

N. CLASS. M 620.1
CUTTER V 697 m
ANO/EDIÇÃO 2014

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
PEDRO AUGUSTO DO AMARAL VILAR

**MANUFATURA ENXUTA: a utilização de princípios e ferramentas do Lean para a
eliminação de desperdícios em um processo de inserção de componentes eletrônicos**

Varginha
2014

PEDRO AUGUSTO DO AMARAL VILAR

**MANUFATURA ENXUTA: a utilização de princípios e ferramentas do Lean para a
eliminação de desperdícios em um processo de inserção de componentes eletrônicos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Ms. Alexandre Lopes de Oliveira.

**Varginha
2014**

PEDRO AUGUSTO DO AMARAL VILAR

MANUFATURA ENXUTA: a utilização de princípios e ferramentas do Lean para a eliminação de desperdícios em um processo de inserção de componentes eletrônicos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Ms. Alexandre Lopes de Oliveira.

Aprovado em / /

Prof. Ms. João Mário Mendes de Freitas

Prof. Amadeus Costa Filho

Prof. Mario Ribeiro Duarte

Convidado

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus familiares, amigos e a minha namorada, por sempre me apoiarem, me ensinarem e torcerem por mim para que fosse possível a realização desta conquista, a Graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, aos meus familiares, amigos, a minha namorada, e a todas as pessoas que sempre me ajudaram a enxergar qual o caminho correto a se seguir.

"Costs do not exist to be calculated. Costs exists to be reduced."

Taiichi Ohno

RESUMO

No trabalho seguinte, o *Lean Manufacturing*, ou manufatura enxuta, será o ponto principal de análise. Criado oficialmente no início dos anos 80, o Lean tem sua base no Sistema Toyota de Produção (TPS), que foi cunhado ao longo das décadas de 1950 e 1960, por Taiichi Ohno. O TPS prega a redução dos desperdícios e perdas, com o intuito de se chegar ao estado ideal, onde não há perdas em um processo. Neste estado ideal, existiriam apenas etapas que agregariam valor a um produto do ponto de vista do cliente. Esta eliminação é conseguida a partir da aplicação de práticas e ferramentas ao longo do processo e mais importante do que isso, o Lean busca uma mudança na mentalidade de cada participante do processo de produção. A passagem da mentalidade tradicional para a mentalidade enxuta é de extrema importância para o sucesso do programa. É válido lembrar que tal ganho no processo não ocorre imediatamente, visto que a manufatura enxuta trabalha muito com a observação e o planejamento das atividades. Sendo assim, é comum dizer que os praticantes do Lean devem ter uma mudança de cultura, para que a sua cultura seja de mudança. Tomando como exemplo de aplicação um processo de fabricação de reatores, no qual há a inserção de componentes eletrônicos, esta monografia relatará como princípios, conceitos, práticas e ferramentas podem ajudar a reduzir os chamados sete desperdícios da metodologia *Lean* (super processamento, super produção, estoque, transporte, espera, movimentação e defeito) e a partir desta redução, melhorar a produtividade do setor de inserção automática.

Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção. *Lean Manufacturing*. Inserção de componentes eletrônicos.

ABSTRACT

At this work, the Lean Manufacturing will be the principal point of analysis. Officially established in early 80s, Lean has its base in Toyota Production System (TPS), which was coined during the 1950s and 1960s by Taiichi Ohno. The TPS preaches reducing waste and losses, in order to reach the ideal state where there are no losses in the process. In this ideal state, exists only steps that add value to a product from the point of view of the customer. This elimination is achieved from the application of practices and tools throughout the process and more importantly, Lean seeks a mindset changing in each participant of the production process. An exchange from a traditional mindset to lean thinking is very important to the success of the program. Remember that the gain in the process does not occur immediately, because the lean manufacturing works a lot with the observation and planning activities. Therefore, it is common to say that Lean practitioners should have a change of culture for a culture of change. Taking as an example the application of a manufacturing process reactors, which has the insertion of electronic components, this monograph will report as principles, concepts, practices and tools can help reduce the so-called seven wastes of Lean (super processing, overproduction, inventory, transportation, waiting, moving and defective) and from this reduction, improve productivity of automatic insertion sector.

Keywords: *Toyota Production System. Lean Manufacturing. Eletronic componentes insertion.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Reator eletromagnético	15
Figura 02: Reator eletrônico	15
Figura 03: Diversidade de componentes PTH.....	17
Figura 04: Exemplo de resistores	18
Figura 05: Exemplo de capacitor eletrolítico	19
Figura 06: Exemplo de insersora <i>Pick & Place</i>	19
Figura 07: Exemplo de componente SMD	20
Figura 08: “Casa” do Sistema Toyota de Produção	23
Figura 09: Os três M’s.....	26
Figura 10: Exemplo de Diagrama de Ishikawa	34
Figura 11: Mapa do fluxo de valor do estado atual	45
Figura 12: Mapa do fluxo de valor do estado futuro	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- 5 S - *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*
- 5W2H - *What, Why, Where, When, Who, How e How Much*
- 6 S - *Segurança, Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*
- CAMADI- *Capturar, Maturar e Disponibilizar*
- CPEI - *Centro de Pesquisa em Energia Inteligente*
- GM - *General Motors*
- JIT - *Just-In-Time*
- MIT - *Massachussetts Institute of Technology*
- MITI - *Ministério do Comércio Exterior e Indústria do Japão*
- NUMMI - *New United Motor Manufacturing*
- OEE - *Overall Equipment Effectiveness*
- PCB - *Printed circuit boards*
- PCI - *Placas de circuito impresso*
- PDCA - *Plan, Do, Check & Act*
- PTH - *Pin Through Hole*
- SMD - *Surface Mount Device*
- SMT - *Surface mount technology*
- TPM - *Total Productive Maintenance*
- TPS - *Toyota Production System*
- Três M's - *Muda, Mura e Muri*
- VSM - *Value Stream Mapping*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REATORES	14
2.1 Reatores eletromagnéticos	14
2.2 Reatores eletrônicos.....	15
3 PROCESSO DE INSERÇÃO DE COMPONENTES	16
3.1 Componentes PTH (<i>pin through hole</i>)	17
3.1.1 O que é um componente axial	17
3.1.2 O que é um componente radial	18
3.2 Componentes SMD (<i>surface mount device</i>)	19
4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E A MENTALIDADE ENXUTA	21
4.1 A “casa” do TPS	21
4.2 Cinco Princípios.....	24
4.2.1 Valor	24
4.2.2 Fluxo de valor.....	24
4.2.3 Fluxo contínuo.....	25
4.2.4 Produção puxada	25
4.2.5 Perfeição	25
4.3 Os três M’s	25
4.3.1 Muda	26
4.3.2 Mura	27
4.3.3 Muri	27
5 PRATICANDO A MENTALIDADE ENXUTA.....	28
5.1 Enxergando os problemas.....	28
5.1.1 5 S (<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke</i>)	29
5.1.2 <i>Value Stream Mapping</i>	30
5.1.3 OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)	30
5.2 Identificando a causa real dos problemas	32
5.2.1 <i>Genchi Genbutsu</i> – Vá ao Gemba!!.....	32
5.2.2 Cinco Por Quê’s	32
5.2.3 Diagrama de causa e efeito (<i>Ishikawa</i>).....	33
5.3 Traçando um plano de ação.....	34
5.3.1 Ciclo de Deming (PDCA).....	35
5.3.2 5 ‘W’ e 2 ‘H’	36
5.4 Melhoria contínua: do sacrifício da disciplina ao hábito.....	37
6 RESULTADOS PRÉVIOS DE UMA IMPLEMENTAÇÃO	38
7 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS	42
ANEXOS	45

1 INTRODUÇÃO

Quarta-feira, 15 de agosto de 1945. Até então o que era conhecido como Império Japonês se rende ao fim da segunda Guerra Mundial. Mas de acordo com Olivier Tossier (2013), somente cerca de quinze dias depois, no dia 2 de setembro de 1945, o Japão assina a capitulação que encerra definitivamente a guerra.

O cenário é de extrema destruição. Estima-se que mais de 2 milhões de japoneses tenham morrido durante a segunda guerra e não se conhece números para as vítimas posteriores aos ataques nucleares. O Japão vivia uma situação delicada: de um lado contava com muitas restrições como a falta de dinheiro, a falta de mão-de-obra, a falta de espaço físico, a falta de infraestrutura e consideravelmente, até a falta de consumidores. De outro lado, havia uma força de âmbito internacional forçando uma ajuda ao país, para que este se reconstruísse através do Plano Marshall. De acordo com Womack (2004, p.39), “a economia do país, devastada pela guerra, estava ávida por capitais e trocas comerciais, sendo quase impossível compras maciças das tecnologias de produção ocidentais mais recentes”. E continua, “o mundo exterior estava repleto de imensos produtores de veículos motorizados, ansiosos por operarem no Japão, e dispostos a defenderem seus mercados consagrados contra as exportações japonesas”.

Diante da situação, o governo japonês prefere arriscar e apostar na indústria automobilística como o carro chefe da economia. Proíbe investimentos externos diretamente na indústria automobilística e impõe elevadas taxas alfandegárias aos veículos importados. Prova deste protecionismo é a tentativa do MITI (Ministério do Comércio Exterior e Indústria do Japão) para realizar uma fusão das empresas automobilísticas existentes no país, para se aproximar das chamadas *Big Three (General Motors, Ford e Chrysler)* de Detroit (EUA). Além disto, o Plano Marshall possibilitou ao governo japonês conseguir financiamentos a juros atraentes para a recuperação de suas fábricas, sem o aumento de tributos da população (ARAÚJO, 2004).

Mediante a estes acontecimentos e com a citação de Toyoda Kiichiro, até então presidente da Toyota, que dizia “alcancemos os Estados Unidos em três anos. Caso contrário, a indústria do Japão não sobreviverá” (OHNO, 1997, p.25), a Toyota teve seu caminho de ascensão traçado.

Segundo Araujo (2004, p.75), “[...]o modelo Industrial Enxuto da Toyota foi desenvolvido em, aproximadamente, 20 anos, perseguindo o seguinte desafio: ‘Garantir’ qualidade 100% em todas as etapas produtivas[...]”. Para isto, foi observado que os principais

causadores de defeitos eram as falhas humanas e os processos industriais. Durante anos, o criador deste sistema, Taiichi Ohno, observou os trabalhadores e provocou mudanças radicais em toda a cadeia de produção.

Somente no fim da década de 80, mediante um projeto de pesquisa do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) sobre a indústria automobilística mundial, que a eficácia do modelo produtivo da Toyota foi comprovada por ter “[...] desenvolvido um novo e superior paradigma de gestão nas principais dimensões dos negócios (manufatura, desenvolvimento de produtos e relacionamento com os clientes e fornecedores)” (O QUE É..., [20-], p.1).

Assim nasceu o termo e o modo de pensar “Lean”, ou o chamado *Lean Thinking*, que segundo o Lean Institute:

Lean Thinking (ou Mentalidade Enxuta) é uma filosofia e estratégia de negócios para aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização dos recursos. A gestão lean procura fornecer, de forma consistente, valor aos clientes com os custos mais baixos (PROPÓSITO), identificando e sustentando melhorias nos fluxos de valor primários e secundários (PROCESSOS), por meio do envolvimento das pessoas qualificadas, motivadas e com iniciativa (PESSOAS). O foco da implementação deve estar nas reais necessidades dos negócios e não na simples aplicação das ferramentas Lean. (O QUE É..., [20-], p.1).

Contudo, no atual cenário mundial, o capitalismo se tornou algo corriqueiro em muitos seres humanos. A vontade de adquirir produtos sempre com uma melhor qualidade faz dos consumidores os “donos da verdade”. Para estruturar esta vontade, os consumidores têm acesso fácil a todo e qualquer tipo de informação sobre um produto via internet e este excesso de informações permite que os consumidores saibam exatamente o que querem comprar. Com todas estas informações, um produto dificilmente se vende sozinho como acontecia por exemplo, antes da crise do petróleo no mercado norte-americano.

Como consequência deste excesso de informações, a concorrência entre os fabricantes se torna mais acirrada e só se tem ciência de uma solução para que estas fábricas continuem um próspero caminho: a eliminação de desperdícios juntamente com a redução de custos.

Assim, como objetivo desta monografia pode-se apresentar a elucidação de práticas e ferramentas que a metodologia Lean propõe para a redução de desperdícios em um processo produtivo. Ainda, serão apresentados alguns dos resultados já conquistados pela implementação de tais conceitos em um processo automático de inserção componentes eletrônicos, melhorando não só a produtividade, mas também o ambiente de trabalho daquelas pessoas que passam a maior parte do seu dia em um determinado posto na fabricação de reatores, pois para obter-se sucesso na implementação da manufatura enxuta, a mudança de

cultura das pessoas envolvidas é fator crucial e isso só é possível mediante a motivação de todos os envolvidos.

Portanto, este trabalho apresentará primeiramente quais os tipos de reatores existentes no mercado e algumas considerações sobre os mesmos. Depois, será apresentado o processo de fabricação de reatores eletrônicos, que é feito com a inserção de componentes em uma placa de circuito impresso e também serão exemplificados quais os tipos de componentes existentes neste processo. Após, será feita uma apresentação do Sistema Toyota de Produção, com a elucidação de algumas práticas e ferramentas simples que este tipo de manufatura dispõe para conseguir-se a redução de desperdícios e por fim, o trabalho relatará as melhorias encontradas no processo com a redução de desperdícios.

2 REATORES

Os reatores para iluminação (eletromagnéticos ou eletrônicos) são equipamentos necessários para realizar o *start* e permitir o funcionamento das lâmpadas de descarga. Estes têm como função limitar a corrente disponibilizada pela rede elétrica e ainda, adequar as tensões ao funcionamento da lâmpada (ALMEIDA, 2010).

De acordo com o manual para especificação técnica de lâmpadas e reatores, do Centro de Pesquisa em Energia Inteligente (CPEI), um bom reator permite que o sistema de iluminação tenha o desempenho melhorado, fazendo com que a durabilidade da lâmpada seja maior e ainda, com um nível de iluminação mais constante. Porém, caso um reator não seja de boa qualidade, o mesmo permitirá que a corrente seja estabilizada acima ou abaixo da corrente ideal, e isso fará com que haja um maior consumo de energia elétrica, pode haver uma baixa emissão de luz ou ainda, possibilitará a queima prematura da lâmpada (MINAS GERAIS, [201-]).

2.1 Reatores eletromagnéticos

Segundo Almeida (2010), os reatores eletromagnéticos têm como característica principal o fato destes equipamentos operarem na frequência da rede elétrica, que varia entre 50 e 60 Hz. Esta faixa de operação se deve ao fato de sua construção ser simples (mas ainda assim muito robusta). Estes reatores contam apenas com um enrolamento de fio de cobre esmaltado em torno de um núcleo de ferro silício laminado, que somado a um armazenador de energia (capacitor), permite a partida de lâmpadas e estabiliza corrente durante o seu funcionamento.

Estes reatores têm um peso elevado pois muitos modelos contam com areia e uma resina específica para a dissipação de calor, e devido a isto, estão entrando cada vez mais em desuso (dependendo da potência necessária para o acionamento da lâmpada, o peso de um reator deste pode chegar a 40 quilogramas).

A figura abaixo mostra um exemplo de um reator eletromagnético:

Figura 01: Reator eletromagnético



Fonte: (PHILIPS, 2013, p.1)

2.2 Reatores eletrônicos

Já os reatores eletrônicos, além de mais modernos (consequentemente mais eficientes), são mais leves e mais silenciosos. Segundo Seidel, os reatores eletrônicos “[...] são conversores eletrônicos de potência usados para a ignição e estabilização da corrente nas lâmpadas de descarga, em detrimento dos reatores eletromagnéticos” (2004 apud ALMEIDA, 2010, p.9). Estes operam com altas frequências, na casa dos 20 kHz, sendo que as lâmpadas fluorescentes podem apresentar eficiências de conversão luminosa até 12% acima da em operação sob frequência industrial (60 Hz) (ALMEIDA, 2010).

Ainda, de acordo com o apresentado pelo manual do CPEI, estes reatores podem operar na faixa de até 50 kHz, sendo constituídos principalmente de componentes axiais ou radiais, tais como capacitores, indutores e resistores, que são chamados de componentes PTH, devido ao nome em inglês, *pin through hole*, ou “pino através do furo” (MINAS GERAIS, [201-]).

Figura 02: Reator eletrônico



Fonte: (PHILIPS, 2014, p.1)

3 PROCESSO DE INSERÇÃO DE COMPONENTES

O processo de fabricação de reatores eletrônicos é um processo conceitualmente simples e exatamente igual a qualquer processo de fabricação de um equipamento eletroeletrônico. O mesmo conta com a inserção de componentes eletrônicos em uma PCI, as chamadas placas de circuito impressos (em inglês, *printed circuit boards ou PCB's*), na qual será soldada. Este capítulo da monografia tratará de elucidar quais são os tipos de componentes eletrônicos mais utilizados quando se tem a inserção destes nas PCI's.

Segundo Rabak (1999), as placas de circuito impresso são placas de suporte, com espessura variante entre 1,5 a 2,0 mm, feitas com um material não condutor sendo este normalmente a resina fenólica ou fenolite.

Na verdade o nome fenolite era originalmente a marca comercial de um fabricante de chapas isolantes, muito usada pelos fabricantes de máquinas elétricas e transformadores. As chapas de fenolite são feitas com a mistura de uma resina fenólica com certa quantidade de papel picado ou serragem de madeira (carga), apresentando cor marrom claro ou escura, dependendo do tipo de carga utilizada. A mistura é moldada e prensada a quente na forma de chapas, com diferentes espessuras. O principal problema das chapas de fenolite para circuitos impressos decorre justamente do uso da carga à base de celulose, que a torna higroscópica. (MEHL, 2011, p. 1).

Ainda de acordo com Mehl, existem também placas de fibra de vidro com resina epóxi, de politetrafluoroetileno - PTFE, o chamando Teflon (®Du Pont), de poliéster e até de alumínio, e estas placas contém trilhas impressas de um material condutor de energia elétrica, como o cobre por exemplo (Id., 2011).

O processo de inserção de componentes é, teoricamente, bastante simples e de acordo com Rabak (1999) o mesmo conta com 5 etapas:

- a) Correto posicionamento do componente no alimentador da máquina (em inseroras de componentes axiais e radiais, normalmente o alimentador é uma corrente com *carrier's*)
- b) Retirada do componente do alimentador
- c) Transporte do componente entre o alimentador e a PCI (nesta etapa pode acontecer algum processo suplementar, como a rotação do componente)
- d) Posicionamento do componente para colocação na PCI
- e) Inserção do componente na PCI (em inseroras de componentes axiais e radiais, há o corte do *lead* após a inserção)

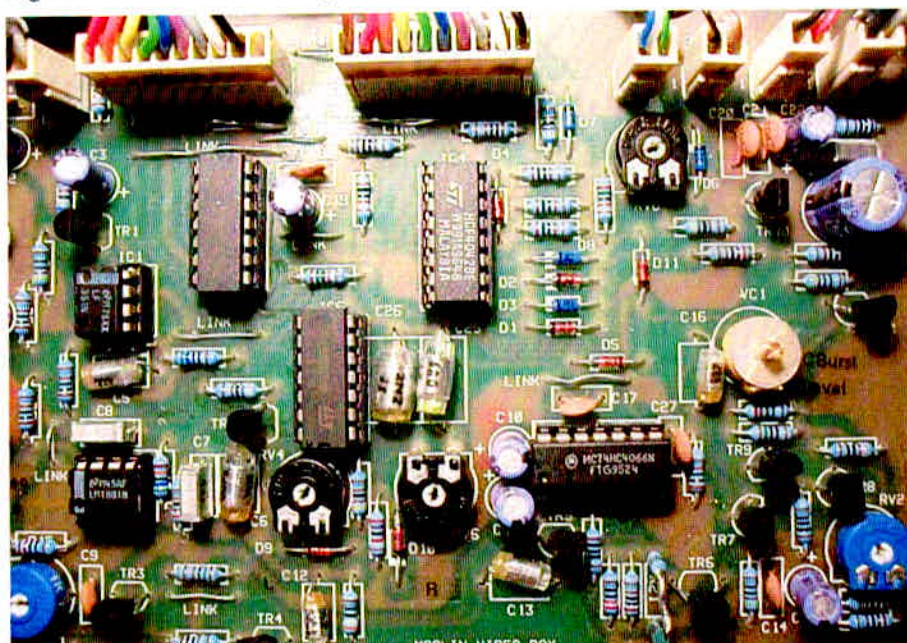
3.1 Componentes PTH (*Pin Through Hole*)

Os componentes PTH, em inglês *pin trough hole* levam esta nomenclatura devido à forma com que são acondicionados em uma placa. Estes componentes possuem longos terminais feitos de cobre estanhado ou de aço, que atravessam o furo de uma placa, têm o excesso da haste cortada, para só então serem soldados (RABAK, 1999).

Contudo, tais componentes não são os mais indicados para PCI's, pois demandam um tempo maior na inserção (há a necessidade do corte da haste e do furo na placa) e com isso geram um desperdício de tempo e material (MEHL, 2011).

Os componentes PTH mais comuns são os capacitores e os resistores, mas há uma grande aplicação de circuitos integrados na forma de PTH, como mostra a foto abaixo.

Figura 03: Diversidade de componentes PTH



Fonte: (MEHL, 2011, p. 5)

3.1.1 O que é um componente axial

Os componentes axiais têm este nome devido a maneira como são inseridos e posteriormente soldados, em relação à PCI. Segundo Mehl (2011), estes componentes são montados “deitados” em uma placa. Em outras palavras, estes componentes ficam no sentido axial à placa.

O componente mais comum neste tipo de encapsulamento é o resistor de uso geral, que segundo Dias (2010), são resistores de potência de película de carbono, para valores entre 1/8 a 2,5 Watts de potência. Para estes resistores, o valor de resistência de cada um deles pode

ser determinado pelas cores que a cápsula apresenta. Ainda de acordo com Dias (2010), a primeira e a segunda faixa formam o valor ôhmico do resistor. Já a terceira, serve como um multiplicador do valor ôhmico, de acordo com a cor da faixa. Caso exista uma quarta faixa, Dias explica que esta faixa é a faixa de tolerância do resistor, informando a precisão do valor real em relação ao valor lido pelas cores (DIAS, 2010). Ainda podem ser encontrados como componentes axiais *jumpers*, diodos e capacitores.

Figura 04: Exemplo de resistores

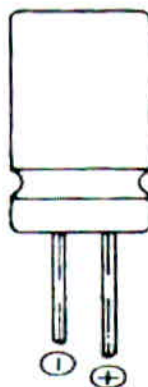


Fonte: (YAGEO, 2013, p. 1)

3.1.2 O que é um componente radial

Um outro tipo de encapsulamento é o radial. Neste o componente fica “em pé” na placa, radialmente a mesma (MEHL, 2011). Porém, diferentemente dos axiais, aqui encontra-se uma maior variedade de componentes, como resistores, capacitores, indutores, díodos e muitos outros. Normalmente, estes componentes são maiores que os componentes axiais e mais fáceis de serem inseridos. A foto abaixo mostra um destes componentes.

Figura 05: Exemplo de capacitor eletrolítico



Fonte: (MEHL, 2011, p. 8)

3.2 Componentes SMD (*Surface Mount Device*)

Os componentes SMD (*surface mount device*) ou SMT (*surface mount technology*) são componentes que foram criados a partir de 1975, que têm a mesma função de componentes axiais e radiais, porém ocupam um espaço bem menor, e não necessita que a PCI seja furada (MEHL, 2011). Segundo descrito por Rabak (1999), os componentes SMT's têm terminais de contato que são chamados de "pads", nos quais serão soldados à ilha existente na PCI. Para este processo, Mehl (2011) explica que geralmente são utilizadas insersoras automatizadas, com um sistema denominado de *Pick & Place* (ilustrado na figura abaixo), que captura o componente de um rolo e o coloca com uma alta precisão na ilha.

Figura 06: Exemplo de insersora *Pick & Place*

Fonte: (ASSEMBLEON, [201-])

Para que o componente fique afixado no local correto até que a PCI passe pelo processo de soldagem, utiliza-se uma pequena gota de cola que é aplicada na placa, antes da inserção do componente. Assim, após a aplicação da cola e a inserção do componente, a PCI passa por um forno de esteira que “cura” a cola e com isso o componente não se desloca. Posteriormente a todo este processo, a placa é direcionada ao processo de soldagem, que fixa o componente no local, fornecendo contato entre o *pad* do componente e a ilha da PCI (MEHL, 2011).

Há também um processo no qual não se utiliza a cola para fixar os componentes SMD, mas sim uma pasta de solda que é aplicada diretamente na ilha do componente na PCI, e após o componente ser posicionado, a PCI passa pelo forno e a pasta de solda funde, soldando o mesmo na posição.

A foto abaixo demonstra um componente SMD.

Figura 07: Exemplo de componente SMD



Fonte: (MEHL, 2011, p. 5)

4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E A MENTALIDADE ENXUTA

“[...] É um sistema que visa a eliminação total das perdas”. Por esta definição, Shingo Shingo (1996, p.101) deixa claro qual o objetivo do Sistema Toyota de Produção e qual a tolerância que se deve ter quanto aos desperdícios. Ele ainda classifica o sistema como sendo 80% de eliminação de perdas, 15 % sendo um sistema de produção e 5 % sendo o *kanban* (este apenas viabilizará a eliminação das perdas) (Id., 1996, p. 101).

Já para o seu criador, “a base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício” (OHNO, 1997, p. 25). E este é o tipo de mentalidade que se deve ter para que a implementação deste sistema seja próspera, uma mentalidade enxuta!

Para Womack (apud ARAUJO, 2004, p.77), “[...] a produção enxuta é uma maneira superior do ser humano produzir bens. Ela propicia melhores produtos, numa maior variedade, e a um custo inferior”. E ainda, segundo ele, todas as empresas deveriam adotar a produção enxuta o mais rápido possível (WOMACK apud ARAUJO, 2004, p.78).

O TPS, em inglês *Toyota Production System*, foi desenvolvido ao longo das décadas de 1950 e 1960 por Taiichi Ohno, com o intuito de fornecer a melhor qualidade, o menor custo e um *lead time* mais curto, através da eliminação dos desperdícios (SHINGO, 1996). Importante frisar que Taiichi Ohno deu continuidade (mas ainda assim é o grande detentor dos méritos do TPS) no trabalho que fora iniciado por Sakichi Toyoda e seu filho, Kiichiro Toyoda, quanto estes criaram o *jidoka* (para as máquinas de tear no início do século XX) e o *Just In Time* em meados da década de 30, respectivamente.

A disseminação destes conceitos para o mundo, só foi ocorrer no início da década de 1980, quando a Toyota e a General Motors, criaram a *joint venture* chamada de NUMMI (*New United Motor Manufacturing*), em Fremont, ao oeste do estado da Califórnia (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007). A idéia era utilizar dos conceitos da Toyota, para tornar produtiva uma fábrica da GM, considerada como “a pior fábrica do mundo”. A idéia deu certo até 2010, quando a crise mundial fez com que a General Motors encerrasse as atividades da fábrica, e para a Toyota, a carga de impostos americanos tornava inviável a continuação da fábrica (AUSTENFELD, 2006, tradução nossa).

4.1 A “casa” do TPS

Conforme dito anteriormente, o Sistema Toyota de Produção teve seu início cravado com Sakichi Toyoda, o fundador do grupo Toyota, no início do século XX, através da criação

do *Jidoka*. *Jidoka* é um termo japonês que significa “[...] automação, ou automação com toque humano, ao invés de simples automação. Automação significa a transferência de inteligência humana para uma máquina” (OHNO, 1997, p.129). Este conceito “chama a atenção para as causas dos problemas, pois o trabalho é interrompido imediatamente quando um problema ocorre. Isso leva a melhorias no processo de garantia da qualidade, eliminando as causas-raiz dos defeitos” (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007, p.39). É importante também para o *jidoka*, parar e notificar as anormalidades e principalmente separar o trabalho humano do trabalho das máquinas. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007).

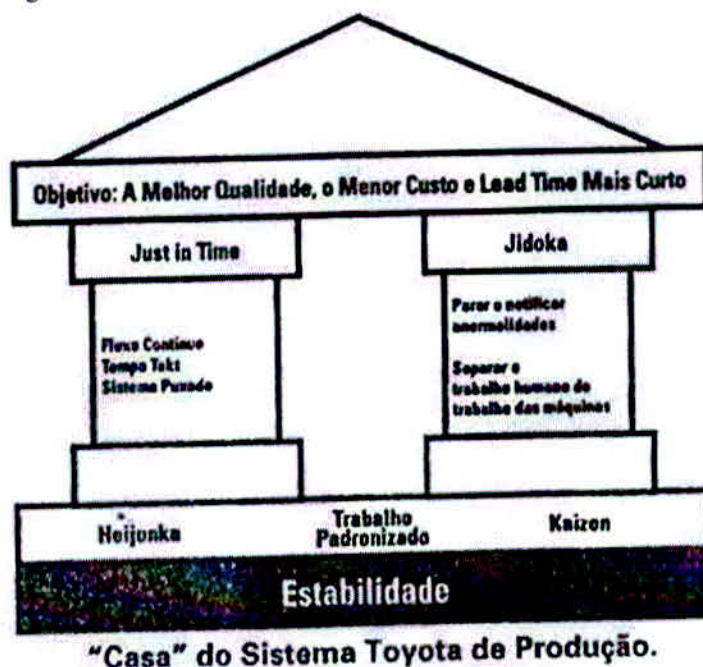
Posteriormente, Kiichiro Toyoda (filho de Sakichi e fundador do negócio automobilístico da Toyota) desenvolveu o conceito de *Just-in-Time*, já na década de 1930. Este conceito prevê um estado ideal, pois “[...] em um processo de fluxo, as partes necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero” (OHNO, 1997, p.26). Mas para haver um completo entendimento do que é o JIT, é preciso aprender os conceitos de fluxo contínuo, tempo *takt*, e de sistema puxado.

O fluxo contínuo, ou o *one-piece flow*, diz que é preciso produzir e movimentar um item por vez (ou um lote pequeno), ao longo da produção, realizando somente o que a etapa subsequente necessita. Já o tempo *takt*, é a razão entre o tempo de produção disponível por um dia, dividido pela demanda do cliente por um dia. E a partir destes dois, é possível criar um sistema puxado de produção, no qual as peças saem da produção conforme a solicitação do cliente (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007).

Com isso, o JIT tem um objetivo muito claro, que é eliminar os desperdícios para atingir a melhor qualidade possível, com o custo mais baixo, no menor tempo de produção e no menor *lead time* de entrega (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007). Importante salientar que o JIT “não se trata de somente a tempo mas sim de ‘apenas-a-tempo’”. (OHNO, 1997, p. 131).

São estes dois conceitos os pilares da “casa” do Sistema Toyota de Produção. É a partir destas duas idéias que o sistema ganhou forma e ao englobar outros conceitos, completou a chamada “casa” do TPS, conforme a figura abaixo.

Figura 08: “Casa do Sistema Toyota de Produção



Fonte: (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007, p. 83)

De acordo com a figura, a “casa” do TPS têm os dois pilares (*Just In Time* e *Jidoka*), mas conta com uma base muito sólida também, que são os conceitos de *Heijunka*, trabalho padronizado e *Kaizen*.

O conceito de *Heijunka* pretende nivelar o tipo e a quantidade de produção de um produto durante um período fixo de tempo. Isso faz com que a produção atenda de maneira eficiente às exigências do cliente, e ao mesmo tempo, consegue evitar um excesso de estoque, reduzindo custos, mão de obra e o *lead time* de produção. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007). Ou seja, o *heijunka* prevê um “mix” na produção, pois assim consegue evitar que uma baixa na procura de um produto seja sofrida inteiramente pela linha de produção.

Já o trabalho padronizado, Ohno (1997) diz que ela combina de maneira eficaz os materiais, os operadores e as máquinas para produzir com eficiência, pois para ele um trabalho padronizado deve ter o tempo do ciclo (de acordo com a quantidade necessária), a sequência em que o trabalho deve ser realizado e o estoque mínimo em processo, ou o chamado estoque padrão.

Por fim, o *kaizen* que focaliza a criação de mais valor no processo com menos desperdício. Segundo Rother e Shook (1999) existem dois tipos de *kaizen*, sendo o primeiro aquele *kaizen* de sistema ou de fluxo (considera o fluxo total de valor e é dirigido pelo corpo

gerencial) e o segundo o *kaizen* de processo (foca os processos individuais e é dirigido pelas equipes de trabalho e líderes de equipe).

4.2 Cinco Princípios

Segundo Womack e Jones (1996, apud KOMETANI, 2011, p. 17) para se ter um sistema enxuto de produção, é necessário que a empresa e as pessoas contidas nela tenham em mente, e com clareza, o que são os cinco princípios da metodologia. O Lean Institute Brasil também define os cinco princípios como sendo: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e a perfeição (OS 5 PRINCIPIOS....., [201-], p. 1).

4.2.1 Valor

Este primeiro princípio é o ponto de partida da caminhada em direção à mentalidade enxuta. Uma empresa precisa ter o conceito de valor bem definido, mas muitas empresas erram ao achar que serão elas quem definirá o que é valor, mas na verdade a definição de valor vem do cliente (OS 5 PRINCIPIOS....., [201-]) . Segundo Kometani (2011, p. 17), “é papel da empresa ou organização determinar primeiramente quais as necessidades dos clientes, atender essas necessidades e então cobrar um preço justo que cubra as despesas e gere lucro para a empresa”.

4.2.2. Fluxo de valor

Com o valor definido pelo cliente, a empresa deve partir para o segundo passo, que é a identificação do fluxo de valor. Segundo o Lean Institute Brasil, para se identificar o fluxo de valor é necessário dissecar a cadeia produtiva, separando todo o processo em três processos distintos como: processos que agregam valor ao produto, aqueles processos que não agregam, mas são extremamente necessários para a manutenção do processo e da qualidade, e por último, aqueles processos que não agregam nenhum valor ao produto. Este último processo, quando identificado, deve ser eliminado imediatamente (OS 5 PRINCIPIOS....., [201-]).

Ainda de acordo com a definição do Lean Institute Brasil, é comum as empresas focalizar apenas os números e indicadores de curto prazo, esquecendo-se dos processos reais de fornecedores e revendedores. “As empresas devem olhar para todo o processo, desde a

criação do produto até a venda final (aliás, inclusive até o pós-venda)” (OS 5 PRINCIPIOS....., [201-], p.1).

4.2.3 Fluxo contínuo

No terceiro princípio da aplicação da mentalidade enxuta, a empresa deve fazer com que seu processo produtivo seja um fluxo contínuo. De acordo com Kometani (2011, p.17), “é necessário que haja um trabalho para modificar os valores que os envolvidos no processo possuem, por partirem de uma estrutura essencialmente departamental”. Ainda de acordo com ele, em fluxo contínuo o correto é que não haja interrupções durante um processo de fabricação, pois isso possibilitará a inexistência ou a diminuição dos estoques intermediários (KOMETANI, 2011).

4.2.4 Produção puxada

Nesta etapa é onde deve haver a maior mudança cultural. Os produtos não devem ser empurrados ao cliente (desovando estoques) através de promoções e descontos, mas sim o cliente que deve puxar o fluxo de valor. Este processo é utilizado principalmente, quando não se consegue estabelecer um fluxo contínuo, pois assim os processos se conectam através de sistemas puxados (OS 5 PRINCIPIOS....., [201-])

4.2.5 Perfeição

Como último passo da mentalidade enxuta, a perfeição visa fazer com que todos os integrantes de um processo procurem pela perfeição. O aperfeiçoamento contínuo deve nortear os processos da empresa, de modo que estes sejam transparentes suficientes para que os participantes tenham conhecimento profundo do processo como um todo, permitindo diálogos por uma busca pela melhoria contínua e por atividades que sempre agreguem valor ao produto (KOMETANI, 2011).

4.3 Os três M's

De acordo com o citado anteriormente, o Sistema Toyota de produção visa à redução de desperdícios de qualquer maneira que seja. Womack e Jones (1996, apud KOMETANI,

2011, p. 18) definem como desperdício, todas as atividades humanas que consomem recursos e não agregam valor algum a um produto, na visão do cliente. E segundo o Lean Institute Brasil (2007), existem três classificações para estes desperdícios: muda, mura e muri.

Figura 09: Os três M's



Fonte: (NORTEGUIBISIAN, [201-])

4.3.1 Muda

Ohno (1997) é categórico elegendo sete principais desperdícios: super produção, espera, transporte, processamento demasiado, inventários, movimentação e fabricação de peças defeituosas. E baseado nisto, o Instituto Lean (2007) diz que Muda é “qualquer atividade que consuma recursos sem criar valor para o cliente”. Muniz (2009, p. 3) elege ainda um oitavo desperdício: o mal aproveitamento do conhecimento do operador, porém neste trabalho, apenas os sete desperdícios citados por Taiichi Ohno serão analisados. Assim, dentre estes sete desperdícios citados, o Instituto Lean (2007) recomenda-se que haja a distinção entre mudas do tipo 1 e do tipo 2.

A muda do tipo 1, são aquelas que não podem ser eliminadas imediatamente, ou seja, existe algum processo ao longo da cadeia produtiva que gera um desperdício (por exemplo um posto de retrabalho), mas como não se conhece uma maneira de eliminar isto, este tipo de muda não pode ser prontamente excluído (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007).

Já o segundo tipo de muda, o Instituto Lean (2007) considera aquelas atividades que podem ser rapidamente eliminadas através de um *kaizen*. Por exemplo, existe uma movimentação de produtos durante um processo produtivo, que caso os equipamentos de

produção sejam colocados mais próximos, esta movimentação não existirá. Então cria-se um *kaizen* para aproximar tais equipamentos.

4.3.2 Mura

Segundo o livro *Léxico Lean*, do Instituto Lean (2007), a muda é a “falta de regularidade em uma operação, como altos e baixos na programação causados não pela demanda do cliente final, mas pelo sistema de produção, ou ritmo de trabalho irregular em uma operação”. Ou seja, hora o operador está sobrecarregado (o que gera o muri), e o hora o operador está esperando por algo (o que gera muda, o desperdício de espera).

4.3.3 Muri

Por fim, o muri é a sobrecarga de operadores e/ou equipamentos, exigindo uma operação acima do esperado, por um período maior de tempo do que podem suportar (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007).

5 PRATICANDO A MENTALIDADE ENXUTA

Segundo o Lean Institute (2007, p.16), “na maioria dos fluxos de valor, as atividades que realmente criam valor para o cliente são uma pequena fração do total. Eliminar o grande número de desperdícios é a maior fonte potencial de melhoria do desempenho corporativo e do serviço ao cliente”. Mediante esta idéia, este trabalho tem o intuito de apresentar algumas ferramentas simples para a identificação e combate dos desperdícios diretamente nas suas fontes. Mas, ainda apresentará mais ferramentas ou sistemas para que se consiga praticar a chamada melhoria contínua.

Obviamente, a manufatura enxuta não se atém somente em algumas ferramentas, ou sistemas, mas sim em uma grande mudança de cultura. É nato de todos nós ocidentais, aquela mentalidade tradicional, em que a produção deve ser empurrada. Já na mentalidade enxuta, isso muda de figura e a produção tem de ser puxada de acordo com o *takt time*, conforme dito anteriormente.

5.1 Enxergando os problemas

Problemas são problemas, e requerem soluções. Normalmente, estes são vistos como coisas negativas, e muitos não gostam de ouvir ou saber, mas é válido lembrar que, problemas são, além de somente problemas, oportunidades de melhoria (FERRO, 2006). A mentalidade enxuta prega que devemos tornar os problemas visíveis e isso entra em confronto com a nossa cultura, como expõe José Roberto Ferro (2006) quanto ao nosso modo de pensar diante dos problemas.

A cultura existente, crenças e premissas existentes na empresa, pode também constituir obstáculo à implementação da efetiva solução de problemas. Uma empresa tende a enfrentar sérias dificuldades se seus dirigentes e colaboradores acharem que não tem problemas. Reconhecer a existência dos mesmos é um primeiro e importante passo para a sua solução. (FERRO, 2006).

Desta maneira, esta monografia apresenta duas ferramentas e uma cultura, que se aplicadas corretamente, conseguem tornar claros quais são os problemas e os desperdícios que existem em um processo produtivo.

A primeira abordagem escolhida para enxergar os problemas será a prática, ou melhor, a cultura do 5S. Esta cultura dos cinco sentidos permite que qualquer pessoa identifique facilmente vários desperdícios existentes em uma linha de produção. Já a segunda abordagem

e a primeira ferramenta, é o *Value Stream Mapping* (mapeamento do fluxo de valor), que vai além de demonstrar quais são os desperdícios em um processo, pois permite enxergar quais são as fontes de desperdício. Por fim, será apresentada a segunda ferramenta, o *Overall Equipment Effectiveness*, que permite observar qual é o desperdício que um equipamento apresenta, ainda que este funcione em 100% do dia.

5.1.1 5 S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seketsu e Shitsuke*)

Pela definição do Lean Institute (2007, p.8) no livro *Léxico Lean*, o cinco S são “[...] cinco termos relacionados, começando com a letra S, que descrevem práticas para o ambiente de trabalho, úteis para o gerenciamento visual e para a produção *lean*”. Estes sentidos têm como objetivos principais melhorar a qualidade dos produtos e dos serviços, melhorar o ambiente de trabalho, melhorar a qualidade de vida dos funcionários, educar para a simplicidade de atos e ações, maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis, reduzir desperdícios, otimizar o espaço físico e prevenir acidentes (RIANI, 2006).

Abaixo se tem uma explanação do que são os cinco S's, que são normalmente traduzidos como Senso de Utilização, Senso de Organização, Senso de Limpeza, Senso de Padronização e Senso de Autodisciplina (LEAN INSTITUTE, 2007).

- a) *Seiri*: Este primeiro sentido é o sentido de utilização, que prega que devemos ter somente o que é necessário para realizar as ações. Não devemos “guardar coisas” como a natureza humana insinua. Devemos descartar o que é desnecessário (leia-se descartar como desfazer, jogar no lixo, doar, reciclar, etc).
- b) *Seiton*: Este sentido de organização diz que cada objeto deve ter um lugar para ser guardado e devidamente identificado. A célebre frase “um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar” representa o sentido deste sentido.
- c) *Seiso*: Já no terceiro sentido, o sentido de limpeza, é necessário praticar a limpeza de tudo o que está guardado. A intolerância com a sujeira é um ponto crucial para que se tenha uma boa disciplina no dia-a-dia e que o 5S funcione.
- d) *Seiketsu*: No quarto sentido (sentido de padronização), a padronização deve ser uma prática constante. Devemos manter os padrões de tudo o que foi praticado nos três primeiros S's.
- e) *Shitsuke*: No sentido da autodisciplina, devemos manter tudo o que foi estabelecido nos quatro primeiros S's, de uma maneira que o 5S seja normal, rotineiro.

Ainda segundo o Lean Institute (2007), existem algumas variações do programa 5S. Um exemplo é a prática do 6S, no qual há o senso de segurança em primeiro lugar, ou então o 4S, como é praticado na Toyota, que não prega o último senso (senso da autodisciplina), devido a este ponto já ter a necessidade de ser nato de todos os trabalhadores.

5.1.2 *Value Stream Mapping*

O *Value Stream Mapping*, ou em português Mapeamento do Fluxo de Valor, é uma das ferramentas mais básicas, e segundo Rother e Shook (1999) é uma ferramenta essencial, quando se tem a intenção de reduzir desperdícios em um processo produtivo, pois é a partir desta que se tem a visualização do estado atual e do estado futuro.

Para entender melhor esta ferramenta, é necessário que se tenha em mente o que é um fluxo de valor, que Rother e Shook (1999, p.1) definem por: “[...] É toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto: (1) o fluxo de produção desde a matéria prima até os braços do consumidor, e (2) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento”.

Ainda de acordo com Rother e Shook (1999), para se fazer um mapeamento do fluxo de valor é necessário seguir a trilha da produção de um produto e cuidadosamente desenhar, através de lápis e papel, a representação visual de cada processo no fluxo de material. Assim, pode-se enxergar o fluxo de produção como um todo e não somente as etapas individuais (como por exemplo, a etapa de montagem ou a de soldagem), o que permitirá a quem estiver fazendo o mapeamento, identificar e banir as fontes de desperdício do estado futuro.

No anexo deste trabalho, encontram-se dois tipos de VSM's, um com o estado atual de um processo produtivo (anexo A) e o outro com um estado futuro deste processo (anexo B).

Segundo Riani (2006, p.24), “o grande diferencial do VSM é reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo e ainda oferecer um conjunto de diretrizes para a análise de possíveis melhorias [...]” e ainda, observar que a visualização da ferramenta deve ser realizada sempre de trás para frente, com o intuito de eliminar as influências pessoais que possam existir no processo, favorecendo o fluxo em razão da produção.

5.1.3 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

Segundo o livro *Léxico Lean*, do Lean Institute (2007), o OEE pode ser traduzido como Eficácia Total do Equipamento, ou em inglês *Overall Equipment Effectiveness*, e este é indicador que mede o grau de eficácia no uso de um equipamento. Ainda que esta ferramenta não seja uma característica própria do Sistema Toyota de Produção, a mesma surgiu no programa de Manutenção Produtiva Total, ou *Total Productive Maintenance – TPM*, (primeiramente empregada pela empresa Denso, do grupo Toyota). Este programa pretende adicionar os operadores na rotina de manutenção, nos reparos simples dos equipamentos e nos projetos de melhoria. Diariamente, os operadores têm que realizar atividades simples como, por exemplo, lubrificação, limpeza, ajuste e inspeção do equipamento (LEAN INSTITUTE, 2007).

O OEE se preocupa com as “seis grandes perdas” em um equipamento, que são falhas, ajustes, pequenas paradas, velocidade de operação reduzida, refugo e retrabalho. Assim, o OEE é uma simples multiplicação de três fatores: Disponibilidade (quanto tempo o equipamento ficou disponível) X Desempenho (qual foi o desempenho do equipamento) X Qualidade (qual a qualidade dos produtos feitos) (LEAN INSTITUTE, 2007).

A taxa de disponibilidade mede as paradas causadas por falhas nos equipamento e por ajustes, como uma porcentagem do tempo programado. A taxa de desempenho mede as paradas relativas à velocidade de operação, o funcionamento em velocidades mais baixas o que a determinada e pequenas paradas de alguns segundos. A taxa de qualidade representa as perdas ocasionadas por refugo e retrabalho, como uma porcentagem em relação ao total de peças produzidas. (LEAN INSTITUTE, 2007, p. 19).

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade$$

Como alternativa a este cálculo, Kwon e Lee (apud Busso, 2012, p. 64), apresentam outro cálculo que é a razão entre a quantidade de produtos bons obtidos em um tempo com valor agregado, e a quantidade de produtos que poderiam ter sido obtidos durante o tempo de carregamento, conforme a equação abaixo:

$$OEE = \frac{\text{Total de produtos bons}}{\text{Tempo de carregamento} \times \text{Capacidade de produção teórica por hora}}$$

Porém, o método mais utilizado é o método definido por Seiichi Nakajima, que é o primeiro método aqui mostrado.

5.2 Identificando a causa real dos problemas

Para Ohno (1997), por baixo da ‘causa’ de um problema está escondida a *causa real*. Em cada caso, é preciso descobrir a causa real, pois do contrário as medidas não podem ser tomadas e os problemas não serão verdadeiramente resolvidos. Abaixo estão explicados, novamente, uma prática e duas ferramentas para que se consiga enxergar a verdadeira causa de um problema.

5.2.1 *Genchi Genbutsu* – Vá ao Gemba!!

Segundo Ferro (2006), temos uma ansiedade natural em querer resolver os problemas antes mesmo de termos definido qual é o nosso problema. Parece que existe uma tendência natural de pular direto para as soluções e isso acaba gerando um enorme desperdício de tempo, pois o tempo gasto buscando soluções são para problemas não identificados claramente. A médio e longo prazo, isso gera mais confusão e problemas, o que desgasta a confiança e o relacionamento entre as pessoas, pois pode gerar a perda da credibilidade de uma pessoa.

Por isso, Ferro (2006) recomenda que deve-se definir claramente o problema através de uma solução utilizada pela Toyota, que é o *Genchi Genbutsu*. Esta solução prega que devemos ir ao local do problema, mesmo que já tenhamos idéias de soluções. Para a Toyota, o único meio de compreender a profundidade de uma situação é “ir e ver”.

5.2.2 Cinco Por Quês

“Prática de se perguntar ‘por quê?’ repetidamente sempre que se encontrar um problema, a fim de ir além dos sintomas óbvios, descobrindo-se a casa-raíz”. É assim que o livro *Léxico Lean* (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007, p. 8) define o que são os cinco por quês. É válido lembrar que o número “5” é apenas simbólico, e o importante aqui é continuar com o questionamento até que a causa-raíz seja identificada e eliminada, pois resolver problemas apagando incêndio, é a garantia de que os problemas voltarão a acontecer (FERRO, 2006).

Ohno (1997, p. 37) exemplifica o uso dos cinco por quês da seguinte maneira:

- a) Por que a máquina parou? Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou.
- b) Por que houve uma sobrecarga? Por que o mancal não estava suficientemente lubrificado.

- c) Por que o mancal não estava suficientemente lubrificado? Porque a bomba de óleo lubrificante não estava bombeando suficientemente.
- d) Por que a bomba não estava bombeando de maneira correta? Porque o eixo de acionamento da bomba estava gasto e vibrando.
- e) Por que o eixo estava desgastado? Porque não havia uma tela acoplada e entrava limalha.

E ainda segundo ele, “caso este procedimento não tivesse sido realizado, possivelmente ter-se-ia apenas substituído o fusível ou o eixo da bomba. Neste caso, o problema reapareceria dentro de poucos meses” (OHNO, 1997, p.38).

5.2.3 Diagrama de causa e efeito (Ishikawa)

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido por diagrama de causa e efeito e/ou espinha de peixe, foi criado em meados da década de 1950, pelo professor da Universidade de Tóquio, Kaoru Ishikawa, com o intuito de sintetizar as opiniões dos engenheiros de uma fábrica, quando estes discutiam problemas de qualidade (SEBRAE, 2005). Assim, ele criou uma técnica que demonstra uma relação entre um efeitos e as possíveis causas que podem estar contribuindo para o acontecimento deste.

Segundo Manual de Ferramentas da Qualidade do SEBRAE (2005), o diagrama de causa e efeito serve para permitir a visualização das principais e secundárias causas de um problema, em conjunto. Ainda, permite que o grupo tenha uma visão ampliada das possíveis causas de um problema, pois enriquece a análise e a identificação das soluções.

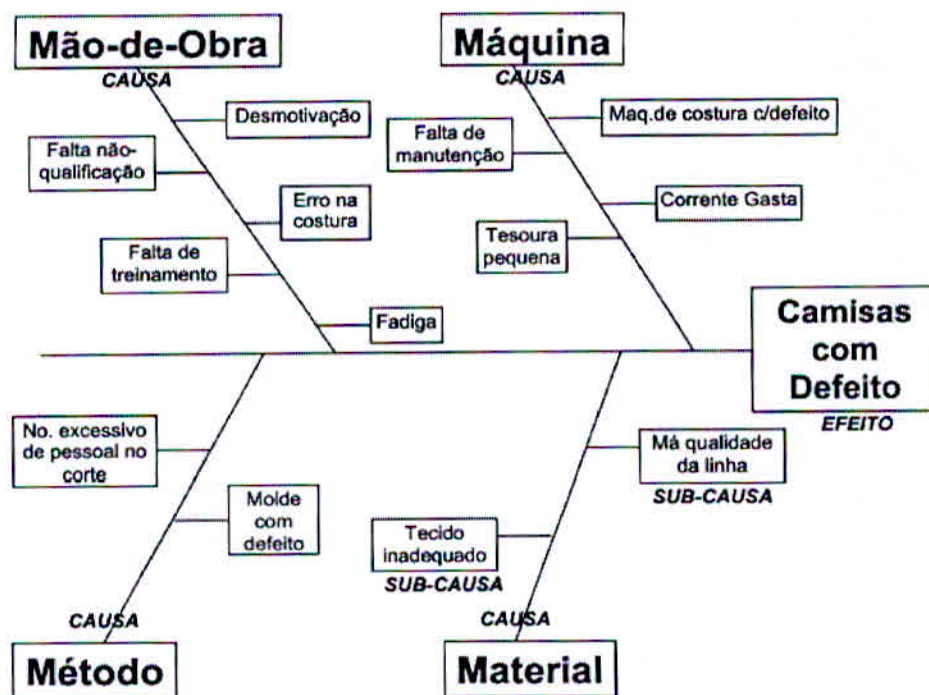
Mas, para uma boa execução do Diagrama de espinha de peixe é necessário que se realize um *brainstorming*, anteriormente ao início do diagrama. Por quê? O *brainstorming*, como o próprio nome já diz, é uma “chuva cerebral” na qual são levantas várias hipóteses para o problema levantado, sem nenhum pré-conceito. Todas as idéias devem ser aceitas e consideradas. Ao se levar em consideração todas estas idéias, o problema ganha uma nova ótica, pois tem-se diferente opiniões, de diferentes setores (SEBRAE, 2005). Talvez, uma idéia de uma pessoa da qualidade pode ajudar na resolução de um problema da manutenção.

Após a chuva cerebral, é necessário que haja a seleção das idéias. O grupo deve discutir as idéias e escolher as mais relevantes, podendo agrupar as parecidas, ou descartar caso alguma seja irrelevante.

Assim feito, o Diagrama de Ishikawa pode ser montado. Para isto, deve-se estabelecer qual o problema (efeito) à direita da “espinha”, enquanto ao longo da estrutura, deve-se alocar as idéias mediante as categorias, que normalmente são: Mão-de-obra, máquina, método e

materiais (SEBRAE, 2005). A figura abaixo mostra um exemplo de um Diagrama de Ishikawa.

Figura 10: Exemplo de Diagrama de Ishikawa



Fonte: (SEBRAE, 2005, p.5)

5.3 Traçando um plano de ação

Com o problema definido, e mais importante que isso, com a causa real do problema definida, é necessário que se tenha um bom plano de ação para combate desta causa. Segundo Araújo (2004), e seu método CAMADI (capturar, maturar e disponibilizar), a fase de ação é de extrema importância e precisa ser praticada como ele diz no texto a seguir:

Após captar, maturar e explorar os estímulos da criação, o ser humano precisa desenvolver a capacidade para a ação. As novas idéias precisam ser colocadas em prática. Elas devem ser precedidas das seguintes reflexões: É o momento oportuno? O ideal é agir com estratégia para que a ação implementada não seja inviabilizada por falta de coerência no contexto envolvido. (ARAUJO, 2004, p.25)

Baseado nesta necessidade de planejamento de ações, o ciclo de melhoria criado por William Edwards Deming na década de 1950, ou o chamado PDCA (*Plan, Do, Check e Act*)

traz um bom norte para a direção das ações, pois conta com quatro estágios bem definidos de planejamento. Outra alternativa que será apresentada a seguir, é o método do 5 'W' 2 'H', no qual existe sete questionamentos que, se respondidos de maneira eficaz, traz um ótimo planejamento.

5.3.1 Ciclo de Deming (PDCA)

Conforme dito anteriormente, este ciclo foi criado por William Edwards Deming, e teve o conceito difundido no Japão durante a década de 50. Este tipo de análise, é um “ciclo de melhoria baseado no método científico de se propor uma mudança em um processo, implementar essa mudança, analisar os resultados e tomar as providências cabíveis [...]”. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007, p.63). Baseado nisto, o Lean Institute (2007) exemplifica os quatro estágios da seguinte maneira:

- a) Planejar (Plan): Neste primeiro estágio é necessário que se tenha claro quais são os objetivos de um processo, e quais as mudanças que serão necessárias. (aqui se vê a importância de um bom brainstorming, pois assim o plano de ações será em cima das ações corretas).
- b) Fazer (Do): No segundo estágio, deve-se haver um trabalho de implementação das ações acertadas na primeira etapa. A implementação deve ser feita com educação e atenção, pois como esta etapa será a primeira etapa de “disseminação” das idéias, é fácil encontrar resistência por parte de algumas pessoas.
- c) Verificar (Check): Na terceira etapa do ciclo, deve haver uma verificação da eficácia das ações, analisando os efeitos que estas trouxeram ao processo mediante resultados em termos de desempenho. Esta verificação é importante, pois é a oportunidade para o aparecimento de problemas latentes, que não puderam ser imaginados no brainstorming.
- d) Agir (Act): A última fase do ciclo é a fase em que se pode agir em cima dos problemas que foram levantados na fase anterior (fase de verificação). Aqui se determinará se é necessário “rodar” um novo ciclo para o tal problema latente, ou se apenas alguma ação pequena é suficiente. O mais importante desta fase é que, é necessário haver uma nova padronização estabelecida de acordo com as mudanças realizadas, pois isto possibilitará uma estrutura concreta do processo melhorado.

É comum encontrar variações na terminologia deste ciclo, como por exemplo na Toyota, onde os estágios são: Planejar, Tentar, Refletir e Padronizar (LEAN INSTITUTE, 2007).

5.3.2.5 'W' e 2 'H'

A metodologia do 5 'W' e 2 'H' é um pouco mais simples do que a empregada no ciclo do PDCA. Este método conta com sete etapas, que são perguntas a serem respondidas. A partir do inglês *What, Why, Where, When, Who, How e How Much*, as sete perguntas direcionam suas ações e permite a criação de um “mini” plano de ação bem definido (importante lembrar que esta ferramenta também pode ser utilizada para a detecção dos problemas e se assemelha muito com o uso dos 5 por quês).

Segundo Marques (2013), o planejamento é importante para se conseguir uma maximização dos resultados, do tempo e até do lucro. É ainda, essencial para um processo produtivo, na vida profissional ou na vida pessoal. Com isso, ele exemplifica o uso do 5 'W' 2 'H' na carreira profissional de uma pessoa. Mas esta metodologia pode ser usada em qualquer ocasião na qual se tem um objetivo a ser concluído.

- a) *What* – o que será feito? Nesta etapa, deve-se esclarecer qual é, ou quais são os objetivos a serem atingidos. No caso de um processo produtivo, a solução da causa real do problema é o objetivo.
- b) *Why* – por que será feito? Aqui cabe a justificativa das ações, mediante todo o desperdício que o problema tem causado.
- c) *Where* – onde será feito? Importante delimitar a área onde acontecerão as ações, a fim de que somente pessoas escolhidas participem do processo (caso não haja uma clara distinção, as ações podem se proliferar e talvez isso cause mais problemas).
- d) *When* – quando será feito? Etapa importantíssima na execução do plano de ação. É a partir de datas que pode se medir um resultado prévio do plano. Se as ações estão sendo concluídas no prazo, o plano está dando certo. Caso contrário, existem muitos problemas impedindo isto?
- e) *Who* – por quem será feito? Etapa muito importante também, pois define as responsabilidades de cada um no grupo. Cada um com a sua ação, afinal como diz o ditado “cachorro com mais de um dono morre de fome”.
- f) *How* – como será feito? Qual é o método que se utilizará para alcançar os resultados? Será por um treinamento? Será por uma reunião? Importante deixar claro o método escolhido pelo grupo, para que não haja mudanças repentinas no meio do caminho.
- g) *How much* – quanto custará fazer? Na última etapa, é necessário definir quais serão os gastos que a empresa e/ou setor terão com a implementação das ações para se ter claro se

é possível realizar as ações, e não deixar que as ações parem no meio do caminho por falta de recursos.

5.4 Melhoria contínua: do sacrifício da disciplina ao hábito

Por definição a palavra “acomodação” significa a ação de acomodar, sossegar. Este é o comportamento natural humano quando temos uma situação agradável a nós, como por exemplo, no ambiente empresarial quando se está no mesmo cargo há vários anos. Segundo Ohno (1997), esta acomodação que sofremos é a responsável por criar grandes estoques, de produtos muitas vezes desnecessários. Ele utiliza como exemplo, o acontecimento de pessoas que estocaram papel higiênico e detergente durante a crise do petróleo. Para ele, este tipo de comportamento é de uma comunidade agrícola, onde ancestrais plantavam arroz e estocavam devido aos longos períodos de dificuldades que a natureza impunha.

Mas este modo de pensar não mudou e até hoje trabalhamos desta maneira. Ainda para Ohno (1997, p.35), é necessário que aconteça uma “revolução na consciência, uma mudança de atitude e ponto de vista por parte dos empresários”. Só a partir desta mudança, é que o sistema tradicional poderá deixar de existir e empresas poderão passar a trabalhar com uma manufatura enxuta.

A idéia de Marco Antônio de Araujo, no livro Gestores, Gurus e Gênios, não é diferente do que diz Taiichi Ohno . Ele utiliza de alguns conceitos criados por ele para justificar esta questão da comodidade:

A entropia quando enraizada nas matrizes pessoal e organizacional gera acomodação, influenciando os fluxos de trabalho para *inputs* que não agregam valores aos produtos e serviços realizados e *outputs* não desejados pelo público-alvo. É preciso romper as amarras da comodidade e priorizar os fluidos positivos da sinergia para a conquista de diferenciais competitivos. (ARAUJO, 2004, p.319).

Baseado nisto, fica claro que a primeira mudança necessária para combater o sistema tradicional é a revolução na consciência. Já a segunda, pode-se considerar o início da implementação da manufatura enxuta, que é a eliminação de desperdícios.

6 RESULTADOS PRÉVIOS DE UMA IMPLEMENTAÇÃO

A implementação da manufatura enxuta ocorreu em uma empresa que é uma multinacional holandesa e conta com vários campos de atuação, como equipamentos hospitalares, eletrodomésticos e equipamentos para iluminação. Nesta monografia, os resultados avaliados serão perante o setor de iluminação que possui com uma fábrica para reatores e luminárias no sul do estado de Minas Gerais. Os reatores produzidos são modelos dos tipos eletrônicos e magnéticos, e servem tanto para a iluminação doméstica quanto para a iluminação profissional. Ainda, apesar de esta indústria produzir modelos de reatores que são em grande parte para a comercialização interna no país, a mesma tem uma parcela da produção que é direcionada aos países sul americanos.

Neste capítulo da monografia, serão apresentados os resultados que a empresa responsável por fabricar estes reatores obteve ao começar a implementação da manufatura enxuta. Vale observar que a empresa possui uma política interna, que divide a implementação do *Lean Manufacturing* em cinco fases e recentemente, a citada fábrica conquistou a certificação na segunda fase. Mas, para um completo entendimento, segue a elucidação das 5 fases.

- a) Na primeira fase, o ambiente fabril se prepara para receber a nova metodologia. Nesta etapa, é necessário que haja uma avaliação do ambiente para ver se será possível a implementação da metodologia (5S é um ponto a ser checado, por exemplo). Ainda, esta fase conta com a explanação de todo o programa, com a escolha de uma liderança para direcionar o programa e com um planejamento de resultados esperados.
- b) Na segunda fase, a fábrica começa a implementação do Lean. Antes de qualquer etapa, há um *kaikaku tour*, que é uma “melhoria radical e revolucionária de um fluxo de valor a fim de rapidamente se criar mais valor com menos desperdício” (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007, p.40). Após as melhorias, há a escolha e o treinamento de um time (os chamados *Team leaders & Group leaders*) para “tomarem as rédeas” do projeto e também há a escolha de uma linha de produção para ser a linha modelo. Todas as inovações devem acontecer primeiramente nesta linha. Então, há a montagem de VSM para a linha selecionada, treinamento das pessoas em 6S, estipulação de metas para *kaizen's* e outros conceitos que o Lean prega.
- c) Já na terceira etapa, a fábrica deve fazer trabalhos padronizados (instruções de trabalho), certificar-se no 6S, VSM's, ter uma cultura de segurança e etc, para toda o *site*.

Basicamente, deve estender os conceitos aplicados na linha modelo de produção para todas as linhas, contando com a mudança de comportamento dos operadores.

- d) A penúltima fase deve ser uma das mais trabalhosas. Esta fase conta com a participação do pessoal de escritório e do *warehouse* (armazém). Aqui, deve-se trabalhar forte com o TPM, com o *setup* rápido, com a logística interna, e principalmente, com o fluxo contínuo. É recomendável que se realize um *benchmarking* com outras empresas para se inspirar em mudanças que têm ou tiveram um resultado positivo.
- e) Na última fase, começa-se a colher os frutos da implementação do Lean. Quando todos já estiverem acostumados ao *lean*, o trabalho é de melhoria contínua. Não deixar que as pessoas caiam na zona de conforto e fazer com que a fábrica procure sempre uma alteração com um resultado positivo é um dos requisitos para a certificação nesta fase.

De acordo com isso, o setor de inserção automática de componentes eletrônicos foi escolhido para demonstrar os resultados, pois tem uma participação crucial em todo o programa, afinal é a partir dele que todos os reatores eletrônicos começam a ganhar forma. Não existe um reator eletrônico que não tenha ao menos algum componente inserido neste setor. Outro ponto importante a se comentar é que este setor era o único setor que trabalhava em dois turnos, com horários das 05:40 às 14:00, e das 14:00 às 22:18, de segunda a sábado, ou seja, havia um custo expressivo para se colocar aproximadamente 20 pessoas trabalhando, sendo que nenhum outro setor da fábrica trabalhava. Assim, apesar do programa do Lean estar apenas na metade, já foi possível se notar grandes melhorias no setor de inserção automática e no restante da linha de produção.

Tomando como exemplo a redução de desperdício que foi citada neste trabalho, o conjunto de inseridoras axiais teve o seu *downtime* por matéria prima reduzido de 2 pontos percentuais no ano passado, para apenas 0,5 % neste ano (o *downtime* é o indicador de máquina parada por falta de matéria prima, ou seja, de todo o tempo disponível, quanto tempo a máquina não produziu por este motivo). Enquanto nas radiais, este número passou de 3% para 1,5%. Esta melhora é fruto de um trabalho para reduzir o tempo ocioso que os abastecedores haviam. Por exemplo, antigamente eram os abastecedores que efetuavam a entrega de EPI's (equipamentos de proteção individual) e para isso, eles gastavam em média 5 minutos para sair do recebimento de matéria prima e ir até ao local de armazenamento dos EPI's. Com a disponibilização de uma pessoa na sala, os abastecedores perderam esta função e consequentemente, o tempo desperdiçado está sendo utilizado de maneira mais eficiente.

Outro indicador que também melhorou, é o indicador de *breakdown*. Este indicador serve para medir quanto tempo uma máquina fica parada, a espera de uma manutenção (desde

um simples ajuste, até uma manutenção corretiva). Ano passado, para as insersoras axiais, a média era de 11%, enquanto para este ano, o número é de 4,76%. Já nas radiais, o número caiu de 13 pontos percentuais, para apenas 3,18%. É uma melhora muito significativa, que se deve ao fato do início da implementação de parte do TPM e por um planejamento de peças sobressalentes muito bem feito. Novamente, a eliminação do desperdício de tempo aguardando os encarregados da manutenção e a diminuição do desperdício de peças por retrabalho, devido as peças ruins das máquinas, foram fatores responsáveis pela melhora.

Mais uma melhora significativa que se pôde notar foi em relação ao OEE. Este indicador passou de 82% no ano de 2013 nas insersoras axiais, para 86,5%, sendo que o *target* é de 87% ao final do programa. Já nas radiais, a melhora foi de 80% em 2013, para 85,37% neste ano. Conforme dito, o OEE é a multiplicação de três fatores (disponibilidade, desempenho e qualidade), e com a melhora destes individualmente, é óbvio que o indicador seria melhor. Por exemplo, os indicadores de disponibilidade e desempenho. Havia até o primeiro trimestre deste ano, os turnos de sábado. Porém, tais turnos dificilmente eram ocupados em 100% do tempo, pois muitas das vezes o plano de produção era fechado em metade deste tempo. Assim, a máquina ficava disponível para a produção, mas não havia produção. Consequentemente, o indicador de disponibilidade ficava no alto, mas o desempenho sempre era baixo. Com a redução de desperdícios durante a semana e com uma alteração no horário, pode-se retirar o turno de sábado, o que representou uma economia financeira para a fábrica, e de quebra, ainda melhorou os indicadores. Agora, o horário de funcionamento das insersoras automáticas é de segunda a sexta, das 05:40 às 15:28, e das 15:30 às 01:18.

Por fim, apenas como comprovação deste melhora, vale a observação da produtividade da montagem final. No ano passado, eram 245 peças / pessoa / dia, e agora, com o Lean já implementado na linha modelo, esta produtividade passou para 325 peças / pessoa / dia. Isso significa que serão necessárias menos pessoas para a fabricação do mesmo número de peças, e obviamente, há uma economia com os operadores.

7 CONCLUSÃO

O excesso de informações faz com que os consumidores sejam cada vez mais exigentes. A troca rápida de informações permite que um produto se consagre no gosto das pessoas, ou arruíne-se diante de uma má qualidade. Com isso, as empresas têm que entregar produtos com uma ótima qualidade, um baixo custo e no menor tempo possível. Cenário que a Toyota enfrentou cerca de 60 anos atrás. Na época, nenhum lugar do mundo desejava um carro japonês. Mas, com um trabalho forte para a redução de custos e eliminação de desperdícios, a Toyota conseguiu seu lugar ao sol, entregando sempre o máximo em qualidade e há anos tem o modelo mais vendido no mercado norte americano (o Toyota Camry é campeão de vendas considerando as vendas de veículos de passeio).

Assim, conforme foi mostrado ao decorrer do trabalho, a redução de desperdícios é possível e de certo modo, fácil. No dia-a-dia das empresas, existem muitos desperdícios que estão ocultos nos processos, mas com uma verificação atenciosa, consegue-se eliminar a fonte de tais desperdícios e transformar as perdas em lucro. É claro que a empresa citada não se baseou somente nas ferramentas citadas, pois além destas existem muitas outras como eventos *kaizen's* (eventos em que a produção para e todos trabalham acerca do Lean) ou então o gerenciamento diário do Lean (reuniões de início de turno, quadros de comunicação, comunicação visual etc), mas as que foram exemplificadas no trabalho, com certeza tiveram grande participação na eliminação dos desperdícios. Entretanto, tendo como objetivo mostrar a existência de desperdícios e a possibilidade de eliminá-los, pode-se considerar que o TPS e as ferramentas mostradas têm um bom nível funcionalidade em qualquer processo produtivo, ainda mais quando se considera o resultado que a Toyota conseguiu ao longo de sua história.

Portanto, o *Lean Manufacturing* vem para revolucionar a indústria tradicional e mostrar ao mundo que a disciplina dos japoneses é realmente um grande diferencial para um negócio enxuto. Porém, o Lean precisa de apenas um ponto de atenção: a revolução na consciência, conforme citado por Taiichi Ohno em seu livro, sobre o Sistema Toyota de Produção. Talvez este seja o ponto mais difícil de implementação, já que trabalha com o modo de viver das pessoas.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Marco Antônio. **Gestores, gurus e gênios: suas estratégias administrativas**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.
- ALMEIDA, Pedro Santos. Reatores. In: _____. **Reatores eletrônicos baseados numa topologia de inversor não ressonante de chave única: aplicação em iluminação fluorescente tubular**. Minas Gerais: 2010. Disponível em: <http://www.ufjf.br/nimo/files/2008/10/TFC-Pedro_Almeida_versao-final2.pdf>. Acesso em: 8 Junho 2014.
- ASSEMBLEON. In: _____. **AX-501/301**. [201-]. Disponível em: <http://www.assembleon.com/productgroup/pg_2/product_5/overview>. Acesso em: 08 Junho 2014.
- AUSTENFELD Jr., Robert B. In: _____. **NUMMI – The great experiment**. 2006. Disponível em: <<http://www.agileway.com.br/wp-content/uploads/2009/10/nummi-austenfeld-agileway.com.br.pdf>>. Acesso em: 08 Junho 2014.
- MARQUES, José Roberto. In: _____. **5W2H: Planejar para conquistar**. 2013. Disponível em: <<http://economia.terra.com.br/blog-carreiras/blog/2013/09/10/5w2h-planejar-para-conquistar/>>. Acesso em: 08 Junho 2014.
- BUSSO, Christiane Matias. O OEE como indicador de desempenho. In: _____. **Aplicação do indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização da capacidade de produção**. São Paulo: 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-16072013-115859/pt-br.php>>. Acesso em: 8 Junho 2014.
- DIAS, Isabela Aguiar. Resistores. In: MORA, Nora Díaz et al. **Materiais elétricos: compêndio de trabalhos**. Foz do Iguaçu: 2010. p. 431-451.
- FERRO, José Roberto. **Efetiva solução de problemas: o que está faltando?**. 2006. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/leanmail/35/efetiva-solucao-de-problemas--o-que-esta-faltando.aspx>>. Acesso em: 26 abril. 2014.
- KOMETANI, Henrique Tonani. Princípios da produção enxuta. In: _____. **Produção enxuta e tecnologia de informação: melhorias no processo de atendimento no departamento de suporte de um sistema SAP ERP**. São Paulo: 2011. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tcc/disponiveis/18/180830/tcc-24022012-094724/?&lang=br>>. Acesso em: 15 Junho 2014.
- KRASS, Peter. **Os gênios dos negócios: a sabedoria e a experiência dos maiores executivos e empreendedores**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- KWON, O. LEE, H. **Calculation methodology for contributive managerial effect by OEE as a result of TPM activities**. Journal of Quality in Maintenance Engineering. V. 10. N. 44. P. 263-272, 2004.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Léxico Lean**: glossário ilustrado para praticantes do pensamento Lean. 2. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

O QUE É: *lean thinking* (Mentalidade Enxuta). [20-?]. Disponível em: <http://www.lean.org.br/o_que_e.aspx>. Acesso em: 01 Junho 2014.

OS 5 PRINCIPIOS: Os cinco princípios do *lean thinking* (Mentalidade Enxuta). [20-?]. Disponível em: <http://www.lean.org.br/5_principios.aspx>. Acesso em: 01 Junho 2014.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MEHL, Ewaldo Luiz de Mattos. In: _____. **Conceitos fundamentais sobre placas de circuito impresso**. Curitiba: 2011. Disponível em: http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te232/textos/PCI_Conceitos_fundamentais.pdf. Acesso em: 14 Junho 2014.

MINAS GERAIS (Estado). Centro de Pesquisa em Energia Inteligente. **Manual para especificação técnica de lâmpadas e reatores**. Minas Gerais, [201-]. 8 p.

MUNIZ JUNIOR, Jorge et al. **Análise do ambiente operário**: organização da produção, organização do trabalho e gestão do conhecimento. Salvador. 2009

MUNIZ JUNIOR, Jorge. **Modelo Conceitual de Gestão de Produção Baseado na Gestão do Conhecimento**: um estudo no ambiente operário da indústria automotiva. 2007. 148 f. Tese (Doutorado)—Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007.

NORTEGUBISIAN. **Os 3 tipos de desperdícios: muda, mura e muri**. Disponível em: <http://www.nortegubisian.com.br/component/content/article/10-noticias/234-mudamuramuri>. Acesso em: 08 Junho 2014

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PHILIPS. **Basic- EB 1X32W TL-D 127-220V 50/60Hz HPF**. [S.l.: s.n.], 2014. 2 p.

PHILIPS. **Metálico Externo AFP - VMTE 1X1000W MH 220V 60Hz W/IC**. [S.l.: s.n.], 2013. 2 p.

RABAK, Cesar Scarpini. **Otimização do processo de inserção automática de componentes eletrônicos empregando a técnica de times assíncronos**. 1999. 125f. Dissertação (Mestrado)—Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

RIANI, Aline Mattos. VSM (Value Stream Map): Mapa de Fluxo de Valor. In: _____. **Estudo de caso: o Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. Minas Gerais: 2006. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2009/06/tcc_jan2007_alineriani.pdf>. Acesso em: 8 Junho 2014.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

ROTONDARO, Roberto Gilioli et al. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SEBRAE. **Manual de ferramentas da qualidade**. São Paulo, 2005. 26 p.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, Lucia Lucena. **Marketing e Produtos Sustentáveis: estudo de caso da Philips no Brasil**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado)-Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2008.

TOSSERI, Olivier. A Segunda Guerra acabou em maio de 1945. FALSO! **História viva**. 2013. Disponível em: http://www2.uol.com.br/historiaviva/artigos/a_segunda_guerra_acabou_em_maio_de_1945_falso_.htm>. Acesso em: 8 Junho 2014.

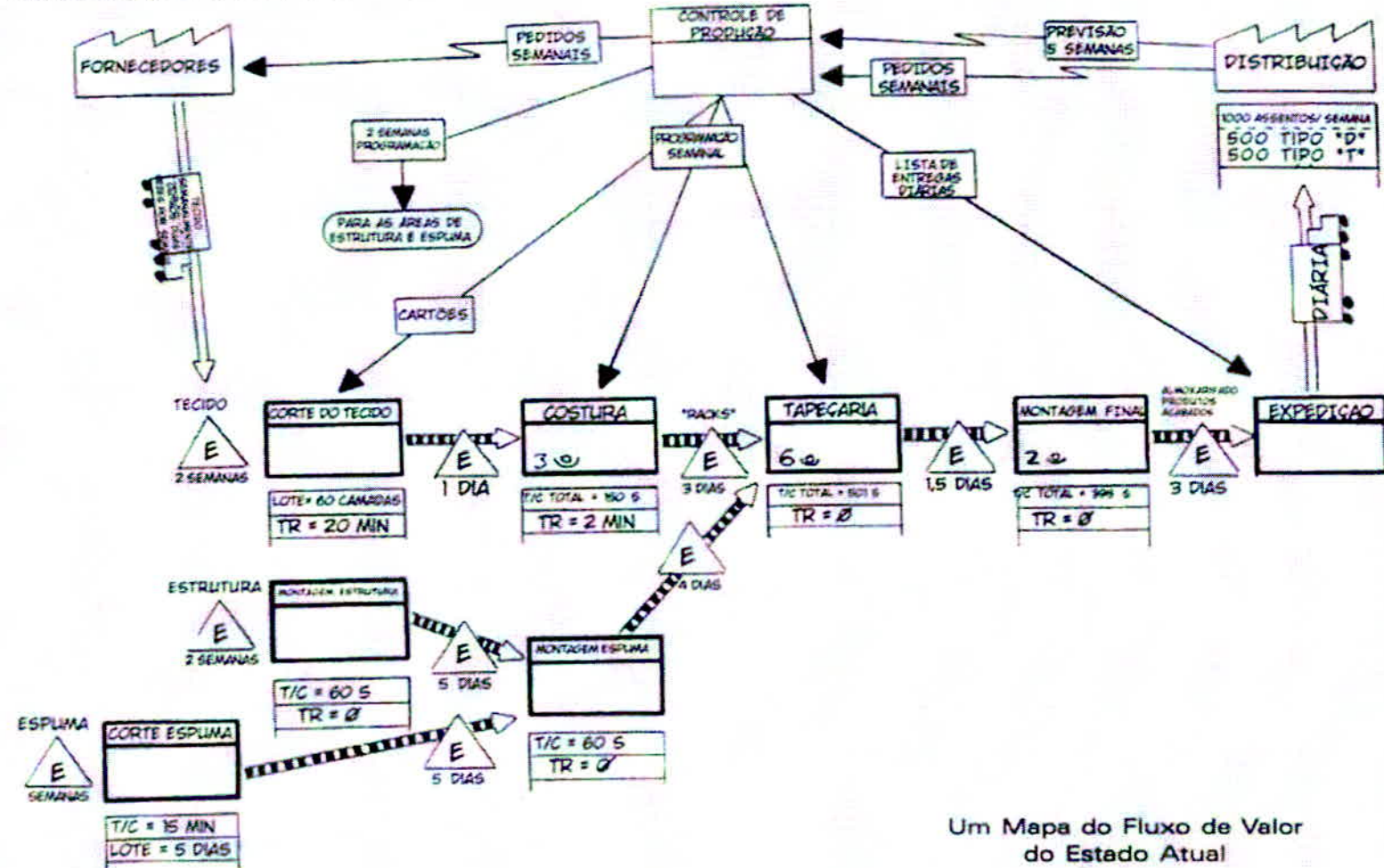
WOMACK, James P. ; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo: baseado no estudo do *Massachusetts Institute of Technology***. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, James P. ; JONES. ***Lean thinking – banish waste and create wealth in your Corporation***. New York: Simon & Schuster, 1996.

YAGEO CORPORATION. **Metal Film Resistors**. [S.l.], 2013. 2 p.

ANEXO A

Figura 11: Mapa do fluxo de valor do estado atual

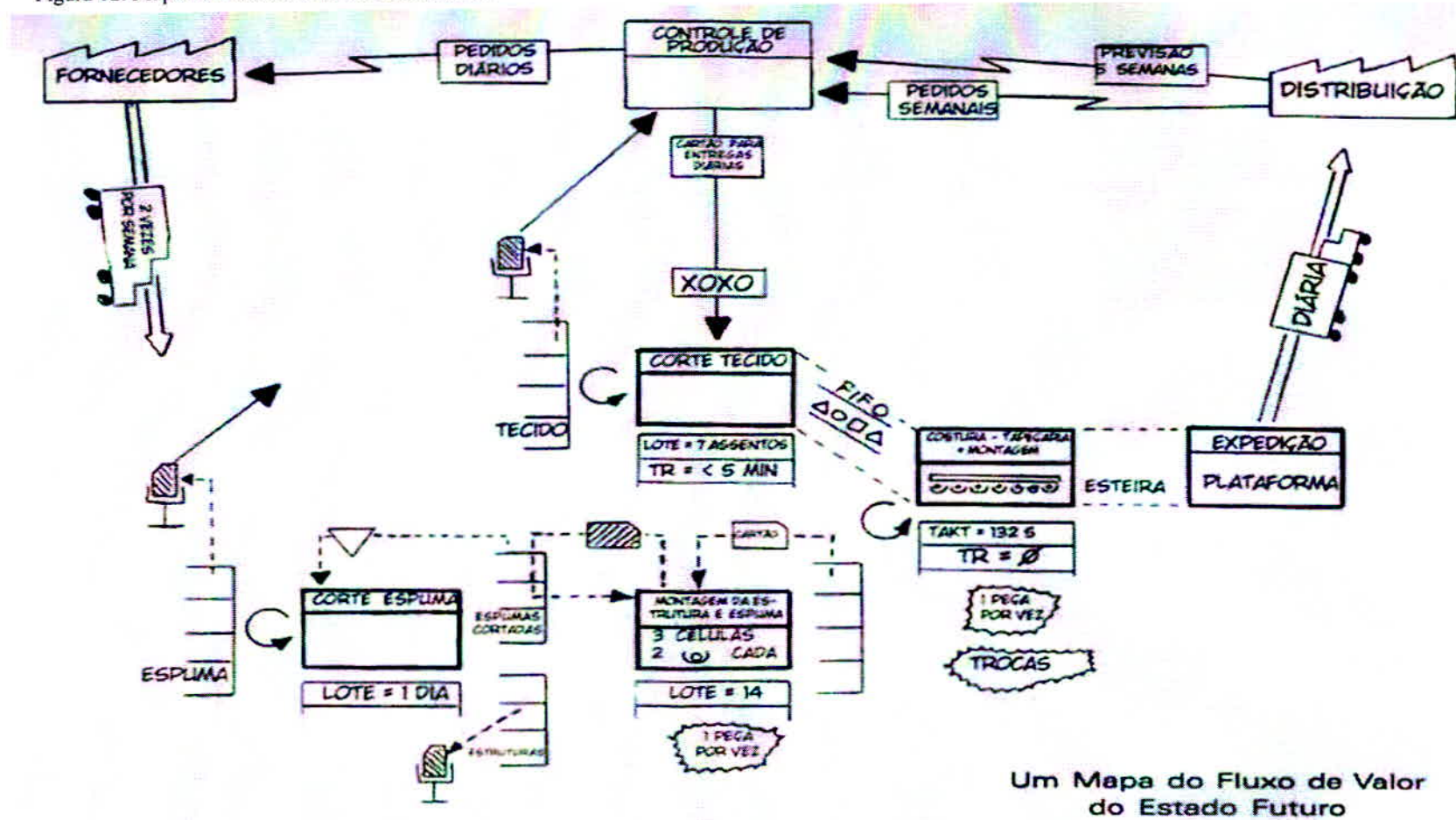


Um Mapa do Fluxo de Valor do Estado Atual

Fonte: (ROTHER, 1999, p.6)

ANEXO B

Figura 12: Mapa do fluxo de valor do estado futuro



Fonte: (ROTHER, 1999, p.7)