



10th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

O Planejamento e Controle da Produção Ecoeficiente: Um Estudo de Caso no Segmento Plástico

COSTA, I. S. ^{a*}, OLIVEIRA NETO, G. C. ^a, LOPES, D. R. G. ^a, FERREIRA, G. B. ^a

a. Universidade Nove de Julho, São Paulo

**Corresponding author, ItamardeSouzacosta@gmail.com*

Resumo

A ecoeficiência permite que uma empresa seja responsável ambientalmente e ao mesmo tempo obtenha ganhos econômicos por meio de sua produtividade ou serviços. Em meio aos desafios econômicos e ambientais vivido pelas organizações, atividades como de reciclagem, reuso, economia de energia, manutenção preventiva, setup, dentre outras ações criativas, são desafios que o Planejamento e Controle de Produção (PCP) devem enfrentar nesse novo cenário para tornar uma empresa ecoeficiente. Neste contexto o presente estudo tem por objetivo verificar os benefícios que as atividades realizadas pelo PCP podem proporcionar às organizações tanto no quesito econômico como ambiental em empresas do segmento plástico. No presente trabalho foi realizado um estudo de caso e como coleta de dados foi feito uma entrevista semiestruturada com o gestor do PCP. Para avaliar o impacto ambiental foi utilizada a ferramenta de ecoeficiência MIF, recursos empregados da tabela *Wuppertal Institute* (2014). E por meio de valores (preços e quantidades) da matéria-prima, relatórios e entrevistas, foi possível realizar cálculos de valores econômicos e ambientais obtidos antes e depois de implantar a metodologia *SMED* na linha de produção para a redução de setup em uma empresa do ramo plástico, bem como outras ações acompanhadas pelo PCP, como recuperação, reuso e substituição de matéria-prima não renovável por renovável. Com a implementação conjunta de ações a empresa obteve benefícios econômicos e ambientais proporcionando um valor de R\$ 1.009.316,74 em redução, recuperação e reuso de aparas no processo produtivo, e uma redução de 42.644,52 toneladas evitadas de serem retiradas dos ecossistemas em um período considerado de seis meses.

Palavras-chave: Ecoeficiência, PCP, setup, reuso, matéria-prima renovável.

1. Introdução

A preocupação das empresas com questões ambientais tem se tornada notória, pois passam a ocupar um espaço prioritário no desenvolvimento econômico mundial. Cada vez mais consumidores passam a se conscientizar e selecionar produtos ecologicamente eficientes, além da existência de legislações ambientais que tem se tornado progressivamente mais severa e exigente. Não basta apenas a empresa ser lucrativa, ela precisa atender o mercado com produtos de alta qualidade, respostas rápidas, flexibilidades, com preços razoáveis, além de ter que atender a requisitos ambientais, mitigando impactos negativos no meio ambiente. Porém para a empresa ser competitiva precisa maximizar sua capacidade, sendo mais eficaz e eficiente, eliminando gargalos e desperdícios em sua linha de produção. Em resposta a esse grande desafio, a empresa precisa minimizar custos em seus

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

São Paulo – Brazil – May 24th to 26th - 2017

processos produtivos uma vez que os custos estão relacionados com a eficácia dos equipamentos e mãos de obra empregadas a tais processos. Boa parte das empresas que conseguem reduzir desperdícios por meio de ferramentas, metodologias e atividades aplicadas a uma boa gestão do PCP, consegue ser mais ecoeficiente obtendo ganhos econômicos e consequentemente ambientais pelo fato de aproveitar melhor os recursos naturais, evitando que esses sejam descartados de forma incorreta. Logo empresas que conseguirem reconhecer vantagens competitivas e adotar tecnologias, ferramentas e atividades que as conduzam à ecoeficiência, terá maior sucesso, pois conseguirá ser mais eficiente, economizando mais em energia, água e matéria-prima. Dessa forma, reciclar os resíduos evitará conflitos com a comunidade e ainda se precaverá de sanções legais, além de aumentar consideravelmente as chances de conquistar um espaço no mercado atual.

O conceito de ecoeficiência foi desenvolvido pelo WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*) em 1996 com grande reconhecimento pelo mundo empresarial. Esse termo reúne o progresso econômico e ambiental por meio da utilização mais eficiente dos recursos e de menos emissões nocivas para o meio ambiente (LAMPKOWSKI, BOAGGIONI E LAMPKOWSKI 2014). Para Zhu, Wang, e Zhang (2014) a ecoeficiência trabalha com produtos de alta qualidade, consumindo o mínimo de recursos, emitindo o mínimo possível de poluentes. A ecoeficiência estimula a inovação e criatividade na procura de novas formas de produção de produtos ou serviços competitivos a fim de satisfazer as necessidades humanas sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras. Ser ecoeficiente significa conseguir benefícios econômicos, ser rápido em seus processos com qualidade em seus produtos sem esquecer-se de reduzir custos associados ao desperdício de água, energia e matéria-prima.

O objetivo deste trabalho é verificar se por meio de ferramentas como redução de setup, recuperação de aparas, reuso, substituição de matéria-prima e manutenção preventiva, a empresa consegue obter ganhos econômicos e ambientais em uma empresa do segmento plástico.

2. Revisão da literatura

2.1 SMED Single Minute Exchange of Die

SMED ou Troca Rápida de Ferramenta (TRF), assim denominado no Brasil, é uma metodologia do Sistema Toyota de Produção que tem por objetivo reduzir o tempo de preparação de equipamentos, minimizando períodos não produtivos no chão de fábrica, aumentando consequentemente a capacidade produtiva (RODRIGUES e BILHAR, 2014). Para Eric Costa (2013) *SMED* significa troca rápida de ferramenta em espaço de tempo menor que 10 minutos e pode ser aplicado a qualquer equipamento ou estação de trabalho que perde eficiência quando da troca de um produto para outro. Chiarine (2014) em seu trabalho sugeriu a implementação de ferramentas de produção enxuta para analisar o impacto ambiental por meio das ferramentas, 5 S, manufatura celular, *SMED* e *TPM* e como resultado obteve impacto positivo no desempenho ambiental por meio da produção enxuta. Ao reduzir o tempo improdutivo o *SMED* torna o processo mais econômico, permitindo reduzir os estoques, sendo favorável a redução do tamanho dos lotes de produção. Melhora o serviço ao cliente quanto ao prazo e qualidade e aumenta a capacidade real das máquinas, pois reduz a necessidade de investimento para aumento de produção e diminui os custos de produção (SHINGO, 1985). Fogliatto e Fagundes (2003) propõe uma metodologia complementar a de Shingo, dividida em 4 estágios: 1. Estratégico, 2. Preparatório, 3. Operacional, e 4. Comprovação.

- *Estratégico* – Segundo Fogliatto e Fagundes (2003) é importante a participação da alta gerencia uma vez que este possui maior grau de influencia nas decisões do processo de manufatura. O convencimento da alta gerencia pode ser promovido pela visualização dos possíveis resultados de melhoria. A escolha da equipe de implantação e seu treinamento faz parte dessa etapa.
- *Preparatório* - Definição do produto, processo e operação a ser inicialmente abordada. Segundo Rodrigues e Bilhar (2014) devem ser feito um mapeamento dos produtos que causam maior impacto financeiro, caso necessário aplicar uma curva ABC para localizar os produtos "A". Após definir o produto estudar o processo a fim de verificar onde existe o problema/gargalo para tentar reduzi-lo por meio de uma operação específica.

- *Operacional* – De acordo com Shingo (2008) esses métodos devem ser aplicados em quatro estágios:
 - Estágio preliminar – setups internos e externos não se distinguem. Nessa etapa realiza-se a descrição de todas as atividades, seus respectivos tempos de processamento e responsáveis de cada tarefa. Para sua realização deve-se utilizar a cronoanálise que se baseia por cronômetros e filmadoras para coletas de dados. (PEREIRA 2008).
 - Estágio 1 – Separando setup interno e externo. Segundo Antunes (2008) as preparações externas são realizadas com as máquinas funcionando, enquanto que as preparações internas são realizadas com máquinas paradas, implicando aumentar desnecessariamente o tempo de preparação. Dessa forma procura-se distinguir os setups internos dos externos.
 - Estágio 2 – Convertendo setup interno em externo. Conforme Fogliatto e Fagundes (2003) e Shingo (2008) o tempo de setup interno é superior ao de setup externo, dessa forma devem-se converter os setups internos em externos. Caso algum setup interno não possa ser convertido em externo, esse por sua vez deverá ser reduzido ao máximo ou ainda fazer uma análise de custo benefício para a sua automação.
 - Estágio 3 – Racionalizando todos os aspectos da operação de setup. Como no estágio anterior o objetivo foi converter o setup interno em externo, nesse estágio é diminuir o tempo das operações externas. As falhas dos setups externos podem ser reduzidas buscando maneiras mais fáceis de executar a operação (MOTA 2007).
- *Comprovação* – Neste estágio os resultados são avaliados e contabilizados. Segundo Fogliatto e Fagundes (2003) em seu trabalho foi possível analisar ganhos com mão-de-obra, aumento de produtividade e tempo reduzido de setup.

3. Metodologia

Esta pesquisa aborda um estudo de caso único realizado em uma empresa de embalagem flexível. Para Yin (2015) o fato de preencher as condições exigidas para testar os objetivos da pesquisa justifica a utilização do método de estudo de caso único que pode haver uma combinação entre método de coleta de dados, entrevistas e observações. No presente trabalho foi realizada uma entrevista semiestruturada com o gestor de PCP a fim de coletar dados para facilitar o desenvolvimento da pesquisa em questão. Foi aplicado a TRF por meio do modelo proposto por Shingo 2008, Fogliatto e Fagundes (2003). Para análise econômica, foram utilizados dados fornecidos pelo profissional de PCP, possibilitando a obtenção de valores para a análise econômica. Quanto à análise ambiental foi utilizado o método proposto por Oliveira Neto 2010; 2013 e 2014, realizado em 4 etapas: Na primeira etapa utilizando a ferramenta *Mass Intensity Factor (MIF)* considerando a massa (M) e o *intensity fator (IF)* aplica-se a (eq.1) $MIF=M*IF$. Na etapa 2 é utilizada a avaliação *Mass Intensity per Compartmento (MIC)* para a mensuração do impacto ambiental por compartimento abiótico (w), biótico (x), água (Y) e ar (z). Usando a (eq.2) $MIC=IF$. Na etapa 3 avalia-se o *Mass Intensity Total (MIT)* contabiliza a redução do impacto total quando somados os *MICs* da forma (eq.3) $MIT=MICw + MICx + MICy + MICz$. Na quarta etapa compara-se o ganho econômico com o ganho ambiental e vice-versa para obtenção do índice de ganho econômico (IGE) obtido pela (eq.4) $IGE=MTE/GE$. Índice de ganho ambiental (IGA) por meio da (eq.5) $IGA=MTI/GE$. Essa comparação permite avaliar se o ganho ambiental é mais representativo que o ganho econômico ou não.

4. Estudo de Caso

4.1 Apresentação da empresa

O presente estudo foi realizado em uma empresa de embalagem flexível, de médio porte localizado na região metropolitana de São Paulo. Possui aproximadamente 360 funcionários. São dois os principais critérios para classificação de empresas por porte. O primeiro é feito com base na receita operacional bruta anual, e o segundo é feito em consideração a quantidade de empregados formais da indústria.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 100 a 499 funcionários na indústria, a empresa pode ser classificada como de médio porte. Desta forma a empresa estudada pode ser classificada como de médio porte. A empresa produz embalagens/sacolas de plástico, caixas, etiquetas, dentre outros produtos. Dessa forma tem investido na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e alternativas para redução de impacto ambiental das embalagens, e utilização de matéria-prima obtida por meio de fontes renováveis como o plástico verde produzido a partir do etanol da cana-de-açúcar.

4.2 Mapeamento do processo produtivo

Fluxograma da figura 1 representa os processos produtivos da empresa estudada, demonstrando em adicional, o processo de recuperação de aparas feito por uma empresa terceira.

Almoxarifado - É encarregado de receber a matéria-prima que são os sacos de 25 kg de polietileno de baixa densidade Linear (PEBDL), unitizados em paletes contendo 1000 kg cada um. Há um funcionário destinado para fazer a inspeção e conferência do material recebido. Após a conferência da nota fiscal com os volumes e pesos efetivamente recebidos, um colaborador da entrada no sistema e direciona o material para seu devido endereçamento no estoque.

Extrusão de filme tubular - é onde começa o processo do sistema de produção em que o material é extrudado verticalmente por meio de uma matriz que possui forma de um anel, onde um jato de ar é soprado, formando um balão. Roletes localizados acima da matriz achatam o filme que posteriormente é bobinado. A largura e espessura do filme dependem da regulagem da velocidade e do tamanho do balão que pode ser controlado pelo operador de máquina. Durante o bobinamento o operador deve certificar de que o filme esteja frio para que não haja colagem entre as camadas do filme, pois caso isso ocorra, o material reduzirá consideravelmente sua produtividade na próxima fase de produção, gerando maior quantidade de aparas no processo. O setor opera com 4 máquinas 2 semiautomáticas e 2 automáticas que processam em média 900 toneladas/mês.

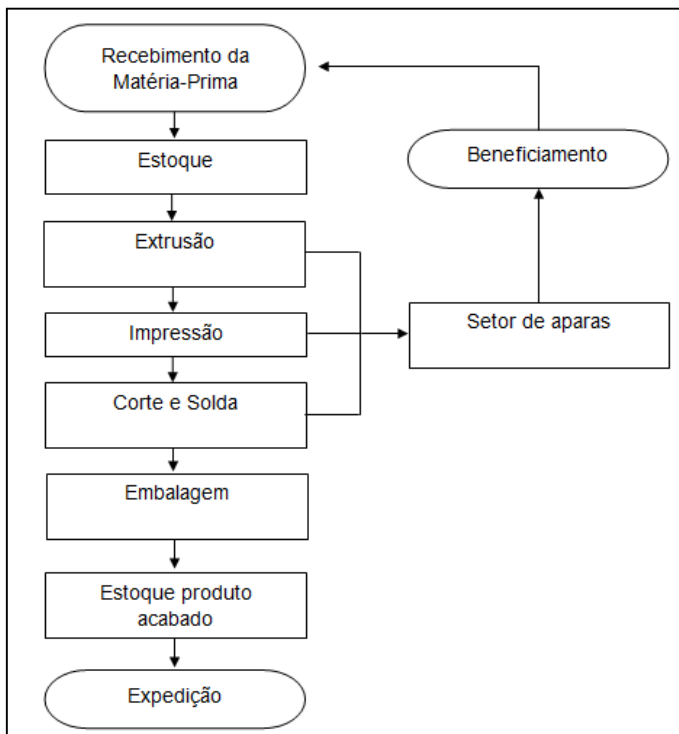


Fig. 1 – Fluxo do processo

Impressão em flexografia – foi apresentada pela primeira vez em 1890 por Bibby, Baron e Sons com um modo de imprimir materiais de embalagens não permeáveis (PIPES, 2005). É um sistema de impressão de relevo rotativo, com clichês plásticos e tintas fluidas de secagem rápidas. A área a ser impressa é feita por relevo, quando a superfície recebe tinta, a área ao redor sendo mais baixa não recebe tinta, portanto não imprime. A tinta é transferida diretamente do clichê para o filme de polietileno, comumente utilizado em embalagens de produtos. Caso o cliente solicite filme impresso, esse é o segundo processo produtivo que após receber tintas, as bobinas são encaminhadas para as refiladeiras, ou caso sejam solicitadas pelo cliente em forma de sacos, a bobina deverá seguir para o próximo setor produtivo. O setor opera com 4 máquinas de flexografia que processam em média 800 toneladas/mês.

Corte e Solda – esse é o terceiro e último setor produtivo, onde as bobinas receberão o formato de sacos e embalados em pacotes de 1000 unidades cada saco. Esses sacos são encaminhados em fardos para a expedição ou para o estoque de produtos acabados, aguardando a data de entrega.

Expedição – responsável pela unitização dos produtos em paletes, pesagem e quantidades, preparo de romaneio, documentos de remessa e programação de transportadoras de acordo com características acertadas com cada cliente e carregamento dos caminhões para a retirada do material.

Beneficiamento – os setores de extrusão, impressão e corte solda são setores que geram aparas por diversos motivos, desde o setup de um pedido até o seu término. Essas aparas do processo são separadas e encaminhadas para uma empresa terceira realizar o beneficiamento desse material. O produto recuperado era vendido para a mesma empresa que a recuperava, porém a partir de 2015 a empresa passou a reaproveitar o material recuperado no processo produtivo.

5. Resultado e discussão

5.1 Ações de interferência do PCP para melhoria econômica e ambiental

A empresa no início de 2015 passou por severa reestruturação em seu corpo de gestores. O setor de planejamento e controle da produção foi um dos setores que recebeu drásticas mudanças. O novo profissional de PCP ao iniciar suas atividades na empresa percebeu uma longa demora nos setups das impressoras, formando um gargalo na linha de produção, acumulado à ocorrência de muitas manutenções corretivas devido ao maquinário antigo e por não ter planejamento de manutenção preventiva. Dessa forma a empresa enfrentava problemas com desbalanceamento na linha de produção, problemas de lead time nas entregas, longos setups em suas impressoras de flexografia, constantes atrasos em suas entregas, além de baixa eficiência nas máquinas.

Quadro 1- Do PCP tradicional ao PCP ecoeficiente

Problema enfrentado pelo PCP tradicional	Interferencia /aplicação PCP	Resultado	Ganho
Redução de Setup	metodologia SMED	Reduziu setup em 62,4%; aumentou a produtividade em 48,53%; reduziu aparas de 30,89% para 13,43%	econômico e ambiental
Manutenção corretiva	Manutenção preventiva	Reduziu paradas de máquinas em 42%	econômico
materia-prima não renovável	Substituição para MP renovável	visibilidade cliente/sociedade	ambiental
Vendas das aparas	Recuperação e reuso das aparas no processo	Ganho econômico R\$ 1.009.316,74, deixou de retirar da natureza 42.644,52 Ton de MP	ambiental e econômico

Fonte: autores

O representante de PCP bem como o pesquisador após fazer um mapeamento detalhado do fluxo percebeu que havia um gargalo nas impressoras que desbalanceada a linha de produção. Em reunião com a diretoria foi proposto um projeto de melhoria contendo algumas ações necessárias para melhorar a eficiência produtiva tais conforme quadro 1: i) Foi realizado a implantação da ferramenta SMED nas impressoras de flexografia, a fim de reduzir o tempo de setup, pois em alguns casos o operador demorava mais de 5 horas por um setup mais complexo; ii) as aparas eram vendidas a uma empresa terceira, no entanto havia um plano para que essa mesma empresa realizasse o beneficiamento, recuperando as aparas para serem reutilizadas no processo produtivo ao invés de vende-las; iii) a matéria-prima mais utilizada era o PEBDL derivada do petróleo. Foi sugerido a substituição para o PE verde que é uma matéria-prima renovável feito da cana-de-açúcar; iv) foi implantado manutenção preventiva controlada pelo PCP, afim de evitar o número de paradas por motivo de manutenção corretivas.

Na implantação do *SMED* foi utilizada a metodologia de Shingo (2008) adaptada por Fogliatto e Fagundes (2003) passando por 4 estágios conforme literatura. Após a primeira etapa realizada a um nível estratégico, com apoio dos diretores e demais gestores, realizou-se o modo preparatório, por meio de palestras e treinamento com os operadores de máquina a fim de evitar a resistência pelo novo. No estágio inicial foram estudadas as condições atuais de chão de fábrica por meio da cronometragem. No estágio 1 foram classificados os setups internos e os setups externos, sendo os setups internos realizado com máquina parada e os setups externos com a máquina em movimento.

Tab. 1 – Antes e depois da implantação do SMED

Cronômetro das atividades antes e depois da implantação da ferramenta SMED			
Sequencia/atividades durante o setup		Tempo em (min.) antes do SMED	Tempo em (min.) depois do SMED
1	Tirar bobina da máquina	5	0
2	Levar a bobina para estoque	3	0
3	Procurar bobina de acerto	10	0
4	Transportar a bobina de acerto do estoque para a máquina	8	0
5	montar bobina de acerto na máquina	8	0
6	Procurar as bobinas da Ordem de Fabricação (OF)	5	0
7	Transportar as bobinas da OF do estoque até a máquina	8	0
8	limpeza de tambor	30	10
9	Troca de anilox	60	21
10	Bater rolo	25	11
11	trocar facas	18	8
12	Trocar camisas	25	13
13	Ajustar pressão	20	9
14	Viscosidade	15	8
15	Ajustar padrão de cor	40	25
16	Colocar tubete de pcp para iniciar produção	7	3
Total		287	108

Fonte: autores

No estágio 2 foram analisadas as possibilidades de mudar os setups internos para externos e no estágio 3 analisado todas as possíveis falhas no setup externo. Dessa forma pode se perceber a redução do setup da impressora considerando as ordens de fabricação que mais tem demanda, sendo de 6 cores. Houve redução de em média de 4h 46min 48s para 1h 48min com uma redução de 62,4%. O mesmo procedimento foi repetido nas outras 3 máquinas até que o resultado ficasse bem parecido ao resultado da tabela 1 após implantação do *SMED*.

Com a aplicação do *SMED*, e manutenção preventiva, surpreendentemente houve também redução de aparas o que não é comum, pois são ferramentas que reduzem o tempo de ociosidade, e partindo desse pressuposto que reduz o desperdício de tempo, aumenta-se a produtividade e

consequentemente deveria aumentar a apara. A explicação pode estar no fato de que os operadores eram inexperientes, o que fazia a apara ter um percentual muito elevado de 30,89%, considerado acima do normal para o ramo plástico de filmes flexíveis. Com o treinamento e padronização de um conjunto de outras ferramentas mencionadas, esse percentual se corrigiu para um percentual aceitável entre 10 a 15%.

5.2 Avaliação econômica

Antes da implantação do *SMED* os setups eram de 4h 46min 48s sendo reduzido para 1h 48min, ocorreu uma redução de 2h 58min 48s. Para comparação de resultados foram obtidos dados de 6 meses antes da implantação por meio de relatórios de produção e um acompanhamento no período de 6 meses após a implantação da TRF. O desperdício gerado conforme tabela 2 evidencia que a empresa gerou no primeiro semestre de 2015 uma média de 30,89% de apara em relação à produção, o qual após a implantação do *SMED* foi reduzido para 13,43%, representando uma economia de aproximadamente 42.547 kg de PEBDL mensalmente.

Tab. 2 – Valores da produção antes a implantação do *SMED*

Período	Produção	Desperdício kg Apara	preço PEADL R\$ 2,20	-	Valor recuperado	% Desperdício com Setup
Janeiro	377.676	122.585	R\$ 269.687,00	R\$ -	R\$ 269.687,00	32,46
Fevereiro	379.076	108.960	R\$ 239.712,00	R\$ -	R\$ 239.712,00	28,74
Março	397.837	118.665	R\$ 261.063,00	R\$ -	R\$ 261.063,00	29,83
Abril	415.134	136.946	R\$ 301.281,20	R\$ -	R\$ 301.281,20	32,99
Mai	379.782	121.367	R\$ 267.007,40	R\$ -	R\$ 267.007,40	31,96
Junho	381.239	111.530	R\$ 245.366,00	R\$ -	R\$ 245.366,00	29,25
Total	2.330.744	720.053	R\$ 1.584.116,60	R\$ -	R\$ 1.584.116,60	30,89

Fonte: autores

Tab. 3 – Valores da produção depois da implantação do *SMED*

Período	Produção	Desperdício kg Apara	preço PEADL R\$ 6,48	Beneficiamento MO R\$ 0,90/kg	Valor recuperado	% Desperdício com Setup
Julho	434.689	64.205	R\$ 416.048,40	R\$ 57.784,50	R\$ 358.263,90	14,77
Agosto	549.042	74.935	R\$ 485.578,80	R\$ 67.441,50	R\$ 418.137,30	13,65
Setembro	513.919	74.320	R\$ 481.593,60	R\$ 66.888,00	R\$ 414.705,60	14,46
Outubro	595.583	76.230	R\$ 493.970,40	R\$ 68.607,00	R\$ 425.363,40	12,80
Novembro	752.880	97.810	R\$ 633.808,80	R\$ 88.029,00	R\$ 545.779,80	12,99
Dezembro	615.661	77.273	R\$ 500.729,04	R\$ 69.545,70	R\$ 431.183,34	12,55
Total	3.461.774	464.773	R\$ 3.011.729,04	R\$ 418.295,70	R\$ 2.593.433,34	13,43

Fonte: autores

Constatou-se que após a implantação do *SMED* houve também aumento da capacidade de produção saindo do primeiro semestre de 2.330,7 toneladas para 3.461,7 toneladas conforme tabela 3, o que corresponde uma média de 188.505 kg/mês com aumento médio de 48,53% em sua capacidade produtiva.

Até o mês de junho havia uma empresa terceira que comprava as aparas da empresa em estudo. Não foram obtidas informações sob qual finalidade a empresa terceira a comprava. Possivelmente ela comprava, reciclava e revendia, porém não se pode afirmar com propriedade. O período em análise de 6 meses antes da implantação do *SMED* a empresa vendia as aparas por R\$2,20 o que proporcionou um ganho de R\$1.584.433,34 no primeiro semestre, enquanto que a partir do segundo semestre de 2015 foi fechado um contrato com a empresa terceira para fazer o beneficiamento das aparas a fim de aproveitar o material reciclado no processo produtivo. Embora o material reciclado perca bastante propriedade, porém é possível que esse material seja diluído em uma porcentagem de 5% ao material

virgem, para o reaproveitamento, consumindo uma média de 25.000,00 kg/mês em produtos que exigem melhores qualidades, e uma média de 35.000,00kg/mês na produção de lonas pretas e sacos de lixos, o qual permite uma adição de 25% de reciclado por ser um produto que não tem muita exigência quanto a sua qualidade. Normalmente as lonas são produtos usados em pequenas obras civis ou na agricultura. Considerando que o material virgem custa R\$6,48, o valor recuperado deduzindo o valor cobrado pelos custos da empresa terceira, representou uma quantia de R\$ 2.593.433,34 comparado ao valor do primeiro semestre obtendo um ganho econômico de R\$1.009.316,74 em seis meses ou R\$168.219,46/mês pela interferência do PCP no processo produtivo, considerando ainda um aumento de 48,53% em sua capacidade produtiva, por ter reduzido o tempo de setup das impressoras.

5.3 Avaliação ambiental

Para a avaliação do impacto ambiental foi adotado a ferramenta de ecoeficiência utilizando os valores de MIF por unidade de recursos empregados na tabela Wuppertal institute (2014). Na tabela 4 foi realizado o cálculo do impacto ambiental de 6 meses antes da aplicação do *SMED*, que representa um impacto ambiental de 120.284,8 toneladas em um período de 6 meses.

Tab. 4- Análise ambiental antes da aplicação *SMED*

Intensidade Ambiental - MIPs antes do SMED							
Matéria prima	Consumo anual		Material Abiótico	Material biótico	Ar	Água	Impacto Ambiental semestre (kg)
PEADL	720.053,0	MIF (kg/kg	2,12	0	2,8	162,13	
		Intensidade (kg) Atual	1526512,36	0,00	2016148,40	116.742.192,89	120.284.853,65
Total			1.526.512,36		2.016.148,40	116.742.192,89	120.284.853,65

Fonte: autor

Tab. 5 – Análise ambiental depois da aplicação *SMED*

Intensidade Ambiental - MIPs depois do SMED							
Matéria prima	Consumo anual		Material Abiótico	Material biótico	Ar	Água	Impacto Ambiental semestre (kg)
PEADL	464.773,0	MIF (kg/kg	2,12	0	2,8	162,13	
		Intensidade (kg) Atual	985318,76	0,00	1301364,40	75.353.646,49	77.640.329,65
Total			985.318,76		1.301.364,40	75.353.646,49	77.640.329,65

Fonte: autor

Na tabela 5 repetiu-se a análise do impacto ambiental após a implantação do *SMED* e pode-se verificar que houve uma redução do impacto ambiental de 120.284,85 tons/6meses para 77.640,33 tons/6meses. Evitando ser extraídas do ecossistema 42.644,52 toneladas em um período de seis meses ou uma média de 7.107,42 ton./mês.

5.4 Comparações entre o ganho econômico e ambiental

Conforme tabela 6, a empresa obteve um ganho econômico (GE) de R\$ 1009.316,74 durante um período de 6 meses com uma redução do tempo de setup, redução de aparas e um aumento na capacidade produtiva das máquinas.

O benefício ambiental obtido por meio do (*MIT*) foi de 42.644,52 toneladas de materiais de deixaram de ser retirado dos ecossistemas, resultado obtido da diferença medida do antes (tabela 4) e depois (tabela 5) da implantação do *SMED*. A economia total de material (*MTE*) observado no período de 6 meses foi de 255.280kg de aparas que deixaram de ser produzidas. Dessa forma para a realização

dos cálculos foram aplicados os índices de ganho ambiental (IGA) e índice de ganho econômico (IGE) conforme as equações:

Eq.1 $IGE = MTE/GE$ e Eq.2 $IGA = MIT/GE$

Tab. 6- comparação do ganho econômico e ambiental

Material economizado kg	GE	Impacto Ambiental anual kg	IGE	IGA
255.280,00	1.009.316,74	42.644.520,35	0,253	42,251
MET	GE	MIT		

Fonte: autor

Essa comparação da tabela 6, permite avaliar os ganhos indicando seu índice de representatividade, comparando o ganho econômico com o ambiental (OLIVEIRA NETO, 2010,2012 e 2014).

Conclusão

A metodologia desenvolvida por Shingo (2008) e adaptado por Fogliatto e Fernandes (2003) contribuiu para redução do setup de 4h 46min 48s para 1h 48min, eliminando período não produtivo no chão de fábrica o que proporcionou um aumento da produtividade em 48,5% e redução de aparas de 30,89% para 13,43% em relação à produção. O ganho econômico foi da ordem de R\$1.009.316,74 com redução, recuperação e reuso de aparas no processo produtivo. O ganho ambiental foi da ordem de 42.644,52 toneladas que foram evitadas de serem retiradas da natureza.

Dessa forma conclui-se que o PCP mediante suas atividades tornou a empresa mais ecoeficiente por meio da utilização de ferramentas como: i) *SMED* ou Troca Rápida de Ferramenta, reduzindo o tempo de setup das impressoras atingindo uma média de 1h 48min, proporcionando um aumento de produtividade referente a uma média de 188.505,00kg/mês comparando a produção do primeiro semestre de 2015 com o segundo semestre; ii) manutenção preventiva controlada pelo PCP; iii) recuperação de aparas e reuso no processo produtivo, fornecendo ganhos econômicos e ambientais para a empresa; iv) substituição de matéria-prima, PE verde (recurso não renovável por renovável). Um recurso não renovável são recursos consumidos mais rapidamente do que a natureza pode produzi-los, dessa forma o PEBDL verde feito da cana-de-açúcar pode ser facilmente regenerado pela natureza, proporcionando benefícios ambientais. Jabbour et al (2012) indica uma tendência de aumento na valorização de empresas que anunciam a adoção de práticas de gestão ambiental. Dessa forma o conjunto dessas ferramentas aplicadas às atividades do PCP pôde proporcionar à empresa ganhos não apenas econômicos, mas também ambientais, tornando-o ecoeficiente.

Referências

ANTUNES, J., 2008. Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman.

CHIARINE, A., 2014. Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers. Journal of Cleaner Production. 85 pp 226-233

ERIC COSTA, E.; Sousa, R.; Bragança, S.; Alves; A.,2013. Industrial Application of the SMED Methodology and other Lean Production Tools.

FOGLIATTO, F. S. FAGUNDES, R. M. F., 2003. Troca Rápida de Ferramentas: proposta metodológica e

estudo de caso. *Gestão & Produção*. V.10, n.2, pp163-181.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Disponível em: <http://www.ibge.com.br>. Acessado em fevereiro/2017.

JABBOUR, C.J.C.; SILVA, E.M.; PAIVA, E.L.; SANTOS, C.A., 2012. Environmental management in Brazil: is it a completely competitive priority? V. 21, PP. 11–22

LAMPKOWSKI, F. J.; BIAGGIONI, M. A. M. e LAMPKOWSKI, M., 2014. Gerenciamento ambiental e ecoeficiência no processo de adoção de inovação em empresas sucroenergéticas do centro-oeste do Estado de São Paulo. *Revista de Tecnologia Aplicada (RTA)*.

MOTA, P. M. P., 2007. Estudo e implementação da metodologia SMED e o seu impacto numa linha de produção. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.

OLIVEIRA NETO, G. C. de; CHAVES, L. E. de C.; VENDRAMETTO, O., 2010. Vantagens econômicas e ambientais na reciclagem de poliuretano em uma empresa de fabricação de borracha. *Exacta*, São Paulo, v. 8, n.1, pp. 65-80.

OLIVEIRA NETO, G.C; PAOLI, F.M; LUCATO, W.C., 2013. Vantagens econômicas e ambientais resultantes da aplicação do projeto para o meio ambiente (DfE). *Espacios*. v. 34, n.12, pp. 11-23.

OLIVEIRA NETO, G.C; SOUZA, S.M; BAPTISTA, A.E., 2014. Cleaner Production Associated with Financial and Environmental Benefits: A Case Study on Automotive Industry. *Advanced Materials Research*, v. 845, pp 873-877.

PEREIRA, M. A., 2008. Estudo de caso da metodologia SMED: Questões Operacionais para implantação em tornos CNC. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

PIPES, A., 2005. *Production for Graphic Designers*. 4 ed. Nell Webb.

RODRIGUES, A. S. & BILHAR, B. M. A., 2014. Troca Rápida de Ferramentas: Objetivos e Implantação. Recuperado em 20 de fevereiro de 2017, de: http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/2059.pdf Acessado em fevereiro/2017.

SHINGO, S., 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press. Cambridge, MA.

SHINGO, S., 2008. *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre: Bookman.

WBCSD, 1996. *Eco-Efficiency and Cleaner Production: Charting the course to sustainability*.

WUPPERTAL INSTITUTE, 2014. Table of material intensity, fuels, transport services and food. Wuppertal Institute. Disponível em: http://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/publications/MIT_2014.pdf. Acessado em fevereiro/2017.

YIN, ROBERT K., 2015. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.

ZHU, Z., WANG, K., ZHANG, B., 2014. Applying a network data envelopment analysis model to quantify the eco-efficiency of products: a case study of pesticides. *Journal of Cleaner Production*, v.69, pp 67- 73.