

AUMENTO DA DISPONIBILIDADE EM UMA LINHA SMT ATRAVÉS DA REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP*

Felipe Gaspar Durante, UNISOCIESC
Mauro Rezendo Filho, UNISOCIESC

RESUMO

Este trabalho demonstra os ganhos e a vantagem competitiva obtidos através da melhoria de processos, sob o enfoque produtivo, na empresa Produza S.A, após a implementação da metodologia SMED de troca de setup. Foram definidos os conceitos de SMED, manufatura SMT, padronização e gerenciamento de processos, valendo-se de uma pesquisa bibliográfica e descritiva. Ferramentas de estudo de caso foram empregadas para coletar e analisar os dados, possibilitando uma compreensão dos mesmos sobre os efeitos da implementação citada. Concluiu-se que a implementação do SMED resultou na melhoria do processo de setup na referida indústria eletrônica, bem como no aumento da disponibilidade das máquinas.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho discorrerá sobre o aumento da disponibilidade de uma linha de produção SMT (*Surface Mount Technology*), através da utilização da metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Dies*) de mapeamento de processos, melhoria e acompanhamento dos mesmos, focada em melhoria do processo de *setup*.

A escolha do processo SMT se dá pelo fato desta linha ser o gargalo da produção na referida empresa hoje, e como será mostrado, os tempos de *setup* compõe grande parte deste gargalo. A necessidade de melhoria de processos e consequente aumento da produtividade, aliado ao desempenho da economia atual, mostram o desafio que as indústrias como um todo enfrentam hoje.

A etapa de *setup* estudada neste contexto corresponde a preparação dos componentes, separação, alimentação e configuração dos mesmos, bem como preparação das máquinas a montante e a jusante das insersoras. Como a maioria dos processos de montagem automatizada, a atividade de *setup* demanda um tempo maior que o processo de montagem da placa eletrônica, que de acordo com Sadiq e Landers (1991, pg. 50) as operações de *setup* podem induzir a montagem incorreta e consumir um tempo excessivo de produção, comprometendo o *lead time* produtivo.

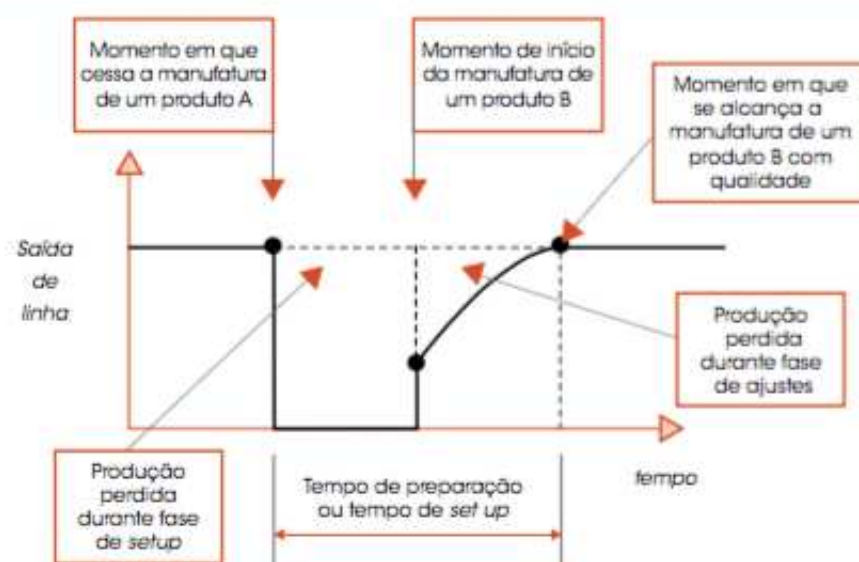
Em virtude da característica da organização de focar em pequenos lotes de produção, o tempo dispendido na preparação dos equipamentos de montagem pode fazer com que a linha de manufatura fique muito tempo ociosa aguardando o processo de *setup*. O presente trabalho focará na análise do processo de setup da linha SMT, dos tempos envolvidos e na preparação de uma sequência lógica de troca de ferramenta, buscando uma redução deste tempo parado entre lotes de placas distintas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DA METODOLOGIA SMED

Tempo de *setup* é definido como “tempo entre a última peça do lote anterior a deixar a máquina e a primeira peça boa produzida do lote seguinte pela máquina”, segundo McIntosh et al (1996).

Figura 1 - Conceito tempo de *setup*



Fonte - Satolo et al, 2008, pg. 283

Para alcançar o objetivo definido anteriormente no trabalho, é necessário que se defina inicialmente o processo SMED e suas implicações. A metodologia SMED foi desenvolvida por Shigeo Shingo, e é referência principal em se tratando de redução de tempos de *setup*, tendo como base o Sistema Toyota de Produção (STP).

O STP tem foco na redução de desperdícios, e para este objetivo foram criadas técnicas, como a produção de pequenos lotes, foco na qualidade, redução de estoques, entre outras. Conforme Godinho Filho e Fernandes (2004, p. 27) a produção de lotes menores exige ações no sentido de reduzir o tempo de *setup*.

Para McIntosh et al (2007), o SMED pode ser tanto definido como conceito, metodologia e programa de melhoria contínua. De acordo com Shingo (1985, p. 53), SMED é “uma abordagem científica para redução do *setup*, podendo ser aplicada em qualquer fábrica ou equipamento. A metodologia SMED foi desenvolvida, de acordo com Shingo, ao longo de 19 anos, através de 3 etapas distintas.

A primeira etapa se deu na fábrica da Mazda Toyo Kogyo, em 1950, na cidade de Hiroshima. Shingo identificou e classificou as atividades internas e externas referentes ao *setup* das prensas, definindo as internas com as máquinas paradas e externas com as máquinas em funcionamento.

A segunda etapa do desenvolvimento da metodologia foi no estaleiro da Mtsubishi, também em Hiroshima, no ano de 1957. Desta vez, Shingo duplicou as ferramentas, proporcionando que o *setup* fosse realizado separadamente, aumentando em 40% a disponibilidade da linha de produção.

A última etapa do processo ocorreu na fábrica da Toyota, onde o *setup* das prensas consumia 4 horas de trabalho, e nas fábricas da Volkswagen este processo era realizado em 2 horas. Num primeiro momento, Shingo conseguiu uma redução deste tempo para 90 minutos, o que não foi suficiente para a diretoria da Toyota. Aplicando o conceito de *setup* interno e externo, foi possível reduzir o tempo total de *setup* para somente 3 minutos.

Desta forma estava criada a metodologia SMED, em inglês “*single minute exchange of dies*”, com o foco de reduzir o tempo de *setup* para menos de 10 minutos ou um único dígito.

2.2 OS ESTÁGIOS DO SMED

A metodologia proposta por Shingo é composta de 4 estágios sequenciais, desenvolvidos ao longo de seus estudos (SHINGO, 1985).

No estágio 1 não é possível distinguir o *setup* interno (que ocorre com a máquina parada) do *setup* externo (que ocorre com a máquina em operação). Shingo indica a utilização de cronômetros, entrevistas ou filmagem do processo, e diz que “observações e discussões informais com os trabalhadores geralmente são suficientes” (1985, p. 75). Este estágio é focado no mapeamento das atividades e identificação das etapas.

O segundo estágio corresponde análise e separação das atividades em *setup* interno e *setup* externo. Para cada atividade identificada, deve-se questionar se é possível realizá-la externamente, com um mínimo de alteração, enquanto as máquinas estão em funcionamento. Se sim, a atividade é caracterizada como externa, e será executada desta forma.

Conforme Shingo:

Se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *setup* como *setup* externo, então o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30% a 50%. Controlar a separação entre interno e externo é o passaporte para atingir o SMED. (SHINGO, 1985, p. 48)

O estágio 3 tem o objetivo de converter as atividades internas para externas, isto é, fazer com que as atividades realizadas com a máquina parada sejam realizadas com a máquina em movimento. Mondem (1983, p. 54) diz que devemos salientar nesta etapa a padronização somente de atividades necessárias à redução de tempo de *setup*, tendo em vista sempre o custo benefício.

O quarto e último estágio é a base do STP, a melhoria contínua. Shingo descreve esta etapa como “a melhoria sistemática de cada operação básica do *setup* interno e externo” (1985, p. 66). Após a identificação das atividades, separação em internas e externas e conversão das mesmas, faz-se necessário um enfoque de melhoria sobre estas atividades,

de forma que o ganho seja o melhor possível. Nesta racionalização, deve-se verificar a real necessidade de todas as atividades e se é possível melhorá-las.

2.3 DO PROCESSO DE MANUFATURA SMT

Os equipamentos eletrônicos, principalmente os bens de consumo, sofreram uma redução considerável quanto à dimensões e peso. Um dos fatores mais significantes para que isto fosse possível foi a introdução do sistema SMT (*surface mount technology*), que trouxe uma miniaturização dos componentes, permitindo assim redução de peso, volume e custo na montagem.

Para a *Surface Mount Technology Association* (2004), o anseio do mercado por equipamentos mais confiáveis e duráveis, aliado à necessidade de miniaturização e aumento da capacidade dos equipamentos, fizeram com que a tecnologia SMT crescesse vertiginosamente nas últimas décadas.

Já de acordo com Elbest (2004, p. 33), estes são outros benefícios da utilização desta tecnologia:

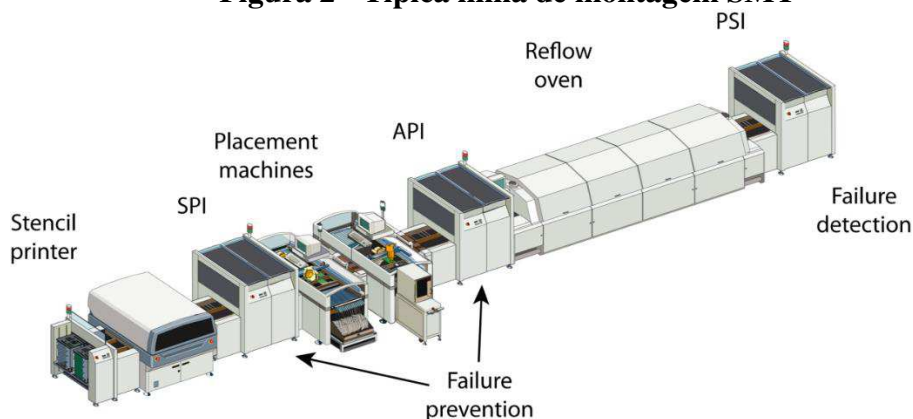
Permite maior número de componentes por embalagem, reduz o tamanho da placa de circuito impresso, redução do peso e volume necessários para fabricação de equipamentos portáteis, possibilita o uso de máquinas de montagem automatizadas, mais precisas, reduz a intervenção humana no processo de montagem.

Para entender melhor o tema deste trabalho, é necessário descrever brevemente o funcionamento de uma linha de montagem SMT.

2.4 LINHAS DE MONTAGEM PARA COMPONENTES SMT

Vários equipamentos, que trabalham de forma cooperativa automaticamente, formam uma linha de montagem SMT.

Figura 2 - Típica linha de montagem SMT



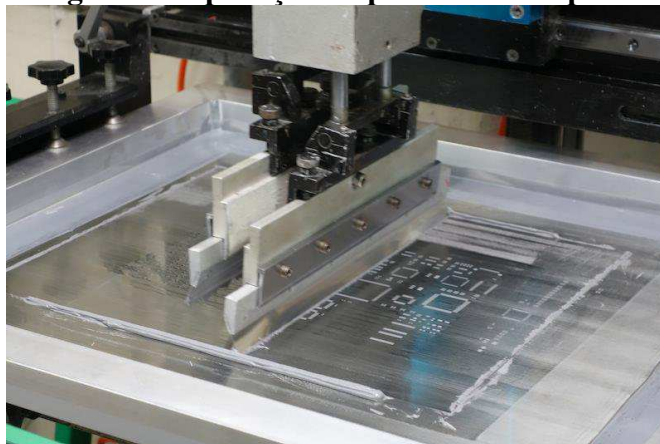
Fonte: www.siemens.com (2016)

Todo processo de montagem SMT é focado em automação, com o mínimo de intervenção humana, e conforme Silva e Sampaio (2002) mencionam, leva-se poucos segundos para montagem de uma placa.

2.4.1 PRINTER

O início do processo se dá em um equipamento denominado Printer, que através do processo de serigrafia, aplica pasta de solda sobre a placa virgem. Esta aplicação é feita por um rodo sobre um estêncil que permite a passagem da pasta de solda somente nos pontos onde serão inseridos os componentes.

Figura 3 - Aplicação da pasta de solda pela Printer



Fonte: www.euruste.com (2016)

A pasta tem a função de soldar o componente à placa, permitindo assim sua fixação e o contato elétrico.

2.4.2 SPI

Após a passagem pela Printer, a placa com pasta segue para um outro equipamento, a SPI, que com uma câmara fotográfica, tira quantas fotos forem necessárias da placa e compara estas fotos com um padrão feito pela Engenharia Industrial. Este padrão indica os pontos onde deve haver pasta e se o volume necessário foi aplicado.

2.4.3 INSERSORAS

Os principais e mais caros equipamentos de uma linha de montagem SMT, as insersoras são responsáveis pela inserção dos componentes nos devidos locais, sobre as placas com pasta.

Figura 4 - Exemplo de insersora



Fonte: www.siemens.com (2016)

Estas máquinas possuem um alto grau de precisão e automação, seguindo uma programação predefinida. As máquinas de inserção SMT surgiram na década de 1980, com uma velocidade de ~2000 componentes por hora. Na década de 1990 houve uma grande evolução com a criação de sistemas óticos de alinhamento e a introdução de outra unidade de captura de componentes ou cabeçote, que de acordo com Bentzen (2004, p. 91) propiciaram uma forma mais rápida e cooperada de operação da insersora. Hoje existem insersoras com capacidade para ~40000 componentes por hora.

Brochonski e Candido (1999) dizem que os componentes SMT são acondicionados em fitas, e que estas podem ser formatadas em rolos. Estes rolos serão acondicionados em *feeders*, que puxam o componente e o colocam em posição de captura pelo cabeçote (ponto de *pick up*). Assim que o cabeçote recolhe um componente, o *feeder* faz a fita avançar e coloca o próximo componente em posição.

A insersora segue uma programação predefinida, considerando algumas condições para montagem. Esta programação diz quais componentes montar em quais posições, além de indicar em qual *feeder* e carrinho está localizado o referido componente. O cabeçote vai até o componente e o suga através de ar comprimido. Assim que estiver completo, o cabeçote se desloca para a placa e aplica os componentes coletados, seguindo este processo até o fim da montagem.

2.4.4 FORNO DE REFUSÃO

Inseridos todos os componentes, as placas seguem seu fluxo até o forno de refusão para a soldagem da pasta. O forno possui zonas de aquecimento, que de acordo com os tipos de componentes, podem ser alteradas. A placa é aquecida até o ponto de fusão do estanho presente na pasta, que solidificará quando resfriado.

Figura 5 - Modelo de forno de refusão com 8 zonas de aquecimento



Fonte: www.conceptronic.com (2016)

2.4.5 AOI

Após sair do forno de refusão, a placa segue para uma estação de inspeção automatizada, a AOI (*Automated Optical Inspection*). Como a SPI, a AOI valendo-se de uma câmara fotográfica, tirará várias fotos da placa e comparará estas fotos com um programa feito pela Engenharia Industrial, procurando defeitos como falta de componentes, falta de solda, componentes em posições erradas ou componentes errados na placa.

A AOI identifica estes defeitos automaticamente, que passam por uma revisão humana verificando falsas falhas ou outros erros que a máquina não identificou.

Figura 6 - AOI tirando fotos para comparação com programa



Fonte: www.nexpcb.com (2016)

2.5 PADRONIZAÇÃO

A padronização é uma das partes mais importantes da Gestão da Qualidade Total, definindo as normas e regras técnicas a serem utilizadas, garantindo assim a repetibilidade dos processos dentro da organização. Para Deming (1990, p.141), a ausência de processos documentados é uma constante, tanto nas organizações produtoras de bens quanto nas prestadoras de serviços, destacando também que o número de empresas que possuem documentos atualizados é muito baixo.

O autor supracitado comenta ainda sobre os problemas enfrentados mesmo quando há um esforço em função da padronização de processos:

Nem sempre é fácil descrever procedimentos. Um defeito em um produto manufaturado pode ser difícil de definir operacionalmente. O mesmo tipo de problema aflige algumas empresas de serviços: o código correto e um erro de codificação são, em muitos estudos, tão difíceis de definir operacionalmente quanto um defeito na linha de produção. São necessários cursos com duração de vários meses para todo o pessoal encarregado na codificação ocupacional e codificação industrial do Recenseamento e de outros órgãos governamentais. Assim mesmo, existe discordância, de vez em quando, quanto ao código a ser dado a determinada situação. A discordância entre o conferente e o codificador original pode ser apenas uma honesta diferença de opiniões abalizadas. Interpretações diferentes do código de mercadorias às vezes conduzem a diferenças honestas

entre dois funcionários no cálculo da divisão de lucros entre duas ferrovias em um transporte entre as linhas. (Deming, 1990, p.142)

Esta situação é preocupante pois para a garantia da qualidade do processo, é importante que os padrões estejam corretos ou de acordo com as especificações que se pretende alcançar.

2.6 PADRONIZAÇÃO DE DOCUMENTOS E PROCESSOS

A padronização dos processos e documentos nos assegura que as mesmas características e atividades serão repetidas, confiando assim, segurança, qualidade e eficiência ao processo e consequentemente aos produtos.

Toda a documentação da organização deve seguir a estrutura determinada, desde o Manual da Qualidade, até os formulários, passando pelos procedimentos e instruções de trabalho, sendo o projeto a melhor etapa para tal, pois

Nesta etapa, tudo se encontra em andamento. Os requisitos do produto ainda estão no papel. Os componentes ainda não foram determinados e os fornecedores não estão especificados (GARVIN, 2009, p. 159).

A padronização assegurará assim, características finais do produto, e por consequência um aumento da competitividade e lucratividade perante ao mercado.

2.7 GERENCIAMENTO DE PROCESSOS

Uma das dimensões da qualidade, que hoje corresponde a muito mais do que somente qualidade do produto, é a parte que cabe ao gerenciamento de processos de uma organização. Processos podem ser definidos como “uma série de atividades lógicas criadas para atingir determinado objetivo” (SAKAMOTO, p. 31, 1989), sendo que eles possuem duas características básicas: processos possuem clientes e eles cruzam vários setores da organização.

Gerenciamento de processos propõem ao gestor uma melhoria contínua, buscando a qualidade crescente e envolvimento geral da organização, promovendo redução de custos, aumento de produção, redução de refugos, e consequentemente aumento real do lucro. De acordo com Jane et al,

A metodologia de Gerenciamento de Processos facilita a identificação do fornecedor, do cliente e do fluxo do produção, os quais passam a ser do conhecimento de todos os setores da empresa. A partir deste conhecimento claro, é possível que os membros da empresa vislumbrem oportunidades de melhoria e as implantem com maior sucesso.

O gerenciamento de processos traz muitas vantagens a organização como um todo, entre elas,

uma visão mais ampla e horizontal do negócio da empresa; entendimento profundo do processo geral; metodologia de análise dos processos; implementação mais fácil para mudanças; maior

envolvimento de funcionários em todos os níveis; maior conscientização dos impactos ambientais causados pelos processos da empresa.

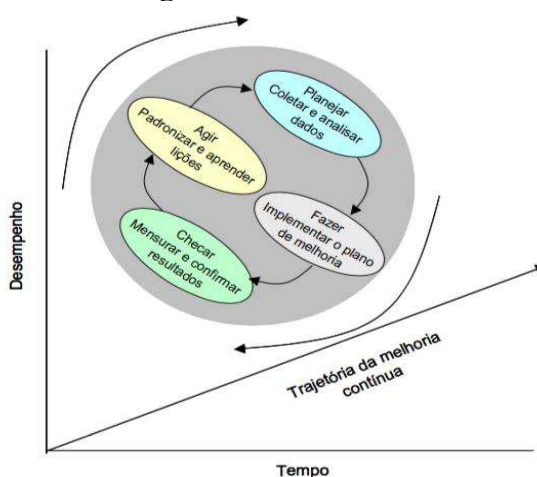
Para que haja uma melhoria dos processos, é importante que os mesmos estejam estabilizados, sendo assim possível medir e analisar suas características, exigindo um envolvimento geral da organização e uma mudança cultural.

Esta estabilização permite que o processo ganhe confiabilidade, e “apenas quando as operações atingem um certo grau de confiabilidade vale a pena melhorar qualquer outro aspecto da organização” (SLACK, 2002 p. 78). Sem estabilidade, qualquer melhoria em qualidade ou produtividade por exemplo, nunca alcançarão seu inteiro potencial. Ainda segundo Slack (2002, p. 80), a confiabilidade é base para a implantação do TQC (*Total Quality Control*), prevendo assim falhas e desvios dos processos.

A gestão da qualidade no processo, de acordo com Paladini (1995, pg 76), pode ser definida como “direcionamento de todas as ações do processo produtivo para pleno atendimento do cliente”, sendo que ainda por Paladini (1995, p.76), a melhor estratégia para tanto é “eliminação das perdas, eliminação das causas das perdas e otimização do processo”.

Essa melhoria continua do processo, ou em japonês *kaizen* do processo, pode seguir o ciclo de Deming ou como é mais conhecido, o PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Este ciclo se baseia no conceito científico de se propor mudanças em processos, implementar a mudança, analisar seus resultados e agir padronizando e estabilizando a mudança ou recomeçando o ciclo (SLACK et al, 2002 p. 605).

Figura 7 – Ciclo PDCA



Fonte: Slack et al (2002, p. 606)

No que tange ao SMED, o gerenciamento de processos foca na padronização e melhoria do processo de *setup*, fazendo com que haja confiabilidade do mesmo, reduzindo a incidência de erros, resultando em um aumento da disponibilidade das máquinas.

3 DA EMPRESA OBJETO DA PESQUISA

Este trabalho de conclusão de curso tem o objetivo de avaliar quais são as melhorias alcançadas pela implantação da metodologia SMED em uma linha de montagem de placas eletrônicas de pequenos lotes, dentro da empresa Produza S.A.

Figuras 8 e 9 – Empresa Produza S.A.



Fonte: Produza S.A.

A Produza é uma empresa localizada em Florianópolis, Santa Catarina - Brasil, que atua na montagem de placas eletrônicas, mesmo sendo capaz de trabalhar com grandes séries, foca suas atividades na produção de pequenos lotes (Produza, 2016b).

Com o recente crescimento da indústria tecnológica em Florianópolis, a localização da empresa faz com que seja um dos principais fornecedores deste serviço no sul do Brasil. A Produza S.A. opera com terceirização total, efetuando todos os serviços de logística de compra e armazenagem dos componentes além de montagem do produto final, e também terceirização parcial, onde o cliente fornece os componentes e a Produza S.A. faz somente o serviço de montagem das placas (Produza, 2016e). A terceirização parcial é muito utilizada por empresas como Reivax e Reason.

No final do ano de 2012, a Empresa recebeu a certificação do Sistema de Gestão da Qualidade – ISO 9001:2008 para montagem, industrialização e vendas de placas eletrônicas, mantendo esta certificação em 2013 e sendo recertificada em 2016 (Produza, 2016a).

Esta implementação acarretou em algumas mudanças dentro da organização. Um departamento de qualidade foi criado e processos e registros começaram a ser registrados. Os processos começaram a sofrer padronizações e eram auditados periodicamente, desencadeando uma mudança na cultura da Empresa. Com esta certificação, foi possível para a empresa ampliar seu leque de atuação, atingindo clientes como o grupo Odebrecht e General Electric.

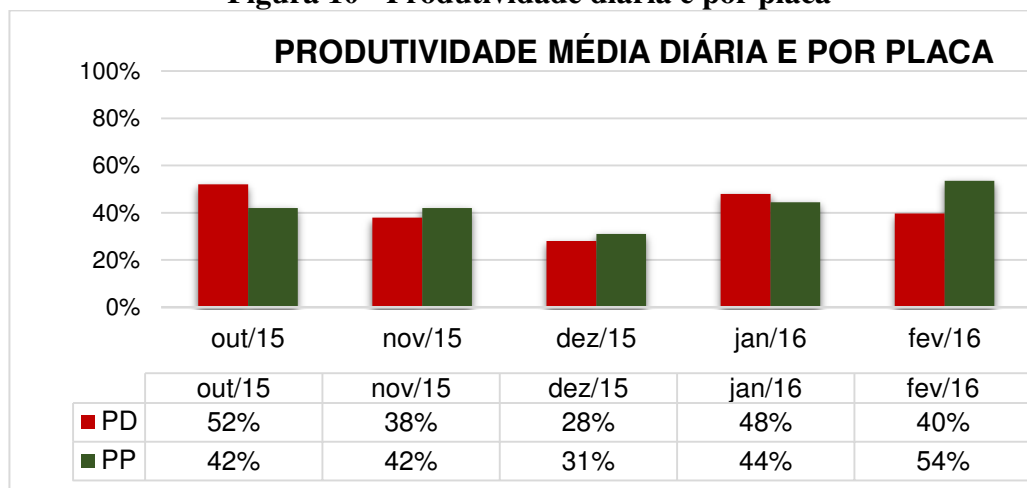
Em virtude da sua característica de produção em pequenos lotes, a Produza S.A. atende clientes com projetos de 01 placa como o acelerador de partículas localizado na Suíça dentro do CERN (Organização Europeia para Pesquisa Nuclear) mas também possui capacidade instalada para fornecer 30.000 placas em 1 mês para a Taschibra S.A.

4 DA SITUAÇÃO ORIGINAL

4.1 A BAIXA PRODUTIVIDADE

Uma das atividades executadas diariamente pelo relator deste trabalho era o levantamento da produtividade do dia anterior e da produtividade por placas. Logo nos primeiros meses, ficou claro que a Produza S.A. tinha muito do seu tempo disponível perdido mensalmente, conforme a figura 10 nos mostra.

Figura 10 - Produtividade diária e por placa



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016

É claro que somente pela baixa produtividade diária não era possível identificar onde estão estas perdas, e neste momento entraram as informações diárias levantadas pelo relator, conforme anexo A. Neste exemplo da planilha, é possível verificar que os tempos entre lotes são muito altos, para uma linha de produção automatizada.

Foi essa baixa produtividade que levou o relator a acompanhar as trocas de *setup*, e verificar que o processo se encontrava em desacordo com qualquer norma de qualidade ou gestão de processos.

4.2 DO PROCESSO DE TROCA DE *SETUP*

Baseando-se na primeira etapa da metodologia SMED descrita anteriormente, o relator efetuou a listagem das atividades que eram realizadas no *setup*, bem como os responsáveis pelas mesmas.

Tabela 1 - Lista de atividades relacionadas ao setup

Atividade	Externa	Interna
Retirar kit	x	
Identificar posição		x
Preparar carrinhos		x
Alimentar <i>feeders</i>		x
Ajustar <i>pick up</i>		x
Bipar componentes		x

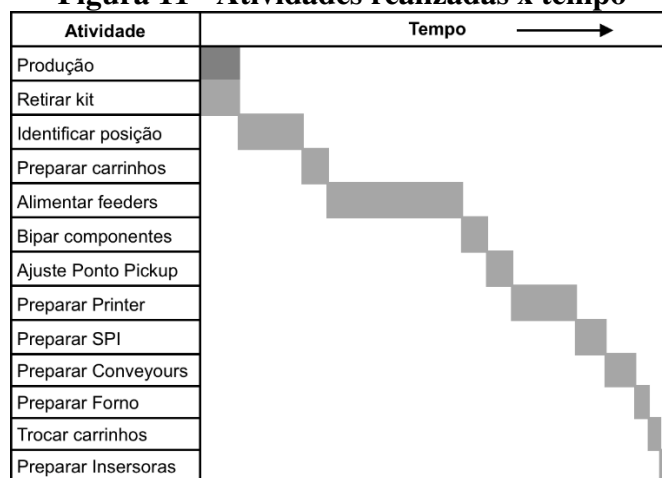
Preparar Printer		x
Preparar SPI		x
Preparar <i>Conveyors</i>		x
Preparar Forno		x
Trocar Carrinhos		x
Preparar Inersoras		x

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi identificado que somente a retirada de kits do almoxarifado era feita externamente, pois um colaborador deste setor levava o kit com os componentes para a linha de produção. Todas as outras atividades eram realizadas internamente, isto é, com as máquinas paradas aguardando a realização do *setup*. O primeiro fator que chamou a atenção foi a falta de uma instrução de trabalho (IT) que padronize o processo e tenha uma sequência lógica de execução. A falta de padronização do processo é evidente, pois a cada *setup*, o processo é executado de uma forma diferente e os operadores seguem a sequência que eles acreditam ser a melhor.

Outro fator importante de se ressaltar é que todas as atividades relacionadas à preparação do próximo *setup* eram realizadas pelos operadores da linha SMT após a finalização do lote anterior, comprometendo mais ainda o tempo disponível, como mostra a figura abaixo.

Figura 11 - Atividades realizadas x tempo



Fonte: Elaborado pelos autores

Após retirar os kits do almoxarifado, os operadores identificam a posição de cada componente em uma planilha Excel e preparam os carrinhos. A preparação dos carrinhos consiste em separar quantos carrinhos sejam necessários e os *feeders*, de acordo com a programação Siplace.

Com os carrinhos prontos, os operadores realizavam a alimentação dos *feeders*, que é a colocação dos componentes nos mesmos. Finalizada a alimentação dos *feeders*, os operadores levavam os carrinhos até as insersoras e realizavam a bipagem (leitura de um código de barra através de leitor infra vermelho) dos componentes no sistema VALOR (que identifica e gerencia o consumo de componentes), verificando se estes componentes estavam no *feeder* correto e informando ao sistema sua localização.

Como os operadores estavam envolvidos nestas atividades de alimentação e preparação dos componentes, a preparação da printer, da SPI, dos *conveyors* e do forno somente era feita quando estes operadores acabavam suas atividades relacionadas às atividades anteriores.

Presenciou-se várias situações em que somente após a alimentação estar pronta, verificou-se que não havia estêncil (peça utilizada na printer) para produção da placa em questão. Assim, todo o tempo de alimentação e preparação foi perdido pois a Printer somente funciona se houver estêncil.

Não havia uma atenção especial para a preparação do forno de refusão. Apesar de ser uma atividade rápida, realizada em menos de 01 minuto, havendo necessidade de resfriamento, o forno leva 00:40:00 (em média) para chegar na temperatura programada. Os operadores por várias vezes preparavam toda a linha SMT, e somente depois de tudo pronto, lançavam a curva do forno, somando este tempo à ociosidade da linha.

Quando há algum problema da preparação das insersoras ou alteração de programa, há a necessidade do operador da linha se deslocar até o departamento de Engenharia Industrial e solicitar apoio do técnico de linha. Quando há algum problema relacionado aos componentes, como falta ou componente enviado errado, o operador precisa se deslocar até o almoxarifado para resolvê-lo. Este deslocamento também provoca atrasos na preparação, pois o operador não está na linha de produção preparando-a.

5 DA SITUAÇÃO ATUAL

Após executar o levantamento das atividades, responsáveis e os tempos dedicados a cada uma, o relator elaborou uma lista de ações a serem realizadas, descritas na sequência. Nesta etapa, a segunda e terceira fase do SMED foram utilizadas para a diferenciação das atividades em internas e externas, além da verificação e conversão das internas para externas, como mostra a tabela 2.

Tabela 2 - Processos convertidos de interno para externo

Atividade	Externa	Interna
Retirar kit	x	
Identificar posição	x	
Preparar carrinhos	x	
Alimentar <i>feeders</i>	x	
Ajustar <i>pick up</i>	x	
Bipar componentes	x	
Preparar Printer	x	
Preparar SPI	x	
Preparar <i>Conveyors</i>	x	
Preparar Forno		x
Trocar Carrinhos		x
Preparar Insersoras		x

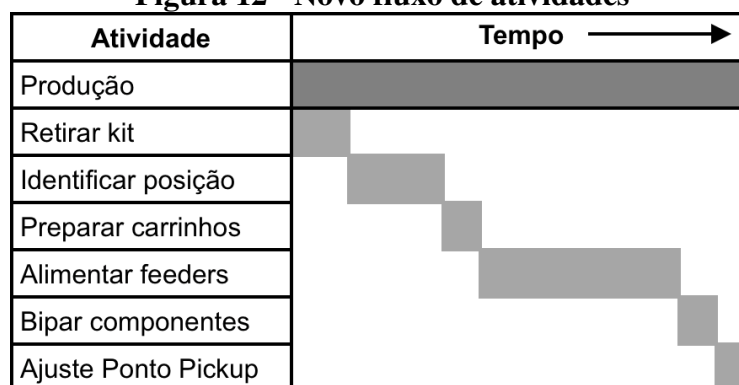
Fonte: Elaborado pelos autores

5.1 DAS AÇÕES DE MELHORIA

5.1.1 NOVO OPERADOR PARA ALIMENTAÇÃO DO SETUP

Primeira ação tomada foi a contratação de um novo colaborador que está responsável pelas atividades pertinentes à retirada dos componentes do almoxarifado, preparação dos carrinhos e *feeders*, separação e identificação da posição dos componentes em cada *feeder* e ajuste do ponto de *pick up*. Este operador de *setup* agora realiza as atividades em paralelo à produção, reduzindo assim a ociosidade da linha. Todas estas atividades eram realizadas anteriormente pelos operadores da linha SMT após o término da produção. A figura abaixo corresponde às atividades que cabem ao operador de *setup*, realizadas enquanto a linha ainda está produzindo.

Figura 12 - Novo fluxo de atividades



Fonte: Elaborado pelos autores

Somente com a alocação de um colaborador dedicado às atividades descritas anteriormente, conseguiu-se esta nova configuração de atividades:

Tabela 3 - Processos convertidos de interno para externo

Atividade	Externa	Interna
Retirar kit	x	
Identificar posição	x	
Preparar carrinhos	x	
Alimentar <i>feeders</i>	x	
Bipar componentes	x	
Preparar Printer	x	
Preparar SPI	x	
Preparar <i>Conveyors</i>	x	
Preparar Forno		x
Trocar Carrinhos		x
Preparar Inersoras		x

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi definida também uma área para este operador de *setup off line*, onde ele mantém os *feeders*, carrinhos e um computador para impressão e consulta dos programas das insersoras. Cada kit pronto fica nesta área aguardando sua utilização pela linha de produção.

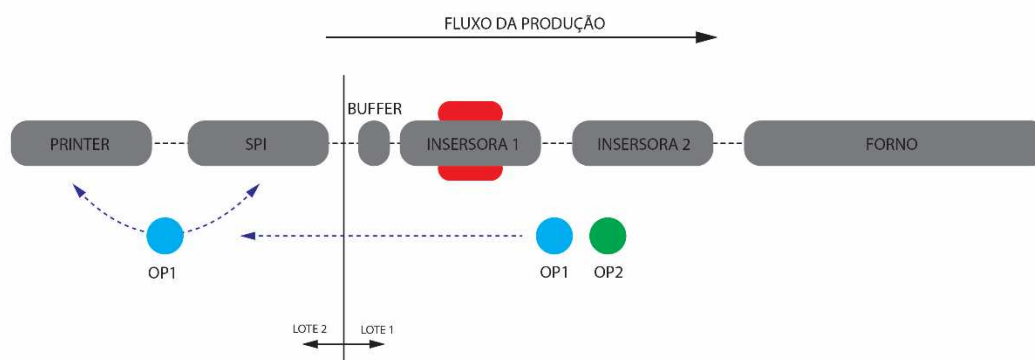
A atividade de ajuste de *pick up* era realizadas nas insersoras, pois os *feeders* precisam de alimentação elétrica para funcionar e os operadores preferiam desta forma. Colocou-se para utilização um *dock* externo, que a empresa já possuía mas estava em desuso. Foi disponibilizado também um computador para este novo colaborador, onde o mesmo também faz a bipagem dos componentes no sistema VALOR, atividade antes realizada com as insersoras paradas nos computadores destas.

5.1.2 DA SEQUÊNCIA DE PREPARAÇÃO DAS MÁQUINAS

A primeira máquina do processo, a Printer, em grande parte dos lotes, possui um tempo de produção consideravelmente inferior ao das insersoras. Utilizando o buffer que fica à montante da primeira insersora, 01 operador da linha SMT prepara o *setup* da Printer para um novo modelo de placa, enquanto as insersoras ainda estão montando a placa anterior. Da mesma forma, o operador prepara a SPI, identificando o novo modelo de placa a ser produzido e lançando o programa pelo software dedicado da máquina.

Outra atividade que este operador faz é o ajuste dos *conveyors* à montante das insersoras, para o novo modelo de placas antes do fim da produção atual.

Figura 13 – Fluxo preparação printer, conveyors e SPI



Fonte: Elaborado pelos autores

5.1.3 TIME DE TROCA DE SETUP

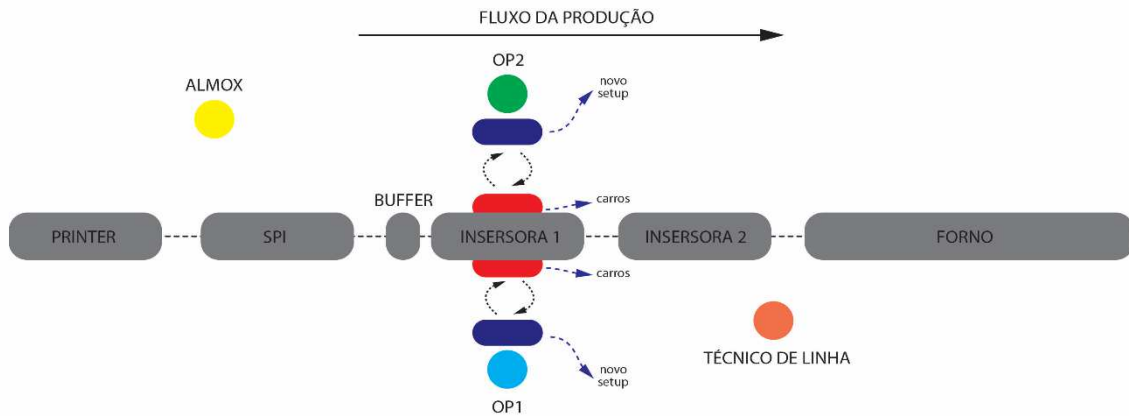
Uma ação importante, copiada das linhas de montagem de placas eletrônicas japonesas (SHINGO, 1985, p. 93), foi a elaboração de um time de troca de *setup*, que envolve a participação do técnico de linha, de um colaborador do almoxarifado, e de outros dois operadores. Hoje o time de troca de *setup* é formado por 05 pessoas.

O técnico de linha fica responsável por resolver todos os problemas que possam ocorrer durante a preparação das insersoras, como componentes invertidos nos rolos, alteração de programação, etc. Além disso, ele faz o lançamento do programa da nova placa assim que finaliza a produção da anterior. Por estar posicionado ao lado das máquinas, o seu tempo de reação aos problemas é muito menor.

Ao colaborador do almoxarifado cabe estar a postos para resolver qualquer problema relacionados aos componentes, como falta dos mesmos ou envio trocado, se descolando ao almoxarifado caso necessário. Por estar junto do processo e com um computador à disposição, o tempo de reação e resolução de possíveis problemas foi reduzido.

Os outros dois operadores são responsáveis por ajudar na preparação das insersoras. Os carrinhos ficam posicionados nas laterais das insersoras, ao modo realizado na troca de pneus dos carros na Fórmula 1, aguardando o momento da troca. Assim que acaba a produção, estes operadores retiram os carrinhos usados e inserem os novos, levando os usados para a área de alimentação *off line*.

Figura 14 – time de troca de setup

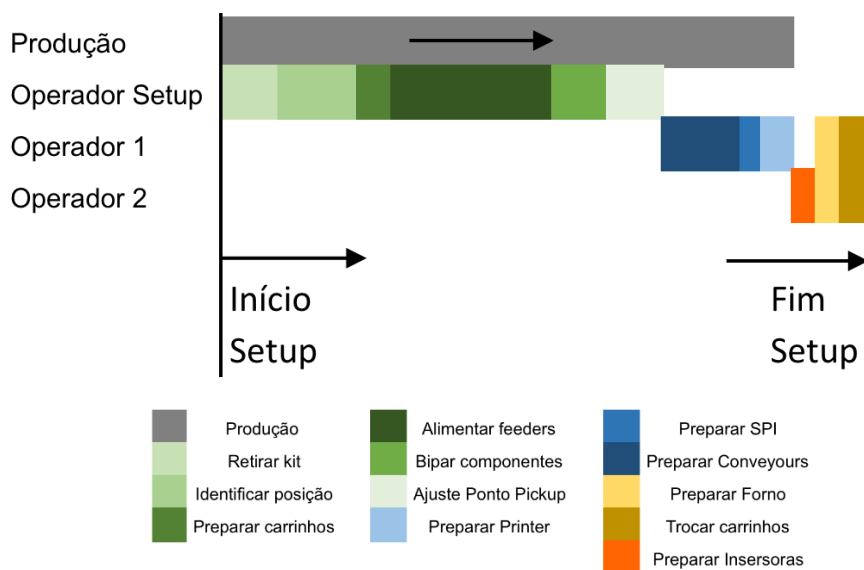


Fonte: Elaborado pelos autores

Os operadores da linha SMD iniciam então o processo de preparação das insersoras, que agora consiste somente em fazer uma verificação automática da posição dos componentes (realizada pela próprias máquina) e iniciar o processo produtivo.

A figura 15 mostra a nova configuração do processo após as alterações, com as atividades sendo realizadas em paralelo à produção e divididas de acordo com os postos. As atividades Preparação do Forno, Troca dos Carrinhos e Preparação das insersoras continuam internas pois dependem do fim da produção para que possam ser realizadas.

Figura 15 - Novo fluxo de atividades do setup



Fonte: Elaborado pelos autores

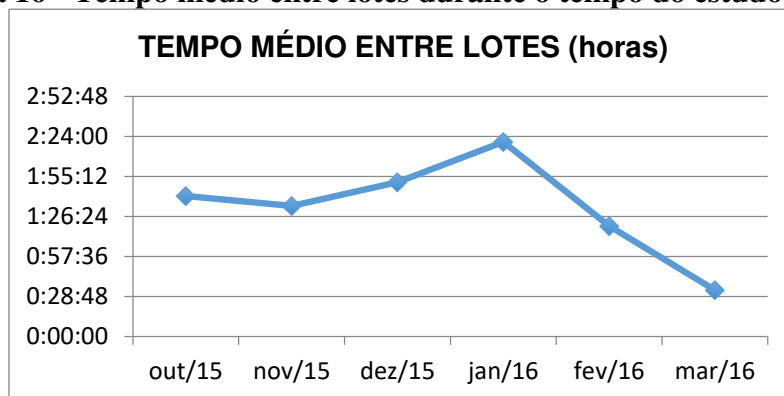
6 CONCLUSÃO

O estudo desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso teve como escopo demonstrar os benefícios da utilização da metodologia SMED, da melhoria contínua e da padronização de processos em um linha de montagem SMT, na montadora de placas Produza S.A., especializada em pequenos lotes. Em um primeiro momento, a revisão bibliográfica foi de suma importância, percorrendo sobre a metodologia SMED e seus benefícios. Outros dois conceitos extremamente importantes para este trabalho foram gerenciamento de processos, a padronização e seus efeitos.

A primeira etapa do SMED permitiu listar e verificar as atividades concernentes ao *setup*. Já a segunda e terceira mostraram como analisar estas atividades e convertê-las de internas para externas. A quarta e última etapa do SMED corresponde à melhoria contínua. Ela diz que as atividades internas remanescentes devem ser racionalizadas ao máximo, para que o objetivo de dígito único do tempo de *setup* seja alcançado. Esta talvez tenha sido a etapa que menos recebeu atenção neste trabalho, mas que é extremamente importante do ponto de vista da produção enxuta.

Por fim, a partir da análise de tempos realizada antes de implantadas as alterações e posterior a estas, demonstrou-se que após a implementação da metodologia SMED, houve uma redução considerável nos tempos entre lotes. Houve uma redução de ~68% no tempo médio entre lotes no mês de implantação completa das melhorias.

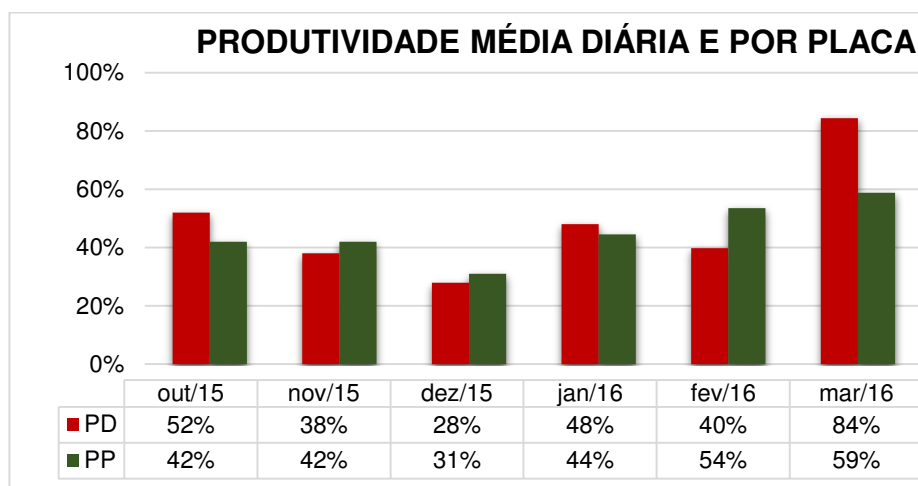
Figura 16 - Tempo médio entre lotes durante o tempo do estudo



Fonte: Elaborado pelos autores

Com este aumento do tempo disponível, a produtividade diária, que é a parcela de tempo real utilizada pela linha SMT durante 01 dia útil, teve um acréscimo de 102% no mês de março de 2016, conforme a figura 17.

Figura 17 - Média da produtividade diária e por placa



Fonte: Elaborado pelos autores

Acredita-se que o objetivo deste trabalho tenha sido alcançado, tenho em vista que o processo foi padronizado, as melhorias implantadas e o objetivo principal, a redução do tempo, foi atingido. Todavia, há ainda a necessidade de se investigar mais a fundo as atividades que ocorrem após o fim do fluxo de processos descrito neste trabalho, a fim de que problemas sejam identificados e resolvidos.

Para tal, sugere-se uma pesquisa focada nestes tempos e suas causas, e através de um gráfico de Pareto, identificar as mais relevantes e ataca-las para que suas ocorrências diminuam ou cessem. Além disso, conforme mostra a figura 20, é possível verificar que não há uma relação de proporcionalidade entre o aumento da disponibilidade diária (em vermelho) e a produtividade por placa (em verde). Isso se deve também ao *mix* de produtos fabricados, pois cada placa tem um custo diferente, bem como terceirização total é muito mais rentável à empresa que terceirização parcial.

REFERÊNCIAS

BENTZEN, Brian. **SMD placement**. Disponível em <www.smtinfocus.com/processguide_placement.html>. Acesso em 10 de março de 2016.

BROCHOSKI, Paulo Cesar; **Sistema para programação da produção com capacidade finita em máquinas SMT**. Dissertação (Mestrado em Informática) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 1999.

DEMING, W. Edwards. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

ELBEST. **Tecnologia de montagem de componentes em superfície**. Disponível em <<http://www.elbest.eng.br/SMD/smd.htm>>. Acesso em 22 de março de 2016.

GASPAR, Jane et al. **Gerenciamento de processos – Metodologia base para melhoria contínua**. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T4109.PDF>, acessado em 09 de junho de 2016,

GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. 3ª Reimpressão. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.

GODINHO FILHO, Moacir. **Manufatura Enxuta: Uma Revisão que Classifica e Analisa os Trabalho Apontando Perspectivas de Pesquisas Futuras. *Gestão & Produção***, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 1-19, jan-abr, 2004.

MCINTOSH, Richard. **An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance.** *International Journal of Operations & Production Management*, 1996. Disponível em <www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/01443579610125552>. Acesso em 17 de março de 2016.

MCINTOSH, Richard, et al. **Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's SMED Methodology**, 2007. Disponível em <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=17>>. Acesso em 03 de abril de 2016.

MONDEM, Yasuhiro. **O sistema Toyota de produção.** São Paulo: IMAM, 1983.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e prática.** 2. Ed. – 7. Reimpr. – São Paulo: Atlas, 2009.

PRODUZA. **Certificação** em <<http://produza.ind.br/home/diferenciais/certificacao/>>. Acesso em 10 de abril de 2016.

PRODUZA. **História.** Disponível em <<http://produza.ind.br/home/sobre/historia/>>. Acesso em 10 de abril de 2016.

PRODUZA. **Montagem de Placas Eletrônicas.** Disponível em <<http://produza.ind.br/home/competencias/montagem-de-placas-eletronicas/>>. Acesso em 10 de abril de 2016.

PRODUZA. **Parceiros.** Disponível em <<http://produza.ind.br/home/sobre/parceiros/>>. Acesso em 10 de abril de 2016.

PRODUZA. **Terceirização total ou parcial: Qual escolher?** Disponível em <<http://pages.rdstation.com.br/ebookterceirizacaototalouparcial>>. Acesso em 10 de abril de 2016.

PYZDEK, T.; KELLER, P. A. **Quality Engineering Handbook**, 2nd edition, CRC Press, 2003.

VERGARA Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** São Paulo: Atlas, 2000.

SADIQ, Malik; LANDERS, Thomas; **Decision Support System for Intelligent Parts/Slot Assignment on a SMT Placement Machine.** Disponível em <<http://www.coe.ou.edu/en/docs/1.14.08%20Landers%20Thomas%20CV.pdf>> . Acesso em 25 de maio de 2016.

SLACK, Nigel. **Vantagem Competitiva em Manufatura.** São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stewart; JONHNSTON, Robert. **Administração da Produção: Segunda Edição**. São Paulo: Atlas, 2002

SATOLO, Eduardo Guilherme; CALARGE, Felipe Araújo. **Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais**, 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81011748011>>. Acesso em 20 de março de 2016.

SAKAMOTO, S. **Process Design Concept: a new approach to IE**. Industrial Engineering, 1989.

SILVA, Katiana; DE SAMPAIO, Raimundo J. B.. **Uma abordagem híbrida para formação de grupos e balanceamento de linhas de montagem SMT**. Dissertação (Mestrado em Informática) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2002.
SHINGO, Shigeo. **A revolution in Manufacturing: The SMED system**. Cambridge: Productivity, 1985.

SURFACE MOUNT TECHNOLOGY ASSOCIATION. **A historical perspective**, 2004. Disponível em < www.smta.org/files/history_of_smt.pdf >. Acessado em 16 de maio de 2016.