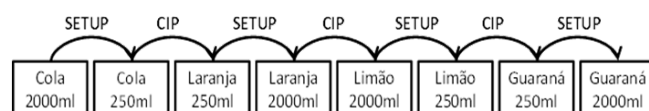


Figura 6 – Proposta de Sequência de Produção. Fonte: dados da pesquisa.

A linha de produção onde foi aplicado o SMED é composta por 6 equipamentos que necessitam de setup: sopradora, rotuladora, enchedora, embaladora, palletizadora, transportes aéreos. Para desenvolver o trabalho, foram analisados os tempos dos setups de todos os equipamentos, identificando assim a máquina que mais impacta no tempo total e que será definida como foco da aplicação da ferramenta.

Durante a aplicação da ferramenta ocorreram 16 reuniões com duração média de uma hora envolvendo os operadores, técnicos de manutenção e líderes do setor. Foram propostas ações de melhoria de processos e de alterações de projeto dos equipamentos, porém, dependendo das necessidades de investimento ou até mesmo de mão de obra, algumas alterações em máquinas não foram aprovadas ou foram adiadas. Como alternativa a isso, buscou-se desenvolver soluções simples e eficientes para redução do tempo de setup discutidas nas próximas seções.



## 4. Resultados

### 4.1 Definição do equipamento

Para definição do equipamento de aplicação do estudo de caso, foram realizadas trinta medições de verificação dos tempos de setup do formato de 250ml para 2000ml de todos os equipamentos da linha de produção. Durante esse procedimento, foram verificados os horários em que foram produzidas as últimas garrafas do produto anterior em cada equipamento e o horário de produção da primeira garrafa do novo produto em velocidade nominal. Através destes dados, foi possível verificar o tempo de setup de cada equipamento e os respectivos tempos de folga, conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1 – Cronometragem dos tempos de setup**

Equipamento	Tempo de setup	Tempo de folga
Sopradora	73 minutos	90 minutos
Rotuladora	68 minutos	85 minutos
Enchedora	76 minutos	70 minutos
Embaladora	146 minutos	0 minutos
Paletizador	35 minutos	95 minutos

Fonte: autor (2015)

Como pode ser visto na Tabela 1, a embaladora foi o equipamento com maior tempo de setup, com um total de 146 minutos entre a última garrafa do produto an-

terior e a primeira do novo produto e trabalhando com nenhuma folga durante o setup da linha. O tempo total de troca da linha foi de 163 minutos. A diferença entre o tempo da linha para o tempo do equipamento se deve ao fato dos equipamentos da linha de produção serem interligados através de transportes de garrafas, fazendo com que a linha trabalhe de maneira contínua. Dessa maneira, após a parada do primeiro equipamento da linha de produção, o último equipamento irá parar 25 minutos depois. No caso da embaladora, esse tempo é de 17 minutos.

O setup da linha acaba acarretando em atrasos na produção, devido ao tempo de setup hipotético utilizado para a programação de produção ser de 90 minutos. Conforme verificado na cronometragem, a embaladora trabalha com folga zero, influenciando diretamente no excedente do tempo de setup e na capacidade da linha. Devido a essas características, a embaladora é considerada o recurso com restrição de capacidade desse sistema produtivo, sendo o alvo da aplicação do SMED.

### 4.2 Aplicação do SMED

#### 4.2.1 Estágio Preliminar

Neste estágio de implantação do método SMED, foi realizado o mapeamento de todas as atividades realizadas pelo operador para a realização do setup da embaladora e os tempos de cada atividade foram cronometrados. Esta cronometragem totalizou um tempo de 146 minutos em 21 atividades. As atividades executadas e o tempo de cada uma delas podem ser vistos na Tabela 2.

**Tabela 2 – Procedimento de setup antes da aplicação do SMED**

Nº	Atividade	Início	Final	Duração	Tempo Interno	Tempo Externo
1	Separar as chaves necessárias para setup	00:00:00	00:02:00	00:02:00	00:02:00	-
2	Buscar garrafas testes	00:02:00	00:04:00	00:02:00	00:02:00	-
3	Ajuste dos guias do transporte de garrafas	00:04:00	00:07:00	00:03:00	00:03:00	-
4	Ajuste dos guias de entrada (10 guias)	00:07:00	00:45:00	00:38:00	00:38:00	-
5	Ajuste das aletas	00:45:00	00:58:00	00:13:00	00:13:00	-

6	Ajuste no classificador pneumático	00:58:00	01:16:00	00:18:00	00:18:00	-
7	Ajuste dos guias centrais da embaladora	01:16:00	01:23:00	00:07:00	00:07:00	-
8	Ajuste no sensor de leitura do filme	01:23:00	01:29:00	00:06:00	00:06:00	-
9	Troca e cálculo do programa	01:29:00	01:34:00	00:05:00	00:05:00	-
10	Afrouxar regulador de guias	01:34:00	01:35:00	00:01:00	00:01:00	-
11	Colocar a cadeia empurradora no ponto zero	01:35:00	01:40:00	00:05:00	00:05:00	-
12	Desacoplar regulador da mesa	01:40:00	01:42:00	00:02:00	00:02:00	-
13	Colocar cadeia de envolvimento ponto zero	01:42:00	01:48:00	00:06:00	00:06:00	-
14	Pegar varandas de 250 ml	01:48:00	01:50:00	00:02:00	00:02:00	-
15	Trocar posição de varandas	01:50:00	01:54:00	00:04:00	00:04:00	-
16	Pegar filme para 250 ml	01:54:00	02:04:00	00:10:00	00:10:00	-
17	Trocar filme de 2 litros para 250 ml	02:04:00	02:08:00	00:04:00	00:04:00	-
18	Testar máquina	02:08:00	02:12:00	00:04:00	00:04:00	-
19	Organizar chaves usadas no setup	02:12:00	02:15:00	00:03:00	00:03:00	-
20	Organizar insumos da produção anterior	02:15:00	02:18:00	00:03:00	00:03:00	-
21	Limpeza do equipamento	02:18:00	02:26:00	00:08:00	00:08:00	-
			<b>TOTAL</b>	<b>02:26:00</b>	<b>02:26:00</b>	<b>00:00:00</b>

Fonte: dados da pesquisa

#### 4.2.2 Estágio 1

Esse estágio tem como finalidade separar as atividades da etapa anterior entre as que foram realizadas de maneira interna das realizadas de forma externa. Conforme pode ser visto na Tabela 2, no caso estudado, todas as 21 atividades foram realizadas no tempo em que o equipamento estava parado, ou seja, todo o setup foi realizado como tempo interno.

#### 4.2.3 Estágio 2

O objetivo desta etapa é analisar todas as atividades de setup e identificar quais podem ser realizadas de maneira externa, reduzindo o tempo de equipamento parado. Essa análise foi realizada em conjunto com a equipe operacional e como resultado foi possível transferir 6 atividades internas para externas, obtendo-se uma redução de 22 minutos no tempo de equipamento parado, conforme pode ser visto na Tabela 3.

**Tabela 3** – Atividades transformadas em externas

Nº	Atividade	Duração
1	Separar as chaves necessárias para setup	00:02:00
2	Buscar garrafas testes	00:02:00
14	Pegar varandas de 250 ml	00:02:00
16	Pegar filme para 250 ml	00:10:00
19	Organizar chaves usadas no setup	00:03:00
20	Organizar insumos da produção anterior	00:03:00
<b>TOTAL</b>		<b>00:22:00</b>

Fonte: dados da pesquisa

#### 4.2.4 Estágio 3

Na última etapa de implantação do método SMED, todas as atividades são analisadas com o objetivo de identificar oportunidades de melhorias no setup, levando em consideração as oito técnicas propostas pelo método. No caso estudado, esta análise foi realizada no formato de brainstorming junto com a equipe de operação e manutenção, onde foram levantadas ideias através do ECRS, que busca eliminar atividades, combinar atividades paralelas, reduzir o tempo das atividades ou simplificar sua execução. A equipe de trabalho definiu as ações a serem implantadas para cada atividade, conforme visto na Tabela 4.

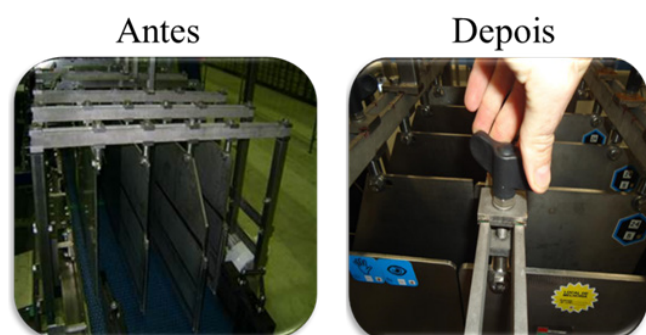
**Tabela 4** – Melhorias nas atividades de setup

Nº	Atividade	ECRS	Ação
1	Separar as chaves necessárias para setup	Eliminar	Trocar todos os parafusos por manípulos, eliminando a necessidade de ferramentas
2	Buscar garrafas testes	Eliminar	Realizar marcações visuais no equipamento para eliminar os testes
3	Ajuste dos guias do transporte de garrafas	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
4	Ajuste dos guias de entrada (10 guias)	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
5	Ajuste das aletas	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos

6	Ajuste no classificador pneumático	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
7	Ajuste dos guias centrais da embaladora	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
8	Ajuste no sensor de leitura do filme	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
9	Troca e cálculo do programa	Combinar	Iniciar a troca do programa no início do setup e enquanto isso realizar as atividades 3 e 4
10	Afrouxar regulador de guias	Reduzir	Trocar os parafusos de fixação por manípulos e fazer marcação na posição correta para os dois formatos
11	Colocar a cadeia empurradora no ponto zero	Simplificar	Identificação visual ponto zero da cadeia empurradora
12	Desacoplar regulador da mesa de envolvimento	Simplificar	Identificação visual do sentido correto para desacoplar
13	Colocar a cadeia de envolvimento no ponto zero	Simplificar	Identificação visual do ponto zero da cadeia de envolvimento
14	Pegar varandas de 250 ml	Reduzir	Definir local próximo ao equipamento para guarda das varandas
15	Trocar posição de varandas de 2 litros para 250 ml	Reduzir	Identificação visual da posição correta para os dois formatos
16	Pegar filme para 250 ml	Reduzir	Definir local mais próximo ao equipamento para armazenar os filmes
17	Trocar filme de 2 litros para 250 ml	-	Sem ação
18	Testar máquina	Eliminar	Com os ajustes corretos nas marcações, não é necessário testar a máquina
19	Organizar chaves usadas no setup	Eliminar	Não serão mais utilizadas ferramentas no setup
20	Organizar insumos da produção anterior	-	Sem ação
21	Limpeza interna do equipamento	-	Sem ação

As atividades 20 e 21, relacionadas à organização dos insumos e à limpeza interna do equipamento, não foram alvo de ações, pois são procedimentos padrão definidos pela empresa. Na Figura 7, pode-se ver um exemplo de ação executada referente à atividade 4 da Tabela 4, onde foram trocados 32 parafusos dos guias de entrada por manípulos, reduzindo o setup desta atividade em 33 minutos.

Figura 7 – Antes x Depois guias de entrada



Fonte: dados da pesquisa

## 5 Análise e discussão dos resultados

### 5.1 Tempos de Setup

As ações de melhorias definidas no estágio três foram planejadas e executadas com mão-de-obra interna da empresa e materiais de baixo custo. Após a conclusão de todas as ações, foi realizada uma nova cronometragem das atividades de setup da embaladora, conforme visto na Tabela 5.

Tabela 5 – Setup após as melhorias

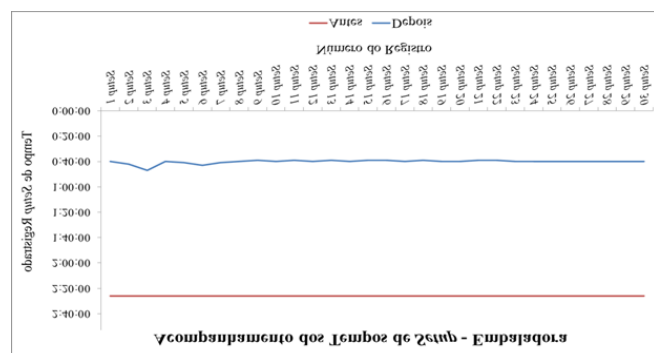
Nº	Atividade	Início	Final	Duração	Tempo Interno	Tempo Externo
1	Troca e cálculo do programa	00:00:00	00:05:00	00:05:00	-	-
2	Ajuste dos guias do transporte de garrafas	00:00:00	00:02:00	00:02:00	00:02:00	-
3	Ajuste dos guias de entrada	00:02:00	00:07:00	00:05:00	00:05:00	-
4	Ajuste das aletas	00:07:00	00:10:00	00:03:00	00:03:00	-
5	Ajuste no classificador pneumático	00:10:00	00:14:00	00:04:00	00:04:00	-
6	Ajuste dos guias centrais da embaladora	00:14:00	00:15:00	00:01:00	00:01:00	-
7	Ajuste no sensor de leitura do filme	00:15:00	00:16:00	00:01:00	00:01:00	-
8	Afrouxar regulador de guias	00:16:00	00:17:00	00:01:00	00:01:00	-
9	Colocar a cadeia empurradora no ponto zero	00:17:00	00:19:00	00:02:00	00:02:00	-
10	Desacoplar regulador mesa de envolvimento	00:19:00	00:20:00	00:01:00	00:01:00	-
11	Colocar cadeia envolvimento no ponto zero	00:20:00	00:21:00	00:01:00	00:01:00	-
12	Pegar varandas de 250 ml	00:21:00	00:22:00	00:01:00	-	00:01:00

13	Trocar posição de varandas	00:22:00	00:23:00	00:01:00	00:01:00	-
14	Pegar filme para 250 ml	00:23:00	00:25:00	00:02:00	-	00:02:00
15	Trocar filme de 2 litros para 250 ml	00:25:00	00:29:00	00:04:00	00:04:00	-
16	Organizar insumos da produção anterior	00:29:00	00:32:00	00:03:00	-	00:03:00
17	Limpeza do equipamento	00:32:00	00:40:00	00:08:00	00:08:00	-
TOTAL	00:40:00	00:34:00	00:06:00			

Fonte: dados da pesquisa

O tempo total de setup foi reduzido para 40 minutos, sendo 34 minutos de tempo interno e 6 minutos de tempo externo. A atividade 1 da tabela acima foi realizada de maneira combinada com as atividades 2 e 3, por isso, seu tempo foi considerado nulo. Para monitoramento do resultado, foram coletados os tempos de 30 setups após a conclusão das ações. O resultado desse monitoramento pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Tempo de setup Antes x Depois



Fonte: dados da pesquisa

## 5.2 Produtividade

A redução no tempo de setup da embaladora acarretou uma redução de 78 minutos no tempo total de setup da linha de produção. Antes do trabalho, o tempo total

de setup era de 163 minutos e, após a aplicação do SMED, este tempo foi reduzido para 85 minutos.

Conforme visto no estudo aplicado, o tempo hipotético de setup utilizado na programação da linha de produção é de 90 minutos. Com a redução do tempo total de setup da linha para um número menor do que o hipotético, a embaladora deixou de ser um CCR e a linha passou a trabalhar sem atrasos.

A linha de produção realiza em média sete setups por mês. Considerando a redução de 78 minutos por setup da linha, obteve-se uma redução de 546 minutos de tempo de setup por mês, o que possibilita uma produção adicional de 91.000 garrafas por mês. Caso exista demanda no mercado para essa produção adicional, a empresa pode obter um aumento de aproximadamente R\$ 273.000,00 no seu faturamento mensal.

## 5.3 OEE

Outro ganho obtido com a aplicação do método SMED foi o aumento do OEE do equipamento. Para o cálculo e a verificação da evolução deste indicador, foram coletados os dados necessários da embaladora de cinco meses, conforme visto na Tabela 6.

Tabela 6 – Coleta de dados para cálculo do OEE

Dados	Mês um	Mês dois	Mês três	Mês quatro	Mês cinco
Paradas Planejadas	534,74	505,53	591,06	533,38	473,61
Quebras / Falhas	0,70	5,90	2,95	5,87	4,10
Ajustes	1,58	0,95	1,67	4,25	3,33
Setups e CIP's	19,50	10,25	4,03	4,60	4,60
Pequenas Paradas	0,43	0,90	0,17	0,33	0,87
Qualidade (horas)	0,00	0,00	0,25	0,20	0,00
Retrabalho (horas)	0,76	0,33	0,50	0,25	0,17
Qualidade (peças)	0	0	2.500	2.000	0
Retrabalho (peças)	7.600	3.300	5.000	2.500	1.700
Peças produzidas (garrafas)	1.530.600	2.025.500	1.141.764	1.840.218	2.412.138
Tempo Standard (peç/hora)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Tempo Programado	185,26	238,47	128,94	210,62	270,39
Tempo Operacional	163,48	221,37	120,29	195,90	258,36
Disponibilidade	88,2%	92,8%	93,3%	93,0%	95,6%
Performance	93,6%	91,5%	94,9%	93,9%	93,4%
Qualidade	99,5%	99,8%	99,3%	99,8%	99,9%
<b>OEE</b>	<b>82,2%</b>	<b>84,8%</b>	<b>87,9%</b>	<b>87,2%</b>	<b>89,2%</b>

Fonte: dados da pesquisa

As ações de melhoria para redução do tempo de setup foram realizadas durante o mês dois onde as perdas de setup reduziram 47%, aumentando em 4,6% o índice de disponibilidade do equipamento e em 2,6% o OEE. Com as ações totalmente concluídas, as perdas de setup tiveram uma redução de 79%, com um aumento da disponibilidade de 5,1% e com 5,7% de acréscimo no OEE, superando o valor de 85%, considerado ideal por Nakajima (1993) e chegando ao resultado de 89,2% nos meses subsequentes.

#### 5.4 Análise crítica das lacunas do método SMED e aperfeiçoamentos

A eficiência do método SMED e a sua capacidade de redução de tempo de setup ficaram evidentes após a conclusão dos quatro estágios da ferramenta no caso estudado. Apesar disso, foi verificada a existência de aspectos importantes não considerados no método de Shingo. Sugai, McIntosh e Novaski (2007) levantaram, através de um estudo de caso, três aspectos importante do setup não considerados no SMED: (i) interferência da sequência de peças: Shingo (1985)

não orienta ou alerta sobre a importância da sequência de produção das peças e sua ordem lógica, correndo o risco de fixar um tempo generalizado para quaisquer tipos de setup ou famílias de peças; (ii) perdas durante os períodos de desaceleração e aceleração: para alguns equipamentos, a recuperação da capacidade produtiva não é plena, exatamente, ao fim das atividades de setup e nem mesmo após a produção da primeira peça boa do lote seguinte; (iii) melhorias em projeto (design for changeover): as melhorias em projeto de máquinas, equipamentos e dispositivos para melhorar a atividade de redução do tempo de setup, embora mais demorado e com custo maior, podem simplificar, acelerar ou eliminar as atividades de ajustes durante o setup.

No estudo de caso apresentado neste trabalho, a interferência da sequência de peças não influenciou na implantação do SMED, pois no equipamento estudado são produzidos apenas dois produtos e o procedimento de setup é o mesmo, independente da sequência. As perdas de aceleração e desaceleração também não influenciaram no desenvolvimento do trabalho, já que o equipamento opera em velocidade nominal tanto no início, quanto no final da produção. O terceiro aspecto levantado pelos autores, referente às melhorias em projetos, ficou evidente no resultado e nas ações do trabalho realizado, onde ações simples, como a troca de parafusos por manípulos e a gestão visual de posição de guias, resultaram em uma relevante redução no tempo de setup. Porém, percebeu-se a necessidade de melhorias de projeto no sistema de separação de garrafas para atingir o único dígito de minuto proposto pelo método, o que demandaria um alto investimento para a empresa.

Além dos aspectos observados pelos autores citados, o desenvolvimento do trabalho identificou duas lacunas na metodologia que podem ser aperfeiçoadas no SMED, somando-se aos estudos de Sugai, McIntosh e Novaski (2007):

a) Verificação e acompanhamento dos resultados: a metodologia original de SMED proposta por Shingo e a figura clássica do método, não possui uma etapa de verificação de resultados necessária para monitorar os resultados de tempo de setup ao longo de um determinado período para garantir a manutenção do resultado. No trabalho realizado, foi verificado que o monitoramento é fundamental para garantir a continuidade das melhorias desenvolvidas e a efetividade das mesmas;

b) Padronização e formalização dos procedimentos para a sequência de atividades: durante a verificação dos tempos de setup desse estudo percebeu-se que havia uma oscilação de resultados, dependendo do operador que executava a tarefa. Apesar das melhorias realizadas no equipamento, a sequência de execução das atividades e o método empregado em cada uma delas influenciam diretamente no tempo de setup do equipamento. Devido a isso, torna-se necessário inserir na metodologia uma etapa destinada à padronização da atividade e ao treinamento de todos os envolvidos, garantindo a sustentabilidade do resultado. Originalmente Shingo trata a função padronização apenas de funções, formas e dimensões:

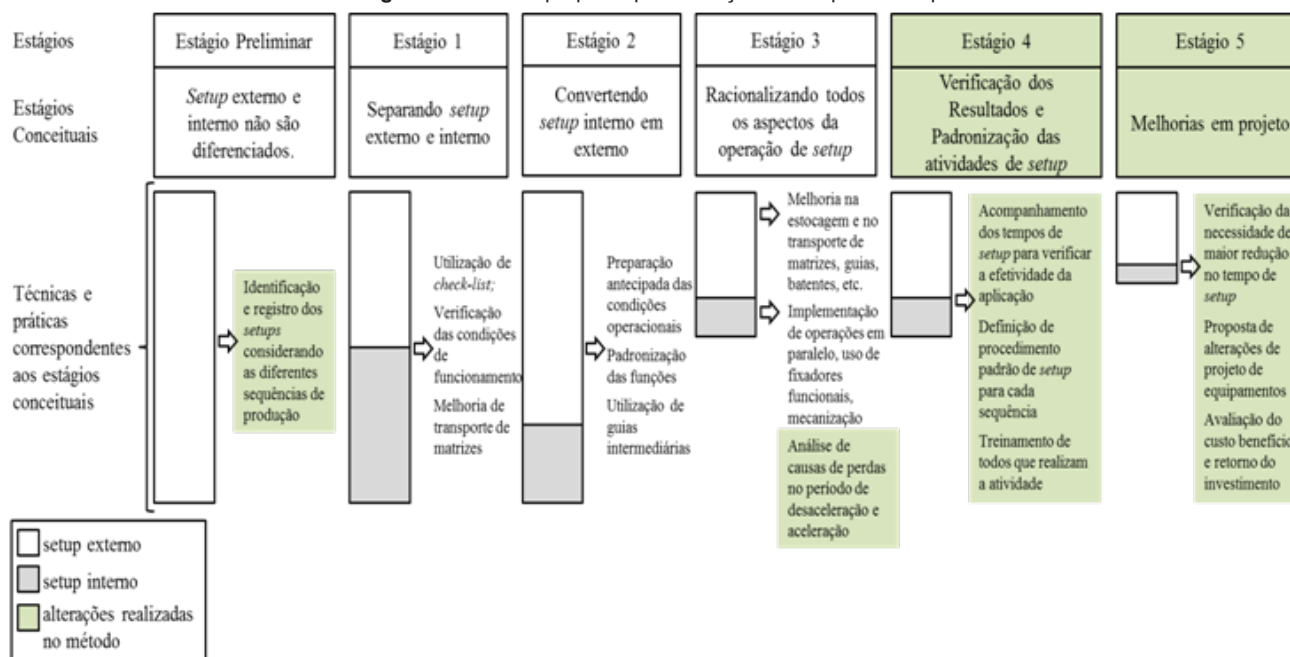
“Anyone can appreciate the appeal of standardizing setup operations. One way this can be done is by standardizing the sizes and dimensions of all machine parts and tools, but this method, called shape standardization, is wasteful: dies become larger to accommodate the largest size needed, and costs rise because of unnecessary "fat." In contrast, function standardization calls for standardizing only those parts whose functions are necessary from the standpoint of setup operations. With this approach, dies need not be made larger or more elaborate, and costs rise only moderately. To summarize, efficient function standardization requires that we analyze the functions of each piece of apparatus, element by element, and replace the fewest possible parts” (Shingo, 1985, p. 41-43).

Nota-se que o método original proposto por Shingo (1985) nós sugerimos padronização os procedimentos formalizados da sequência de atividades em instruções de trabalho ou procedimentos operacionais, baseados em uma análise do caminho crítico das atividades de setup usando método similar ao Manufacturing Critical Path Time (Suri, 1998). Sugere-se que inserir essa atividade como requisito de aplicação do SMED sendo uma etapa obrigatória a ser seguida, pode contribuir para minimizar as diversas perdas que ocorrem durante os períodos de desaceleração e aceleração (Sugai; McIntosh; Novaski, 2007) : que reduz a capacidade produtiva ao fim das atividades de setup e após a produção da primeira peça boa do próximo lote.

Dessa maneira, a partir de Shingo (1985), foi proposto um método que contempla tanto as lacunas já identificadas na literatura, quanto às lacunas evidenciadas nessa pesquisa. O modelo proposto para redução do tempo de setup pode ser visto na Figura 9.



Figura 9 – Método proposto para redução do tempo de setup



Fonte: dados da pesquisa

No método proposto foi incluída a verificação da interferência da seqüência de peças no estágio preliminar e a análise das perdas de aceleração e desaceleração no estágio três. Além disso, propõe-se o desenvolvimento de dois estágios adicionais: o estágio quatro destinado a verificação dos resultados e padronização das atividades, e o estágio cinco destinado a verificação da necessidade de implantação das melhorias de projeto.

## 6. Considerações finais

Este artigo apresentou os resultados de uma pesquisa exploratória que teve o objetivo de aplicar o método SMED para redução do tempo de setup e analisar as lacunas encontradas no método. A metodologia utilizada para a realização deste trabalho foi quantitativa e qualitativa, onde foi aplicado o método SMED em uma linha de envase e, com base nas observações realizadas e nos resultados alcançados, foram verificadas as lacunas existentes no método proposto por Shingo.

A linha de produção, onde foi aplicado o estudo, já possui o TPM implantado e os operadores e gestores da linha já possuem experiência no desenvolvimento de trabalhos de melhoria através de outros métodos. Esse fator contribuiu significativamente para o entendimento do método e o apoio dos operadores e do líder da área. Entretanto, apesar do baixo investimento das melhorias propostas, houve dificuldade na compra dos materiais necessários para o último estágio do SMED,

devido à burocracia exigida no processo de compras da empresa.

O resultado atingido no estudo de caso, quanto ao tempo de setup e conseqüente aumento de OEE e produtividade, são satisfatórios, já que através do desenvolvimento do método obteve-se uma redução de 72,6% no tempo de setup do equipamento, elevando o OEE de 82,2% para 87,9%. Apesar disso, a aplicação do método não possibilitou o atingimento do tempo em um único dígito de minuto, considerado o objetivo do método proposto por Shingo. O não atingimento deste resultado pode estar ligado às lacunas identificadas no método.

O desenvolvimento deste trabalho permitiu analisar e verificar a existência de aspectos importantes não considerados no SMED já levantados por outros autores e também possibilitou a identificação de mais duas lacunas existentes no método. As contribuições que o método trouxe para melhorias em tempo de setup são inquestionáveis, porém, a metodologia de Shingo foi publicada para o Ocidente em 1985 e continua sendo utilizada da mesma maneira em muitas empresas. Apesar de trazer resultados significativos, o método original possui algumas lacunas que, se preenchidas, podem potencializar e ampliar os resultados alcançados.

A partir deste estudo, foi possível identificar que mesmo métodos tradicionais como o SMED precisam ser estudados e melhorados a fim de acompanhar a con-

stante mudança e evolução das organizações. Através dos dados coletados neste trabalho e das análises realizadas, foi proposto um novo método para redução do tempo de setup, considerando tanto as lacunas observadas neste estudo aplicado, quanto às observadas por outros autores. Contudo, são necessárias novas pesquisas onde o método seja aplicado em indústrias de outros segmentos, a fim de verificar se todas as lacunas foram preenchidas, já que aspectos levantados por Sugai, McIntosh e Novaski (2007), como a interferência da sequência de peças e as perdas durante o período de desaceleração e aceleração, não influenciaram no estudo aplicado deste trabalho.

## Referências

- ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; BORTOLOTTI, P.; KLIPPEL, M.; PELLEGRIN, I. **Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- ANTUNES, J. A. V.; RODRIGUES, L. H. A Teorias das Restrições como Balizadora das Ações Visando a Troca Rápida de Ferramentas. **Produção**, v. 3, n. 2, p. 73-85, 1993.
- ARAGÃO, I. R. A redução de perdas num processo produtivo através da implantação da sistemática da árvore de perdas. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 7, n.2, ago. 2007.
- BACCI, M. D. N.; SUGAI, M.; NOVASKI, O. Proposta de modelo de tomada de decisão para aplicação da metodologia SMED. **Anais. XII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2005.
- BARTZ, T.; SILUK, J. C. M.; GARCIA, M. Redução do tempo de setup como estratégia de aumento da capacidade produtiva: estudo de caso em sopradora de garrafas plásticas. **Exacta**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 36-46, 2012.
- BRANCO, J. F. S. L. F. 2016. **Aplicação conjunta das metodologias TRIZ-Taguchi-SMED**. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade Nova de Lisboa, 2016.
- CAMPANINI, H. C.; ALMEIDA, M. R.; SILVEIRA, R. R.; CAMPOS, M. C. Manufatura Enxuta para melhoria contínua da eficiência empresarial: Uma aplicação da Troca Rápida de Ferramentas e Kanban em uma empresa fabricante de eletrodomésticos. **Anais. XXXIII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Salvador, 2013.
- CAS, F.; SILVA, M. G.; LUZ, D. F.; VECCHIA, R. D. Redução do tempo de setup através do sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF): Estudo de caso em uma empresa farmacêutica. **Anais. XX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2013.
- CECHECKT, L. A.; KALNIN, J. L.; COSTA, C. A.; LUCIANO, M. A. Implantação dos conceitos de TRF em uma empresa do setor de plásticos. **Anais. XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2012.
- CONCEIÇÃO, S. V.; RODRIGUES, I. A.; AZEVEDO, A. A.; ALMEIDA, J. F.; FERREIRA, F.; MORAIS, A. Desenvolvimento e implementação de uma metodologia para troca rápida de ferramentas em ambientes de manufatura contratada. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 16, n. 3, p. 357-369, jul./set. 2009.
- CORREIA, B. R. B.; BARREIRA, M. V. S.; FIGUEIREDO, F. J. S.; HOLANDA, S. A.; BALTAZAR, C. C. Proposta de implantação do método SMED em um processo de injeção termoplástica: um estudo de caso. **Anais. XVII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2010.
- COSTA, A. H.; LIMA, J. F. G.; GOMES, M. L. B. Redução do tempo de setup na produção de botas de PVC através da técnica TRF. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 12, n.1, p. 119-132, jan./mar. 2012.
- CRESWELL, John W. **Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Mistos**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- DAVE, Y., SOHANI, N. 2012. Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. **International Journal of Lean Thinking**, v3., n.2., 2012.
- EISENHARDT, K. M.; GRAEBNER, M. E. (2007). Theory building from cases: opportunities and challenges. **Academy of Management Journal**, v. 50 n. 2, pp 25-32.
- FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. Troca Rápida de Ferramentas: Proposta metodológica e estudo de caso. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 10, n. 2, p. 163-181, ago. 2003.
- GELATTI, I. C. B.; SCHMIDT, F. C.; GUIMARÃES, G. E.; BELTRAME, T. F.; NETO, A. G. OEE – Eficiência Global dos Equipamentos: Utilização do método para análise da real produtividade de equipamentos. **Anais. XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2012.

- GONÇALVES, M. F. S.; SOUZA, J. B. Aplicação da TRF - utilizando a ferramenta SMED, para aumentar a produtividade em uma linha de produção de torres para linhas de transmissão de energia elétrica. **Anais. XXXIII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Salvador, 2013.
- GUNASEKARAN, A. Agile Manufacturing: a framework for research and development. **International Journal of Production Economics**, v. 62, n. 1, p. 87-105, 1999.
- JUNG, C. F. **Metodologia Para Pesquisa & Desenvolvimento**: Aplicada a Novas Tecnologias, Produtos e Processos. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.
- KANZAWA, C. T. Aplicação do SMED em uma indústria farmacêutica. 2006. 142 f. **Trabalho de Formatura (Engenharia de Produção)** – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- KING, N. C. O.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Produtividade sistêmica: conceitos e aplicações. **Produção**, v. 24, n. 1, p. 160-176, jan./mar. 2014.
- LEAL, A. A.; MAIA, M. C. S.; MEDEIROS, D. D.; SILVA, J. C. F.; SANTOS, B. R. Integração entre sistemas de Gestão: Um Estudo de Caso da fábrica suape da Unilever. **Anais. XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2012.
- LEÃO, S. R. D. C. Aplicação da troca rápida de ferramentas (TRF) em Intervenções de manutenção preventiva. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 9, n.1, 2009.
- LIKER, J. K. **O Modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LOPES, P. F.; LOPES, P. S. E.; MORAES, F. A. Estudo de caso de implementação de troca rápida de ferramenta em uma empresa calçadista **Anais. XXVII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Foz do Iguaçu, 2007.
- LV, M., ZHANG, N., JIANG, J., & WANG, Q. (2015). Analysis and Application of SMED in an Injection Molding Machine Based on VSM. In Industrial Engineering, Machine Design and Automation (IEMDA 2014) & Computer Science and Application (CCSA 2014): Proceedings of the 2014 Congress on IEMDA 2014 & Proceedings of the 2nd Congress on CCSA 2014 (p. 143). World Scientific.
- MARCOUSÉ, I.; SURRIDGE, M.; GILLESPIE, A. **Gestão de Operações**. São Paulo: Saraiva, 2013.
- MATOS, F. J. F. Utilização da ferramenta SMED em rotinas de manutenção preventiva: Estudo de Caso. **Anais. XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2012.
- MOELLMANN, A. H.; ALBUQUERQUE, A. S.; CONTADOR, J. L.; MARINS, A. S. Aplicação da teoria das restrições e do indicador de Eficiência global do equipamento para melhoria de Produtividade em uma linha de fabricação. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 2, n. 1, p. 89-105, 2006.
- MORENO, L.; LERMEN, F. H.; MATIAS, G. S.; GENTILIN, G. A.; CAMPOS, R. V. M. Aplicação da ferramenta SMED para redução dos tempos de Setup em uma unidade de torrefação e moagem de café. **Espacios**, v. 37, n 22., p. 19-30.
- NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM, Productivity Press. Cambridge**: MA, 1993.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PONTES, H. L. J.; CARMO, B. B. T.; CHIN, S. Y.; PORTO, A. J. V. Implantação de troca rápida de ferramentas para melhoria do desempenho do setor de empacotamento de uma fábrica de café. **Anais. XIV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. São Carlos, 2007.
- PRODANOV, C.C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico**: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- RAPOSO, C. F. C. Overall Equipment Effectiveness: Aplicação em uma empresa do setor de bebidas do Poló Industrial de Manaus. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 11, n.3, p. 648-667, jul./set. 2011.
- RECH, G. C. Dispositivos visuais como apoio para a troca rápida de ferramentas: A experiência de uma metalúrgica. 2004. 107 f. **Dissertação** (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- REIS, M. E. P.; ALVES, J. M. Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 3, p. 579-588, 2010.
- REZA, J. R. D., FERNÁNDEZ, J. B., GAYOSSO, D. G. M., MACÍAS, E. J., & MURO, J. C. S. D. (2016). **SMED: A Literature Review from 1985 to 2015**. Handbook of Research on Managerial Strategies for Achieving Optimal Performance in Industrial Processes, 386p.
- REZENDE, G. G.; REBELO, L. M. B. Processo de implementação de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) em empresa do segmento eletro-eletrônico no Polo Industrial de Manaus (PIM). **Anais. XVI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. Botucatu, 2009
- RIANI, A. M. Estudo de caso: O Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson. 2006. 52 f. (Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
- SANTOS, R. C. N.; VASCONCELOS, N. V. C.; LIMA, M. D. F.; NETO, G. J. F. Teoria das Restrições e Troca Rápida de Ferramentas: Um estudo de caso em uma estamparia. **Anais. XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2012.
- SAES, E. V.; GODIMHO FILHO, M. Utilização da abordagem Quick Response Manufacturing em uma empresa de materiais de escrita: proposta e análise de benefício. **Revista Gestão & Produção**, v. 18, n. 3, p. 525-540. São Carlos, 2011.
- SATOLO, E. G.; CALARGE, F. A. Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais. **Exacta**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 283-296, jul./dez. 2008.
- SHINGO, S. 1985. **A revolution in manufacturing: the SMED system**. New York, N.Y. Ed. Productivity Press, 361 p.
- SILVA, A. C.; LEMOS, C. H.; ELIAS, S. J. B.; ARAUJO, T. G. Troca Rápida de Ferramentas: Um estudo da aplicação no setor de serigrafia em uma indústria de confecção. **Anais. XXXIII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Salvador, 2013.
- SILVA, L. D. S.; RESENDE, A. A. Manutenção Produtiva Total (TPM) como ferramenta para melhoria da Eficiência Global de Equipamento (OEE). **Anais. XXXIII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Salvador, 2013.
- SILVA, M. M.; MARQUES, L. C.; SANTOS, J. M. N.; ROQUE, Y. M.; MOTA, E. B. F. Um estudo sobre a implementação do TPM (Total Productive Maintenance) e seus resultados. **Anais. XXXIII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Salvador, 2013.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.
- SUGAI, M.; MCINTOSH, R. C.; NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 323-335, mai./ago. 2007.
- SURI, R. **Quick Response Manufacturing: A Companywide Approach to Reducing Lead Times**. Portland – Oregon: Productivity Press, 1998.
- TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.
- TROJANOWSKA, J., ŻYWICKI, K., VARELA, M. L. R., & MACHADO, J. (2016). Improving Production Flexibility in an Industrial Company by Shortening Changeover Time: A Triple Helix Collaborative Project. In Multiple Helix Ecosystems for Sustainable Competitiveness (pp. 133-146). Springer International Publishing.
- VÁZQUEZ-BUSTELO, D.; AVELLA, L.; FERNÁNDEZ, E. Agility drivers, enablers and outcomes: Empirical test of an integrated agile manufacturing model. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 27, n. 12, p. 1303-1332, 2007.
- VIDOR, G.; GALELLI, A. Avaliação de perdas e potencial de melhoria na função produção associados à operação de troca de ferramenta. **Anais. XIV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**. São Carlos, 2007.
- ZANNI, P. P., MORAES, G. H. S. M., MARIOTTO, F. L. 2011. Para que servem os Estudos de Caso Único? In: **Anais. XXXV Encontro da ANPAD**, Rio de Janeiro, Rj, 2011.