

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

CLEBER DIOGO DOS SANTOS ROCHA

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING EM UMA CÉLULA PRODUTIVA DE
UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2017

CLEBER DIOGO DOS SANTOS ROCHA

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING EM UMA CÉLULA
PRODUTIVA DE UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Rodrigo Mandello Rodrigues.

PATO BRANCO
2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

Análise da Aplicação do Lean Manufacturing em uma Célula Produtiva de uma Indústria Metalmeccânica

Cleber Diogo dos Santos Rocha

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 25/09/2017 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Maria Nalu Verona Gomes
UTFPR – Departamento de Mecânica

Prof. Me. Silvana Verona Gomes
UTFPR – Departamento de Mecânica

Prof. Dr. Fábio R. Mandello Rodrigues
(UTFPR) - Orientador

Prof. Dr. Bruno Bellini Medeiros
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a toda minha família, minha base, pelo incentivo e apoio, principalmente por nunca desistirem e nem desacreditarem de mim e dos meus objetivos na graduação, por mais que eu tenha distanciado a conclusão do mesmo. Por me apoiarem quanto às escolhas dos meus desafios, do meu desapego e foco nos meus sonhos e realizações.

Por segundo, gostaria de agradecer aos queridos professores pelos conselhos e conhecimentos ao longo da carreira acadêmica, e principalmente o orientador Fábio Rodrigo Mandello Rodrigues que aceitou este desafio como a minha proposta de trabalho. E, por fim, gostaria de agradecer esta instituição de ensino, a UTFPR, que no Campus Pato Branco aflorou meu potencial profissional e pessoal.

EPÍGRAFE

“A man without vision is a man without future.”
(P. K. BERNARD)

“Um homem sem visão é um homem sem future.”
(P. K. BERNARD)

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1 - Quadro de gestão a vista e gerenciamento implantado
- Anexo 2 - Proposta do kaizen em Formulário A3
- Anexo 3 - Folha padrão do formulário A3 sugerido

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desperdício com excesso de produção	14
Figura 2 - Desperdício com espera	14
Figura 3 - Desperdício em transporte	15
Figura 4 - Desperdício com procedimento extra inadequado	15
Figura 5 - Desperdício com inventário ou estoques	16
Figura 6 - Desperdício com movimentação	16
Figura 7 - Desperdício com defeitos e lotes em retrabalho	17
Figura 8 - Exemplo de um mapeamento completo do fluxo de valor	18
Figura 9 - Símbolos utilizados no Mapeamento do Fluxo de Valor neste trabalho	18
Figura 10 - Métricas Utilizadas no Mapeamento do Fluxo de Valor	19
Figura 11 - Etapas que compõem o mapeamento do fluxo de valor	20
Figura 12 - Foco principal do Kaizen	23
Figura 13 - MASP e PDCA	28
Figura 14 - Células de Manufatura	30
Figura 15 - Fluxograma do processo de fabricação.	35
Figura 16 - Fluxograma Kaizen	37
Figura 17 - Localização da célula em estudo na cadeia produtiva	38
Figura 18 - Fluxograma dos caminhos produtivos da célula em estudo	39
Figura 19 - Ausência de fluxo e excesso de estoque	40
Figura 20 - Armazenagem inadequada	41
Figura 21 - Contentores de estoques intermediários	41
Figura 22 - Mangueira com vazamento	42
Figura 23 - Armazenamento inadequado de ferramentas	42
Figura 24 - Retalhos no piso da célula produtiva	43
Figura 25 - Fiação exposta	43
Figura 26 - Sem armário para armazenamento de objetos pessoais	44
Figura 27 - O quadro de gerenciamento antigo e o proposto “hora-hora”	47
Figura 28 - Como analisar o que agrada valor no VSM	48
Figura 29 - VSM atual do processo manual	49
Figura 30 - VSM atual do processo com robô	49
Figura 31 - Layout atual do processo	53
Figura 32 - Simulação dos processos	53
Figura 33 - Layout futuro do processo	55
Figura 34 - VSM futuro do processo manual	55
Figura 35 - VSM futuro do processo com robô	53
Figura 36 - Diagrama de espaguete do layout atual	53
Figura 37 - Diagrama de espaguete do layout atual e do proposto	53
Figura 38 - Mudança de postura e comprometimento operacional enxuto	58
Figura 39 - VSM sugerido após a aplicação de kaizens em toda planta industrial	60

LISTA DE SIGLAS

MASP	Método de Análise e Solução de Problemas
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
TPS	<i>Toyota Production System</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cronometragem das máquinas de fabricação.....	58
Tabela 2 - Nova distância a ser percorrida por um colaborador com novo layout.....	61

RESUMO

ROCHA, Cleber Diogo dos Santos. Análise da aplicação do Lean Manufacturing em uma célula produtiva de uma indústria Metalmeccânica. 2017. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Pato Branco, 2017.

Em busca por competitividade e produtividade, o mundo corporativo está exigindo uma alta capacidade de flexibilidade das organizações fazendo com que elas busquem alternativas para melhorar o gerenciamento de seus processos a fim de sobreviverem no cenário competitivo, e, neste contexto surge a crescente preocupação com a redução de desperdícios fabris. Há muitos anos, muitas empresas estão se espelhando no Sistema Toyota de Produção, com o foco na melhoria dos seus processos, no clima organizacional e no desenvolvimento das pessoas. Baseado nessa cultura enxuta, este trabalho apresenta uma proposta com mudanças na produção em uma célula produtiva da organização estudada. Além disso, este trabalho foi desenvolvido com o intuito de explicitar os reais benefícios da utilização do conceito de Manufatura Enxuta em uma indústria Metalmeccânica. Através deste, serão destacadas as estratégias e as ferramentas utilizadas com a finalidade de melhorar os processos em alguns aspectos como: redução de movimentação, padronização da produção e redução por volta de 88% do estoque intermediário. Com análises e simulações feitas durante o estudo, foi possível evidenciar melhorias significativas no sistema produtivo proposto, como o aumento da capacidade produtiva e eliminação de desperdícios, impactando diretamente no custo operacional e na cultura da empresa. Concluiu-se que o uso adequado da ferramenta *Kaizen* apoiada na Manufatura Enxuta pode obter ganhos significativos.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta, Desperdício, Fluxo Contínuo, Simulação de produção.

ABSTRACT

ROCHA, Cleber Diogo dos Santos. Analysis of the Lean Manufacturing application in a productive cell of a Metal-mechanic industry. 2017. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Pato Branco, 2017.

Seeking for competitiveness and productivity, the corporate world is demanding a high degree of flexibility by making them look for alternatives to improve the management of their processes to survive in the competitive market reducing waste. Many years ago, many companies are mirroring themselves in the Toyota Production System, with a focus on improving their processes, organizational climate and people development. Based on the Lean Manufacturing culture, this work presents a proposal with changes in production in a productive cell of the organization studied. In addition, this work was developed with the purpose of explaining the real benefits of using the Lean Manufacturing concept in industry. Through this will be highlighted the strategies and tools used for the purpose of improving processes in some aspects such as: reduction of movement, stock reduction around 88% and standardization of production. With analysis and simulations made during the study, it was possible to show significant improvements in the proposed production system, such as the increase of productive capacity and elimination of waste, directly impacting the operational cost and the company culture. It was concluded that the adequate use of the Kaizen tool supported in Lean Manufacturing can achieve significant gains.

Key-words: Lean Manufacturing, Waste, Continuous Flow, Production Simulation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	15
1.2	JUSTIFICATIVA	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Lean Manufacturing	17
2.2	Os 8 desperdícios	19
2.3	As principais ferramentas da manufatura enxuta	23
2.3.1	Mapeamento do Fluxo de Valor (<i>Value Stream Mapping</i> - VSM)	23
2.3.2	Fluxo Contínuo	27
2.3.3	Melhoria Contínua e metodologia <i>KAIZEN</i>	28
2.3.4	Ferramenta 5s	30
2.3.5	Gestão Visual	32
2.4	Ferramentas Auxiliares na manufatura enxuta	32
2.4.1	PDCA	32
2.4.2	Método de Análise e Solução de Problemas – MASP	33
2.4.3	Formulário A3	34
2.5	Simulação de produção	36
2.5.1	Layout Celular	36
2.5.2	Mockups	37
2.5.3	Diagrama de Espaguete	38
2.6	Estudo de casos nas indústrias	38
3	METODOLOGIA DE TRABALHO	40
3.1	Caracterização da empresa e do setor escolhido	40
3.2	Metodologia de Pesquisa e Ação	41
4	RESULTADOS	44
4.1	A célula produtiva em estudo	45
4.2	Identificação de desperdícios	46
4.2.1	Primeiras ações para a melhoria	50
4.3	Mapeamento do processo e simulação com <i>mockups</i>	53
4.3.1	VSM do processo	53
4.3.2	<i>Layout</i> do processo	55
4.4	Proposta de melhorias em formulário A3	62
5	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

Historicamente o ser humano está em constante evolução intelectual e social; e por esse motivo, o desenvolvimento econômico e tecnológico da sociedade cresce e progride a cada ano. A partir da segunda metade do século XX, com o alavancar da sociedade consumista aliada ao investimento em pesquisas que visam aprofundar cada vez mais as ferramentas tecnológicas construídas pelo homem, as transformações em nossa sociedade são cada vez mais visíveis, principalmente diante a influência da tecnologia. Nesse contexto, as empresas que tentam manter-se no mercado veem seus produtos serem substituídos por outros novos produtos qualitativamente superiores, e além de tudo, mais baratos; também se deparam com as exigências governamentais que parecem ser cada vez mais difíceis de serem atingidas; e seus concorrentes estão utilizando equipamentos de alto nível tecnológico, que não só agregam valor aos produtos, como aumentam a qualidade do seu processo de produção.

Sendo assim, o cenário industrial está preso às transformações. Mas se inicialmente as empresas preocupavam-se apenas com o volume de produção, sem levar em consideração o processo de produção em si, o acirramento no ambiente competitivo do mercado, ao longo dos anos, fez com que as empresas revisassem seus processos, de modo a atender as exigências do mercado em relação aos clientes, preços, prazos e qualidade (CAMPOS, 2004).

O Brasil tem experimentado muitas mudanças em seu setor produtivo, principalmente no que diz respeito à Manufatura Enxuta. O setor industrial tem procurado desenvolver formas de gestão que contribuam para o melhoramento contínuo dos seus processos produtivos, e, conseqüentemente, de seu produto final. Segundo Antunes (2008), os novos gestores consideram trazer maior eficiência em seus sistemas produtivos, pois isso influenciará positivamente os fatores de desempenho como: custo, processos, qualidade, flexibilidade e inovação.

Em relação à manufatura enxuta, conforme Ghinato (2000) afirma, ela teve o seu surgimento no Japão, na década de 50, após a Segunda Guerra Mundial. Uma vez que as fábricas no Japão precisavam aumentar a produção ao mesmo tempo em que deveriam otimizar os seus custos; ou seja, era necessário eliminar qualquer desperdício e aumentar a flexibilidade de produção sem perder a qualidade, ou, aumentando-a. Assim, dentre as fábricas que passaram por esse período, podemos

destacar *Toyota Motor Company*, conhecida como a fábrica de automóveis da Toyota, na qual foi aplicada um sistema de produção, ganhando o nome de Sistema Toyota de Produção (STP), ou *Toyota Production System* (TPS), identificado também como Manufatura Enxuta, em inglês *Lean Manufacturing*. Esse sistema foi tão expressivo e pertinente, que acabou sendo difundido entre diversas fábricas e diversos setores, para além do setor automotivo.

Ainda, a competitividade entre as empresas é cada vez maior e por isso há busca contínua pela melhoria do que se produz. A busca pela melhoria permite que haja de um lado a redução dos custos de produção, a redução dos desperdícios, a redução da movimentação, e por outro lado, o aumento da capacidade produtiva vinculada ao aperfeiçoamento dos processos produtivos, e também, a eliminação de operações no percurso da fabricação dos produtos (CAMPOS, 2004).

Isso posto, é preciso pensar que as práticas que orientavam a organização mercantil, ainda no século passado, diante o preço do produto, eram independentes da eficiência do processo produtivo, administrativo ou da qualidade do produto, ou seja, era o consumidor quem arcava com os custos do fabricante, inclusive aqueles relacionados à ineficiência dos processos produtivos. Esta condição do mercado consumidor sofreu profundas mudanças ao longo do tempo devido à concorrência e a globalização dos mercados consumidores. Neste novo cenário, as empresas tiveram que se adaptar à nova realidade, onde não era mais possível cobrar pela ineficiência de seus processos, apenas aplicando uma margem de comercialização sobre os custos.

Por isso, um novo conceito de valor de produto provocou uma grande mudança nos processos produtivos e nas organizações que foram em busca de melhorias para seus processos com objetivo de alcançar uma maior eficiência nas suas atividades fabris. A implicação desta mudança nos leva a concluir que não se deve agregar qualquer tipo de valor a um produto que não possa ser notado pelo consumidor, que não o pagará mais caro.

A partir deste contexto, conclui-se que o principal ponto para redução dos custos é a identificação das atividades que não agregam valor aos produtos para o consumidor, a estas atividades denominamos desperdícios (BERTINI, 2010). Nessa perspectiva, o Sistema Toyota de Produção, ou STP, além de tentar aperfeiçoar o que há de melhor na mão de obra humana, também cultiva a cultura baseada em uma filosofia de vida de origem japonesa chamada *Kaizen*. Isto é, o *Kaizen* indica a busca

contínua na melhoria, e não está apenas relacionado às organizações mercantis, mas também se aplica a busca pela melhoria contínua na vida e no trabalho das pessoas. Assim, como o objetivo de toda empresa é, geralmente, reduzir ao máximo os seus custos sem deixar de oferecer um produto com qualidade, no tempo em que o cliente deseja, as filosofias e metodologias do *Kaizen* são ferramentas que podem auxiliar a gestão da empresa.

Levando em consideração o que fora exposto, a proposta elaborada neste estudo é possível ser realizada por ter sido constituída juntamente com a implantação do conceito de *Lean Manufacturing* em uma indústria Metalmeccânica. Na empresa em questão, foi constatado que havia muitos fatores que determinavam os resultados da produção, tais como: desperdício de tempo, estoques excessivos, ausência de fluxo, acúmulo de sucata, contentores com excesso de produto (peso), movimentação em excesso, carência-falha na organização, insuficiência no domínio para melhorar o controle do processo, qualidade operacional insatisfatória, transporte manual desnecessário, armazenamento inadequado do produto final, entre outros. Deste modo, este trabalho objetiva entregar uma proposta de implantação do *Kaizen* na empresa, para que a mesma obtenha melhoria na fabricação de componentes soldados, usinados e conformados em uma célula de produção de uma indústria Metalmeccânica, com a intenção de reduzir o tempo do operador de produção e proporcionar a redução do ciclo de tempo do produto na célula produtiva.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a aplicação de uma metodologia de identificação de desperdícios e plano de ação para uma célula produtiva industrial por meio do *Lean Manufacturing* propondo melhorias na célula produtiva analisada.

Como objetivos específicos:

- Evidenciar os benefícios obtidos na utilização do conceito de Manufatura Enxuta por uma fábrica através de técnicas de engenharia;
- Identificar desperdícios e propor mudanças para eliminá-los através de eventos *Kaizen* no processo de produção;
- Evidenciar os ganhos no processo produtivo analisado em relação à produtividade, custo, tempo, otimização de *layout*, movimentação do operador, comprometimento e participação dos funcionários;

- Mudar mentalidade administrativa da empresa, saindo da estratégia de produção em massa, para o advento do sistema Toyota.

1.2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista o contato com a geração e controle de informações gerenciais dentro da indústria em estudo, este trabalho traduz o desenvolvimento do tema em uma identificação da necessidade de traçar planos de ação capazes de aumentar a eficiência produtiva da empresa através do *Lean Manufacturing*. Esse trabalho se torna acessível devido aos conhecimentos do autor que possui certificação *Green Belt* em *Lean Six Sigma*, sendo um facilitador durante a pesquisa em ação.

O objetivo do trabalho se justifica, na medida em que a empresa, no passado, fez tentativas de utilizar ferramentas *Lean* sem sucesso devido a problemas estruturais, falta de capacitação, planejamento e metodologia sistemática. Atualmente, a direção da empresa percebe a necessidade de reinvestir nesta forma organizacional.

A empresa em estudo apresenta a necessidade de avaliar a qualidade da produção nas células de manufatura, pois os índices de sucata e retrabalho são significativos, em média 8% da produção, requerendo ações de melhorias nos processos. Com eventos *Kaizen*, a avaliação deste sistema poderá atuar e auxiliar como forma de melhoria do processo e participação na gestão de operações.

O presente estudo procura evidenciar os benefícios obtidos com a utilização da Manufatura Enxuta, a qual pode ser denominada como a essência da engenharia por manter o foco no aumento de produtividade e na redução dos desperdícios. Através da demonstração das ferramentas de Engenharia e da fundamentação teórica, é possível fazer uma relação da prática com a teoria adquirida no curso de Graduação de Engenharia de Mecânica, onde todos engenheiros devem conhecer as ferramentas do *Lean Manufacturing* para concluir projetos atingindo seu menor custo. Ter conhecimento da manufatura enxuta no início do projeto é eliminar qualquer imprevisto e ampliar ganhos produtivos e financeiros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico do trabalho tem por finalidade explicar os conceitos teóricos de diferentes autores acerca do tema, que servem de suporte para o desenvolvimento do

estudo. Entre os assuntos explorados estão os aspectos conceituais do *Lean Manufacturing* e suas ferramentas.

2.1 Lean Manufacturing

Lean Manufacturing, nome dado ao Sistema Toyota de Produção, pode ser traduzido como “Produção Enxuta” e é uma forma de organizar a produção para que toda a perda de processo seja eliminada ou reduzida. A produção enxuta é uma filosofia de gestão que surgiu no Japão pós Segunda Guerra Mundial em um contexto onde a economia do país exigia uma alta produção com uma vasta gama de produtos. O Sistema Tradicional de Produção, conhecido como produção em massa, conseguia atender ao quesito de demanda, porém não era capaz de atender à exigência de diversidade de produtos. A partir deste contexto, foram Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota, que compreenderam que a manufatura em massa não funcionava mais, então, adotaram uma nova prática de produção, a qual tem como objetivo a eliminação de desperdício (WOMACK e JONES, 1998).

Definindo a produção em massa, esta visa produzir mais, em maior velocidade e de maneira mais barata, na perspectiva do custo direto de cada item, ao contrário do modelo desenvolvido pela Toyota, onde o excesso de produção deve ser evitado por visar a redução ou eliminação de desperdícios e estoque, tanto de peças quanto de dinheiro.

Com a deterioração da produção em massa, o novo modelo surgiu com o foco na qualidade e na competitividade, tendo em vista o desenvolvimento de habilidades e aptidões dos envolvidos. Como resultado, a indústria japonesa começou a invadir o mercado com produtos inovadores de boa qualidade e de baixo custo, estabelecendo as bases para o surgimento da produção enxuta (WOMACK e JONES, 1998).

Essa prática veio atender as necessidades de mercado direcionadas ao aumento de produtividade através da redução de desperdício. O *Lean Manufacturing* permite com isso maior flexibilidade no processo de manufatura com maior variedade de produtos. De maneira abrangente, o *Lean Manufacturing* é definido como uma prática que busca eliminar desperdícios identificando assim pontos de melhorias, essas melhorias são alcançadas pela busca contínua da redução, seja ela de custos ou de tempo, abrangendo mão-de-obra, matéria-prima, equipamentos e pontos de melhoria de fluxo. Ou seja, o sistema que não tem custo para o cliente.

Segundo Womack e Jones (1998), *Lean Manufacturing* é um sistema de gestão da produção que promove um combate total aos desperdícios. Já para Rachna Shah (2002) a Produção Enxuta é uma abordagem multidimensional que engloba uma ampla variedade de práticas gerenciais de forma integrada atendendo a demanda exigida pelos clientes com pouco ou nenhum desperdício.

Além, disso, para Ghinato;

O Sistema Toyota De Produção é uma filosofia de gerenciamento que procura aperfeiçoar a organização de forma a atender às necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização. (GHINATO, 2000)

Com o sistema tradicional de produção obsoleto, o conceito *Lean* surgiu com o objetivo de administrar o setor de produção em grandes organizações, tornando empresas ainda mais competitivas e com estratégias adequadas às suas necessidades. Não somente as mudanças no estilo gerencial ou no tipo de produção, mas também prover melhores condições no ambiente de trabalho e investimentos em inovações tecnológicas fez com que algumas empresas mudassem completamente sua estrutura para atender à nova realidade.

Ghinato (2000) explica de que maneira a Toyota reduz os seus custos a partir da eliminação das perdas:

Na Toyota, a redução dos custos através da eliminação das perdas passa por uma análise detalhada da cadeia de valor, isto é, a sequência de processos pela qual passa o material, desde o estágio de matéria-prima até ser transformado em produto acabado. O processo sistemático de identificação e eliminação das perdas passa ainda pela análise das operações, focando na identificação dos componentes do 35 trabalho que não adicionam valor. Na linguagem da engenharia industrial consagrada pela Toyota, perdas (MUDA em japonês) são atividades completamente desnecessárias que geram custo, não agregam valor e que, portanto, devem ser imediatamente eliminadas (GHINATO, 2000, pág. 2).

Para Kern (2005) este novo modelo de produção, *Lean Production*, aplica novas técnicas para diminuir estoques, produzir em pequenos lotes e elevada qualidade de produtos, gerar cooperação na cadeia produtiva. Aliado a estes fatores, o aumento da produtividade também acontece no novo sistema de produção, e este se torna possível por dois métodos: aumento constante das quantidades produzidas ou diminuindo a quantidade de trabalhadores, a Toyota escolheu a segunda opção.

Para atingir os objetivos de projetos enxutos, o *Lean Manufacturing* possui um conjunto de técnicas de gestão da produção e algumas são apresentadas por Fujimoto (1999), tais como, a redução de perdas, balanceamento do fluxo da produção e diminuição de carga de trabalho; redução de estoques pela utilização do *Kanban*, o nivelamento do volume de produção e do mix de produtos, a redução dos tempos de preparação e dos tamanhos de lote, lotes unitários de transferência entre máquinas, posicionar os trabalhadores e tarefas multifuncionais em um *layout* celular, bem como, detecção automática de defeitos e parada automática de máquinas (*poka-yoke*), dar respostas em tempo real aos problemas de produção, as atividades de inspeção devem ser feitas diretamente pelos trabalhadores e a limpeza, ordem e disciplina no local de trabalho, também. Deve haver o gerenciamento visual, ferramentas padronizadas de melhoria da qualidade e a atuação dos trabalhadores na manutenção produtiva.

Além do conhecimento sobre o modelo Toyota de produção, o desempenho almejado pela Toyota exige assumir compromissos focados no novo conceito, técnicas e total participação das pessoas, da alta direção aos colaboradores, no processo de tomadas de decisões e de identificação de pontos de melhorias, estrategicamente envolvendo todos os participantes do projeto, em busca da melhoria organizacional e da cadeia produtiva.

2.2 Os 8 desperdícios

De acordo com Lima (2007), o STP consiste na produção de bens e serviços, com baixo custo e eliminação de desperdícios. Entretanto, as empresas costumam desenvolver seus processos produtivos de maneira isolada e geram um volume de estoques entre as operações, imobiliza capital e evidencia o tipo de produção e o gerenciamento do processo.

Para Womack e Jones (1998), desperdício é caracterizado por qualquer atividade capaz de absorver recursos e que não gera valor. Deste modo, para atingir a excelência da produção enxuta e a eficiência do Sistema Toyota de Produção, é fundamental eliminar desperdícios encontrados no processo.

Liker e Meier (2007) descrevem sete tipos de desperdícios, também considerados como perdas, aliados com um oitavo desperdício que também não agrega valor, identificados pela Toyota e que são aplicadas em processos

administrativos e na produção, sendo estas perdas descritas a seguir com algumas fotos ilustrativas da empresa aqui estudada de um modo geral.

Existe a 'superprodução' que se refere àquela produção excessiva ou realizada antecipadamente e que resulta em um fluxo pobre de peças e de informações ou mesmo excesso de inventário. Para Riani (2006) esse tipo de perda é o pior, pois além de ser muito difícil de ser eliminado, cria um incontável número de outros desperdícios, como por exemplo, área de estoque, deterioração, custos de energia, manutenção de equipamentos e problemas operacionais;

Figura 1 - Desperdício com excesso de produção.



Fonte: Autor, 2017.

Já a 'espera' caracteriza-se por longos períodos de ociosidade de pessoas, processos e informações, resultando também em fluxo pobre, bem como *lead time* muito longo.

Figura 2 - Desperdício com espera.



Fonte: Autor, 2017.

O 'transporte excessivo' consiste na movimentação excessiva de pessoas, informações, processos ou peças acabadas e que geram investimento desnecessário de capital no momento, tempo e energia, como mostra a figura abaixo. Riani (2006)

ressalta que o excesso de movimentação também gera estoques temporários na produção;

Figura 3 - Desperdício em transporte.



Fonte: Autor, 2017.

‘Processos inadequados’ ou ‘super-processamento’ é a utilização incorreta de ferramentas, sistemas ou procedimentos, ou devido à falta de qualidade destes, que geram defeitos e deslocamentos desnecessários. Gera-se a perda com produtos de qualidade maior que a necessária, além da realização de trabalho extra quando há excesso de tempo;

Figura 4 - Desperdício com procedimento extra inadequado.



Fonte: Autor, 2017.

O ‘inventário desnecessário’ é quando há armazenamento excessivo, a falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos, *lead time* longo, defeitos e baixo desempenho do serviço prestado ao cliente, ou seja, demonstra a falta de

equilíbrio da produção, atraso na entrega, maior tempo de preparação de máquinas e equipamentos (*setup*), etc. Riani (2006) define este tipo de desperdício como um recurso financeiro aprisionado no sistema produtivo, evidenciado na figura abaixo.

Figura 5 - Desperdício com inventário ou estoques.



Fonte: Autor, 2017.

A falta de organização gera o ‘movimento desnecessário’ que ocorre no ambiente de trabalho, gera movimentações que não agregam valor ao produto, baixo desempenho a nível ergonômico e perdas frequentes de itens;

Figura 6 - Desperdício com movimentação.



Fonte: Autor, 2017.

‘Produtos defeituosos’ referem-se à produção ou mesmo a correção de produtos defeituosos, ou seja, retrabalho (exposto na figura a seguir), descarte, substituições e inspeções, isto é, ações que demandam mais tempo que o necessário. Podem ser mais frequentes problemas de qualidade do produto ou baixo desempenho durante a entrega. Para Riani (2006) o desperdício por produtos defeituosos significa

desperdiçar materiais, disponibilidade de mão de obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação de materiais defeituosos e inspeção de produtos.

Figura 7 - Desperdício com defeitos e lotes em retrabalho.



Fonte: Autor, 2017.

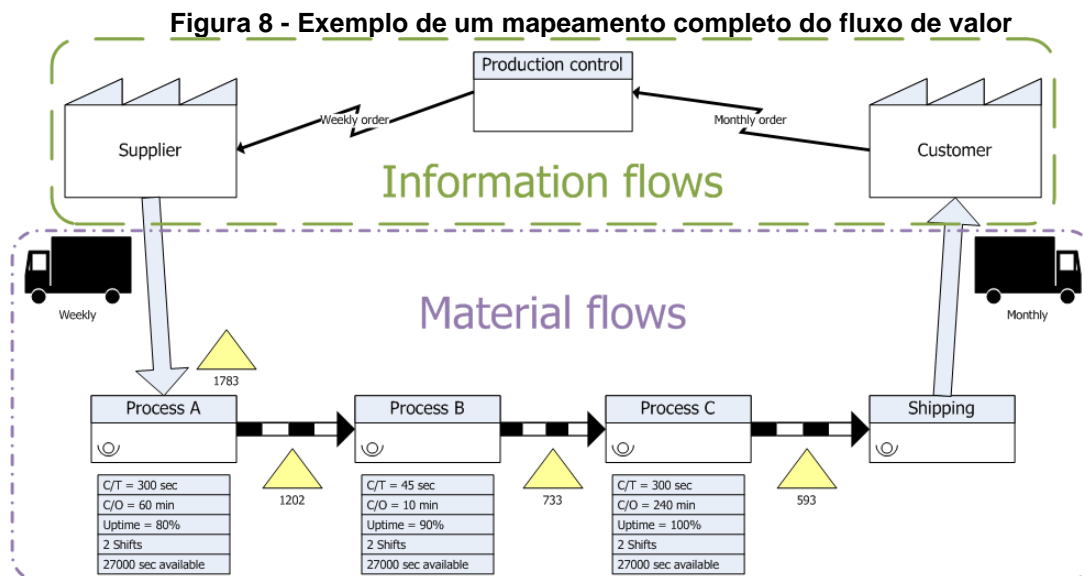
Liker e Meier (2007) ainda acrescentam um oitavo tipo de desperdício que é a 'não utilização da criatividade de funcionários', não se consideram o envolvimento do funcionário quanto ao processo de melhoria, oportunidades, ideias e habilidades. Entretanto, a identificação e a eliminação de tais desperdícios não são um processo fácil, requer disciplina, envolvimento de todos e escolhas de elementos e ferramentas adequadas à solução dos problemas.

2.3 As principais ferramentas da manufatura enxuta

Para alcançar o objetivo, a produção enxuta utiliza ferramentas e técnicas que auxiliam o processo decisório e a visualização do processo como um todo, destacando-se o Mapeamento do Fluxo de Valor; *Layout Celular*; Mapeamento das atividades de processo, Fluxo Contínuo, *kaizen*, padronização, 5s, redução de *setup* e gestão visual.

2.3.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping - VSM*)

O VSM é considerado um dos primeiros caminhos a serem seguidos para a Produção Enxuta, principalmente por possibilitar uma visão sistêmica de todo o processo produtivo, do fluxo de valor, identificação dos reais problemas, dos desperdícios e da busca por melhorias (PASQUALINI, 2005). O mapeamento do fluxo de valor é capaz de analisar etapas que criam valor ao produto, as que são necessárias e não agregam valor e as que não agregam valor e tem de ser eliminadas.



Fonte: Wikipédia (2017).

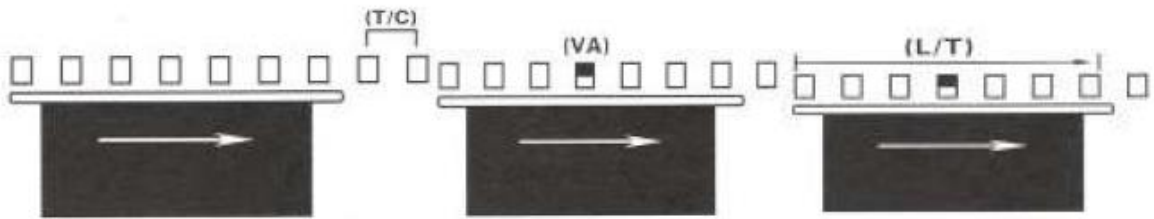
O VSM utiliza simbologias próprias que explicitam locais de estoques, tempos de processamento, *lead time*, produção empurrada ou puxada, entregas, etc. Abaixo, estão as simbologias elucidadas neste trabalho.



Fonte: Autor, 2017.

Além das simbologias próprias, o VSM também possui suas métricas denominadas de tempo de ciclo (T/C), tempo de agregação de valor (V/A) e *lead time* (L/T), ilustradas na Figura 10. Tais informações são devidamente medidas e registradas nas caixas de dados existentes no VSM, acerca de cada uma das atividades que compõem o fluxo de valor.

Figura 10 - Métricas Utilizadas no Mapeamento do Fluxo de Valor.



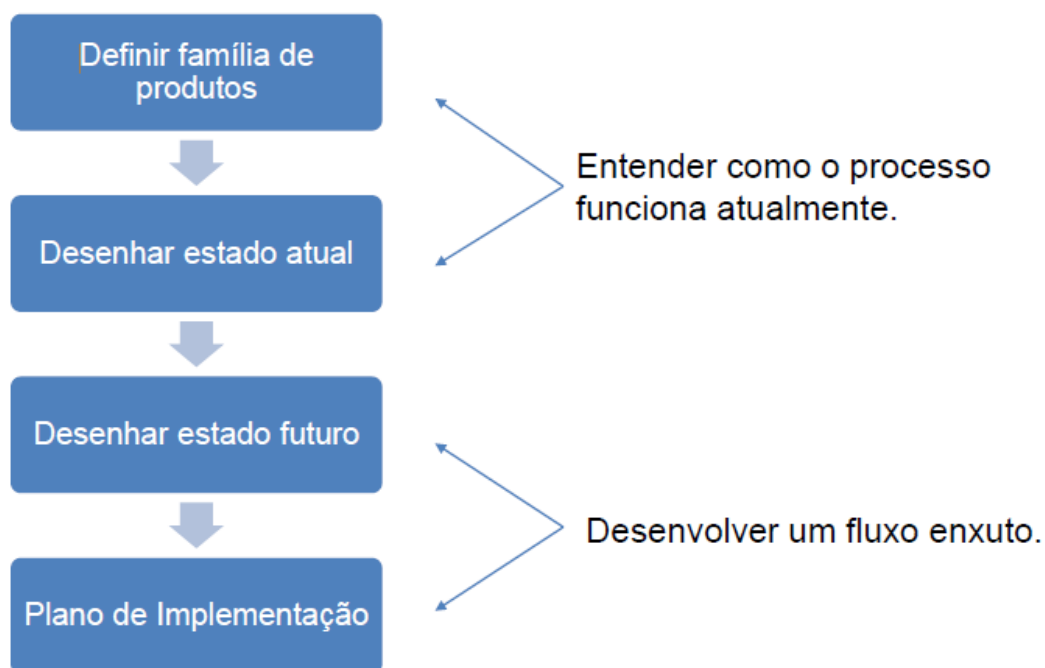
Fonte: WOMACK e JONES (1998).

Basicamente, o VSM consiste em quatro etapas: seleção da família de produtos, mapa do estado atual, análise do mapa do estado atual e mapa do estado futuro. Para tanto, autores como Womack e Jones (1998) descrevem algumas etapas a serem desenvolvidas na prática, para o desenho do VSM sendo, basicamente, as seguintes:

- I. Selecionar uma família de produtos, ou seja, um grupo com etapas semelhantes de processamento e que utilizam equipamentos similares em seus processos;
- II. Identificar o fluxo de material, os lugares de acúmulo de estoque, desenhando-os no mapa da situação atual, já que indicam a parada do fluxo;
- III. Elaborar o mapa do estado futuro de como o seu valor deveria fluir, segundo fluxos futuros melhorados tanto de material quanto de informação;
- IV. Desenvolver um plano de implementação, descrevendo o planejamento para se chegar ao estado futuro e aplicá-lo o quanto antes e um novo mapa é desenhado visando melhoria contínua do fluxo de valor. Assim sendo, sempre haverá um mapa do estado futuro a ser implementado, que elimine fontes de desperdício e realmente agregue valor ao cliente.

De forma resumida, tem-se o esquema ilustrado abaixo:

Figura 11 - Etapas que compõem o mapeamento do fluxo de valor.



Fonte: Autor, 2017.

No mapa do estado futuro, o fluxo de valor da produção enxuta busca ligar os processos, do cliente à matéria-prima, em um fluxo contínuo completo, com menor *lead time*, alta qualidade e custo mais baixo, de acordo com os princípios enxutos descritos anteriormente. O sistema puxado é com base em supermercados, quando o cliente retira somente o que precisa e quando precisa, ou seja, o processo fornecedor produz apenas para o reabastecimento, criando um *lead time* curto e pequeno estoque de produtos acabados.

Diante dos mapas do estado atual e futuro, Maia e Barbosa (2006) listam as principais vantagens do uso desta ferramenta:

- I. Simplicidade, provisão de mudanças e elaboração de melhorias do processo;
- II. É um mecanismo de monitoração;
- III. Eliminação de desperdício e otimização do fluxo do processo de manufatura e de equipamentos;
- IV. Facilita para a alta administração, o real conhecimento e controle do processo produtivo;
- V. Real capacidade produtiva da fábrica e do *lead time*;
- VI. Viabilização de recursos (matéria-prima e mão-de-obra).

2.3.2 Fluxo Contínuo

Como visto anteriormente, com o uso da ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor é possível gerar benefícios ao cliente, especialmente quando se deseja criar um fluxo contínuo baseado no processo puxador.

De acordo com os princípios descritos, a produção enxuta objetiva o fluxo de valor enxuto da matéria-prima ao produto acabado, considerando o todo e não somente os processos individuais, sempre buscando melhorá-lo em termos de fluxo de material e informação. Um dos princípios apresentados por Womack e Jones (1998) refere-se à implementação da produção puxada nos processos. Esse princípio, segundo Rother e Shook (2003), é caracterizado pela produção de uma peça por vez, onde os itens passam entre os processos sem haver interrupções.

O conceito de fluxo contínuo, segundo Tapping e Shuker (2003), é a capacidade de produzir somente o que é necessário para o momento, nem mais e nem menos. O importante desta abordagem de produção é que se eliminam os desperdícios de todas as formas. No entanto, a diferença entre o princípio produção puxada e a ferramenta fluxo contínuo residem no fato deste último requerer um sistema de produção puxada, isto é, a produção puxada pode não necessitar do fluxo contínuo. Essa técnica é uma das principais na produção enxuta, amplamente difundido e com poucas tentativas bem-sucedidas, segundo Rother e Harris (2002), especialmente devido à concentração maior no desenvolvimento de *layouts* ao invés da real criação e manutenção de um fluxo contínuo eficiente. Para tal êxito, em boa parte dos casos, é necessária a formação de células de produção que trabalhem em um fluxo contínuo.

No entanto, ainda há o predomínio de produção em ilhas isoladas onde é possível observar vários desperdícios especialmente quanto aos estoques entre os processos de produção. Nesse contexto, em parte dos casos se modifica o *layout* visando melhorias no processo produtivo, sendo assim, para cada realidade existe uma solução considerada boa, cabem adequações desde que haja habilidade na identificação, conhecimento acerca da ferramenta e atitude para prover mudanças.

Dessa forma, a criação do fluxo contínuo não se limita ao processo puxador, estende-se a qualquer tipo de processo produtivo, de forma que o produto possa fluir ao longo da cadeia do fluxo de valor. Para Rother e Shook (1999), criar o fluxo de valor enxuto requer uma técnica mais apropriada, conhecida como mapeamento do

fluxo de valor, descrita no tópico anterior. Assim sendo, a aplicação dos conceitos de fluxo contínuo em um processo puxador apresenta inúmeras vantagens para linha de produção, como, a redução do *lead time*, a diminuição do tempo de movimentação, controle da área de trabalho e flexibilidade nas trocas de demanda do consumidor, redução de movimentação de pessoas e cria-se a habilidade para identificar problemas e tratá-los mais cedo, gerando assim, menor frustração dos trabalhadores.

2.3.3 Melhoria Contínua e metodologia **KAIZEN**

Kaizen é uma das práticas que explicam a notável excelência operacional das empresas japonesas, é a origem da melhoria contínua para superar a qualidade. Liker (2005, p. 44) define melhoria contínua como um processo de realizar melhorias, mesmo pequenas, e atingir a meta enxuta de eliminar todo o desperdício que adiciona custo sem agregar valor.

O Evento *Kaizen*, ocorre de forma a obter pequenas evoluções, porém continuadas, mas que venham a fazer parte da cultura da empresa sendo executadas natural e repetitivamente pelos funcionários, que buscam melhorar suas práticas rotineiramente, trazendo, ao longo do tempo, sensíveis vantagens a seus processos, e não como um marco ou saltos de transformação.

A prática *Kaizen* está baseada na eliminação de desperdício com base no bom senso, no uso de soluções baratas que se apoiem na motivação e criatividade dos colaboradores para melhorar a prática de seus processos de trabalho, com foco na busca pela melhoria contínua (BRIALES, 2005). Essa pode ser aplicada em qualquer processo produtivo em que exista um padrão nas tarefas ou atividades. E para Rother e Shook (2003, p. 8), os *Kaizens* são divididos em dois níveis:

Kaizen de fluxo: ou de sistema, que enfoca no fluxo de valor, tem atuação sistêmica. [...]

[...] *Kaizen* de processo: enfoca em processos individuais, dirigidos às equipes de trabalho e líderes de equipes. (ROTHER E SHOOK, p. 8 2003)

Neste contexto, Briales (2005) diz que para que os trabalhos de *kaizen* sejam desenvolvidos, torna-se necessária a definição de metas e objetivos que serão utilizados pelo grupo como direcionadores das atividades. Os objetivos devem ser definidos de maneira reduzida e as metas devem ser arrojadas para motivar o grupo de desenvolvimento à busca pela melhoria contínua.

O *Kaizen* vem contribuir para a empresa de diferentes formas, tendo como principais objetivos o aumento de produtividade, a redução do *lead-time*, redução do estoque em processo, criação de um fluxo uniforme de produção, redução do tempo de *setup*, melhorias ergonômicas e segurança, melhoria da qualidade, padronização de operações, dentre outros. A metodologia do *kaizen* de melhoria contínua combina várias ferramentas de manufatura enxuta como: Sistema de (Gerenciamento Visual) de organização no posto de trabalho, padronização, redução de *setup*, etc. Esta é implantada na Empresa com o Evento *Kaizen*. A metodologia *kaizen* tem como foco principal atacar os 8 tipos de desperdícios, discutido em um dos tópicos anterior deste trabalho, sendo evidenciado na figura abaixo:

Figura 12 - Foco principal do Kaizen.



Fonte: Autor, 2017.

Os objetivos determinados pelo Evento *Kaizen* são agressivos, o que na realidade devem ser, pois este Evento *Kaizen* tem por finalidade mudar uma situação atual (produção) a qual não está sendo satisfatória. Desta forma os participantes do projeto sentem-se a princípio um pouco perdidos, inibidos ou limitados para agir.

2.3.4 Ferramenta 5s

'5s' é compreendido como um sistema de etapas e procedimentos, usado a nível individual ou em equipe de forma a definir as áreas para melhor aperfeiçoar desempenho, conforto, segurança e limpeza (Peterson e Smith, 1998).

A aplicação dos cinco pilares dos 5s é o ponto de partida para o desenvolvimento e melhoria de atividades que garantem a sustentabilidade da empresa. Os 5s provêm de cinco palavras Japonesas começadas por "s" que se dividem da seguinte forma:

1º Seiri – Separação

Consiste na separação de todos os itens do posto de trabalho não necessários na produção atual. Artigos que não têm utilidade são considerados sucata, os que têm utilidade, mas não se usam atualmente ficam guardados num armazém de espera até serem necessários e se após um tempo, estabelecido pela equipa 5s, não forem necessários, podem ser reciclados ou considerados sucata.

2º Seiton – Arrumação

Colocação de artigos de forma organizada permitindo o fácil acesso e identificação com um menor tempo de procura. A arrumação deve ser efetuada logo após a separação, para que os produtos remanescentes na produção possam ser também arrumados de imediato. A arrumação deve obedecer a critérios lógicos, sendo preferível que os materiais de uso corrente fiquem mais próximos do que aqueles usados com menor frequência.

3º Seiso – Limpeza

Essa operação deve ser efetuada de forma a manter um ambiente de salubridade, higienização e organização, devendo ter-se especial atenção às operações de limpeza e manutenção das máquinas. A qualidade do produto final será positivamente influenciada por uma maior e melhor operação de limpeza, sendo de particular relevância a adopção de mecanismos que a potenciem.

4º Seiketsu – Normalização

Criação de normas estandardizadas para a separação, arrumação e limpeza, nos postos de trabalho. Este é um método usado para manter os três primeiros pilares dos 5s. Sendo benéfica a criação de um sistema de identificação visual, onde se potenciará o aproveitamento de tempo e reduzirá movimentos perdidos, como por exemplo, identificação de ferramentas. Pode ser usado um bom processo como

exemplo para corrigir situações similares no *gemba*. Porém, mas o mais relevante será elaborar conjuntamente com as listas de tarefas de manutenção tarefas de limpeza, para que todos os trabalhadores sejam responsáveis pela limpeza dos seus postos (Hirano, 1996).

5º Shitsuke – Disciplina

É o desenvolvimento de procedimentos corretos para a sustentação dos quatro primeiros pilares. Uma incorreta implementação desta etapa deitará por terra os esforços e resultados obtidos nas anteriores fases de produção. Desta forma, deverá haver uma constante preocupação em alcançar melhorias, criando-se conjuntamente mecanismos de motivação destinados a diminuir a resistência à continuidade dos 5s.

Os principais benefícios e objetivos da implantação dos 5s são:

- I. Aumento da diversidade de produtos;
- II. Aumento da qualidade do produto final;
- III. Baixa nos custos de produção;
- IV. Incentivo à fiabilidade de entregas;
- V. Promoção de segurança no trabalho;
- VI. Aumento da confiança do cliente;
- VII. Promoção do crescimento da empresa
- VIII. Desenvolvimento do trabalho em equipe.

2.3.4.1 Auditoria

Após a implantação dos 5s é necessária uma manutenção para que os conceitos não retrocedam, de forma que são feitas mensalmente auditorias internas, para que os colaboradores não deixem de aplicar todos os dias os conceitos dos 5s. É escolhido um grupo de pessoas, que já foram treinados para a implantação inicial do 5s's, onde os mesmos passarão por treinamento de Auditoria interna, que tem por objetivo avaliar a eficácia e adequação do Sistema da Qualidade 5s's implantado ou em implantação.

A auditoria da Qualidade pode ser conceituada como uma atividade formal e documentada, executada por pessoal habilitado, que não tenha responsabilidade direta na execução do serviço em avaliação e que se utilizando do método de coleta de informações baseada em evidências objetivas e imparciais.

É importante destacar que a auditoria não deve limitar-se a registrar somente os aspectos negativos, mas também os aspectos positivos do Sistema da Qualidade, para que os colaboradores se sintam encorajados a estar sempre em melhoria contínua. Existem várias auditorias da qualidade acontecendo nas indústrias, estas variam dependendo da área de atuação da empresa, devido a exigências legais para ser permitido o comércio do produto ou serviço, ou simplesmente certificação para atrair mais clientes. Um exemplo é a certificação da ISO 9001, que apesar de ser exigido pelo setor automobilístico, muitas outras empresas de outros ramos buscam esta certificação ou usam este tipo de auditoria interna para manter o sistema em ordem assegurando a qualidade do produto e processo.

2.3.5 Gestão Visual

Esta aplicação tem a finalidade de simplificação de toda a informação fornecida durante o fluxo de valor através da aplicação e constante melhoria de sistemas visuais nos processos e/ou atividades cotidianas permitindo uma melhor comunicação entre turnos e departamentos, resposta a anormalidades e mudanças culturais. A gestão visual está intrinsecamente relacionada com 5S, e é a colocação em local fácil de ver de todas as ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção, de maneira que a situação do sistema possa ser entendida rapidamente por todos os envolvidos.

2.4 Ferramentas Auxiliares na manufatura enxuta

2.4.1 PDCA

O ciclo PDCA é um dos métodos utilizados para o melhoramento contínuo, buscando melhorar a qualidade na medida em que proporciona resolver problemas, otimizar processos, métodos e melhorar a vida dos colaboradores dentro de uma organização (VICTOR & GOMES, 2007). Este ciclo é um método utilizado para o gerenciamento do processo que possui quatro etapas e tem sido um apoio nas organizações que procuram vantagem competitiva.

O 'P' significa planejar e tem como finalidade estabelecer os objetivos e processos necessários para fornecer resultados conforme os requisitos pré-determinados, sendo a análise do processo a fase inicial do planejamento.

Algumas atividades podem ser realizadas para uma análise com resultados positivos, como levantamento e análise de dados e elaboração de análise de causa e efeito. A letra 'D' é o fazer/executar e nesta etapa ocorre à implementação das ações necessárias, onde procedimentos são colocados em prática. O 'C' significa checar/verificar. É a fase de monitorar e medir os processos e produtos em relação aos objetivos estabelecidos e expor os resultados. Nesse momento é que ocorre a verificação se os procedimentos foram entendidos de forma clara e se estão sendo aplicados corretamente. O 'A' significa agir, e é a fase de execução das ações para buscar a melhoria contínua dos processos. Se durante a checagem for encontrada alguma anormalidade, faz-se necessária uma ação corretiva para atuar nas causas das não conformidades, adotando contramedidas para evitar a recorrência da falha (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

A natureza repetida e cíclica da melhoria contínua pode ser sintetizada no ciclo PDCA, entendido como uma sequência de atividades que são percorridas ciclicamente. Deste modo, este ciclo é um processo que nunca para.

2.4.2 Método de Análise e Solução de Problemas – MASP

O Método de Análise e Solução de Problemas é uma das metodologias usadas dentro da gestão da qualidade para a identificação de problemas é o método de análise e solução de problemas, conhecido como MASP. Esse método auxilia na identificação dos problemas, elaboração de ações de correção e prevenção de modo a eliminar ou minimizar os problemas investigados. É recurso de melhoria constituído de oito etapas, desde o planejamento do trabalho a ser realizado até apresentar respostas que priorizam os problemas (CAMPOS, 2004).

Conforme Pearson (2011), as etapas deste método etapas auxiliam na organização das ferramentas já estudadas para otimizar os processos de análise e solução dos problemas. Por outra visão, citada por Arioli (1998), o MASP pode ser visto como uma versão mais completa do PDCA, devido ao acréscimo de uma fase de diagnóstico da situação antes do planejamento da ação e uma ação preventiva de novos problemas após a correção. Assim, o ciclo PDCA é empregado como base para o MASP. O quadro a seguir mostra o detalhamento das fases do MASP de forma objetiva as suas etapas dentro do ciclo PDCA:

Figura 13 - MASP e PDCA.



Fonte: Campos (2004).

Segundo Viterbo Junior (1998), o MASP oferece a base essencial para as ações tomadas e que não ocorram decisões precipitadas e que as ações sejam realizadas de forma correta sendo importante a definição de um método. Por sua vez, o MASP tem a função de padronizar a tratativa dos problemas.

2.4.3 Formulário A3

Prática pioneira na Toyota onde problema, análise, ações corretivas e plano de ação são escritos em uma única folha de papel (tamanho A3), normalmente utilizando-se de gráficos e figuras. Os formulários A3 evoluíram até se tornarem um método padrão de exercício de resolução de problemas.

Podendo ser chamado de relatório A3, este relatório é basicamente um PDCA em uma folha de tamanho as dimensões desta folha. O A3, anexo 3, além de conter

as informações que irão nortear o trabalho, serve para manter o grupo dedicado e alinhado com o foco principal, ou seja, a meta. A maneira como formatar um A3 é distinta a cada empresa, porém a sua filosofia é a mesma.

O formulário aqui discutido está dividido em sete tópicos, que podem ser considerados como etapas da execução de um projeto de melhoria. Segue abaixo cada tópico do formulário e sua breve explicação:

Contexto: Neste primeiro tópico o leitor do formulário deve saber sobre o que o responsável por ele está falando e o porquê. Aqui se pode escrever o propósito, a necessidade do negócio e a escolha do estudo em questão, podendo conter números, indicadores, contexto operacional, organizacional, etc.

Condições Atuais: Responde onde estamos agora. Qual o problema ou a necessidade? O que está acontecendo agora em comparação com o que você deseja ou o que realmente deveria estar acontecendo? Essas seriam algumas perguntas a serem respondidas neste tópico. Pode estar aqui fatos, dados ou condições específicas que você tem estes problemas a serem resolvidos, onde eles estão e quando devem ser solucionados. É um tópico visual, usando quadros, gráficos, figuras ou mapas.

Objetivo: Relata aqui quais os resultados em específico são solicitados, ou seja, as metas, mostra-se aqui visualmente o quanto esta meta impactará positivamente após as ações.

Análise: Faz-se aqui uma análise do por que há o problema ou a necessidade de mudança. Porque estes problemas existem e quais são as causas dos mesmos. Aqui podem ser utilizadas as ferramentas de análise de problemas, de qualidade, entre outros.

Recomendações: Neste tópico são descritas as propostas e o por que as recomendam, mostrando quais as opções para enfrentar as lacunas e melhorar o desempenho da situação atual. Compara-se aqui a eficiência com a viabilidade, assim como os custos com os benefícios. As restrições identificadas na análise podem estar presentes também.

Plano: Responde-se aqui como acontecerá a implementação. Quais serão as principais ações e resultados no processo de implementação e qual a sequência, quais suportes e recursos serão necessários, quem será responsável pelo qual, quê e quando? Estas são alguns exemplos a serem registrados neste penúltimo tópico.

Acompanhamento: Neste último item deve-se apresentar o recurso a ser utilizado para garantir o PDCA. Estes recursos têm que demonstrar como e quando será de conhecimento se os planos têm sido seguidos e o quanto as ações tiveram impacto, além de saber como saberá se as metas foram atingidas.

2.5 Simulação de produção

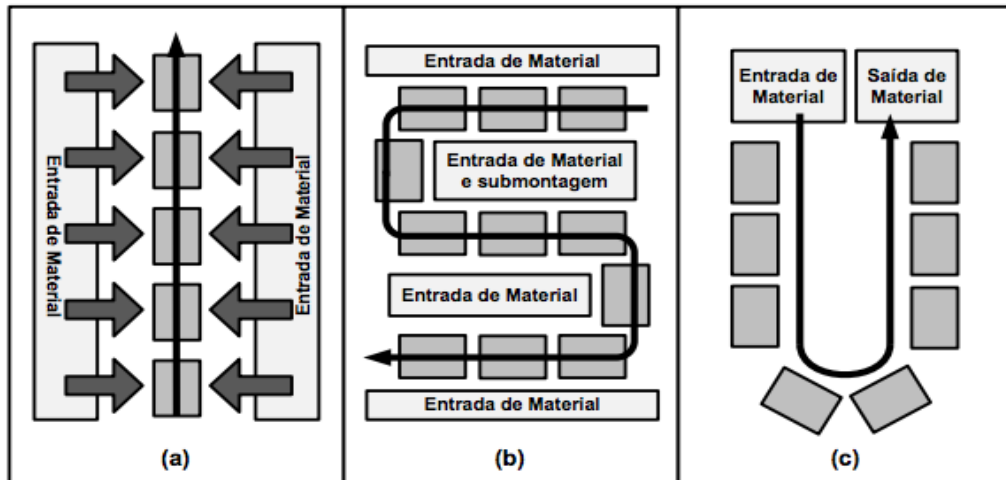
2.5.1 Layout Celular

Conforme Martins e Laugeni (1998), *Layout Celular* Conforme ou arranjo físico é uma das características mais visíveis da forma de produção porque determina sua aparência, influenciando a maneira que os insumos irão seguir na operação. A mudança do arranjo físico é custosa tanto financeiramente quanto em relação ao tempo despendido para realizá-la. E mais, isso acarreta mudanças que podem desencadear em perdas na produtividade.

Segundo Martins e Laugeni (1998), célula de manufatura é um arranjo físico em que os recursos a serem transformados são pré-selecionados para se destinarem a uma parte específica do processo de transformação de um produto no qual os recursos transformadores, para atender às suas necessidades, estão todos localizados.

O layout celular pode ser dividido em 3 categorias: – Células em linha reta (Figura 14-a); – Células em S (Figura 14-b); – Células em U (Figura 14-c);

Figura 14 - Células de Manufatura.



Fonte: Lee (1998 p. 153 - 155).

Células em linha reta – foi o modelo que se baseou Henry Ford para organizar o fluxo de materiais, onde um grande número de pessoas trabalhava em operações de curto tempo.

Células em S – são normalmente linhas mais longas que têm essa configuração para se adaptar ao edifício em que estão alocadas. Permite uma melhor comunicação e uma redução no espaço físico.

Células em U – são altamente flexíveis. De acordo com a mudança na demanda pode-se rearranjar o número de pessoas. Existe certa dificuldade quanto ao fluxo de materiais porque este tem que ser levado ao interior da célula. A eficiência fica prejudicada quando o tamanho do U aumenta porque a comunicação entre os empregados diminui e também fica mais difícil para os operadores se ajudarem nesse caso.

2.5.2 Mockups

Para se obter um máximo de eficiência ao se projetar um arranjo físico pode-se optar por sistemas de modelagem e simulação de maneira a se visualizar as mudanças propostas. Esses simuladores podem ser de várias formas, desde sistemas computacionais, até a simulação física do sistema produtivo almejado. Uma das soluções é o *mockups*, um método de simulação que se utiliza de objetos físicos que simulam o projeto em tamanho real, com a vantagem de ser de baixo custo.

Mockups são modelos construídos em tamanho real usando simulacros de produtos e postos de trabalho. Podem ser confeccionados em papelão, madeira, metal leve ou tubos plásticos. É uma maneira simples de envolver os trabalhadores e de conseguir resultados bem detalhados.

Por meio do *mockups* podem ser descobertos detalhes que seriam dispendiosos de alteração posterior no projeto. É um método de fácil visualização e baixo custo que pode substituir programas computacionais por ambientes em 3 dimensões. São também frequentemente aplicados a estudos ergonômicos.

2.5.3 Diagrama de Espaguete

O diagrama de espaguete é um diagrama no qual é traçado um caminho por onde um determinado produto ou operário percorre, de modo a visualizar sua movimentação ao longo de um fluxo. Esse nome se dá pelo fato de que, na produção em massa, a rota dos produtos se assemelha a um prato de espaguete. O diagrama de espaguete busca a visualização de como o produto ou operador se comportou durante o processo, avaliando o tempo gasto para a fabricação e separando esse tempo dentro de um padrão, buscando mensurar o tempo que agrega valor ao produto, ou seja, atividade que realmente é necessária para confecção de determinado produto.

Além disso, o diagrama é utilizado para avaliar o tempo que não agregam valor, porém, imprescindível para avaliar o de tempo desperdiçado durante a atividade, tempo esse consumido com atividades que não agregam valor ao produto, e assim detectar e eliminar o desperdício.

2.6 Estudo de casos nas indústrias

Estudos nas industriais são feitos para identificar melhoria de eficiência produtiva nas linhas de produção, por meio da utilização de ferramentas e metodologias de qualidade é possível assegurar que as áreas e processos da empresa estão trabalhando de forma correta para evitar perdas e maximizar ganhos (SOUZA, 2016). Nesse tópico segue uma descrição breve de estudos de caso que se tornam inspiração para trabalhos futuros em outras empresas, assim como servem de inspiração para o trabalho aqui desenvolvido.

Após ter registrado perdas no faturamento, reclamações de clientes, atrasos nas entregas e custos operacionais não condizentes com a queda de receita, a empresa estudada por Souza (2016) mapeou toda a área produtiva, fizeram medições de cada etapa dos processos, execução dos planos de melhorias, análises dos indicadores e constantes acompanhamentos dos mesmos, utilizando o conceito *Lean Manufacturing* e execução do ciclo PDCA. Como um dos principais ganhos produtivos em melhoria de processo destacou-se a modificação da disposição dos equipamentos (*layout*), na qual, algumas etapas em diversos momentos tinham distâncias que acarretavam perda de tempo, gerando gargalos na produção e fadiga excessiva dos colaboradores. A definição de um novo *layout* trouxe reduções de aproximadamente 45% na movimentação do fluxo de materiais, além de funcionários mais motivados devido à redução na fadiga.

A empresa estudada por Mariani (2005) verificou que o processo de lavagem de litros, o processo fabril estudado, poderia ser melhorado, pois o mesmo apresentava um alto índice de retorno dos litros, causando um retrabalho neste processo e implica na diminuição da quantidade de litros envasados e enviados para a seção de carregamento de produtos prontos. Então, a equipe de melhoria passou a desenvolver um estudo do processo, utilizando o método PDCA de solução de problemas (MASP). Como resultado do seu trabalho pode-se verificar que o método PDCA/MASP é de grande valia para o gerenciamento de processos, onde a empresa reduziu em 11% o percentual de litros retornados, dando um ganho financeiro anual neste único processo. Acima de tudo, o trabalho mostrou a relação entre métodos e ferramentas, na gestão da qualidade de processos.

O estudo também apontou a utilização do mesmo método aplicado em outras atividades, por exemplo na redução de custos com utilização de energia elétrica, água, telefone, horas extras e outros processos críticos que podem levar a empresa à obtenção de excelentes resultados financeiros.

3 METODOLOGIA DE TRABALHO

Para o desenvolvimento deste trabalho, o método utilizado foi o estudo de caso, caracterizado como uma investigação no contexto real e atual. A análise da teoria e do estudo de caso objetiva a aplicação prática da revisão teórica, segundo os parâmetros definidos para o processo estudado, possibilitando-se posteriormente a realização de apontamentos negativos, positivos e oportunidade de melhoria do processo para a elaboração da proposta e, se possível, possíveis resultados efetivos.

3.1 Caracterização da empresa e do setor escolhido

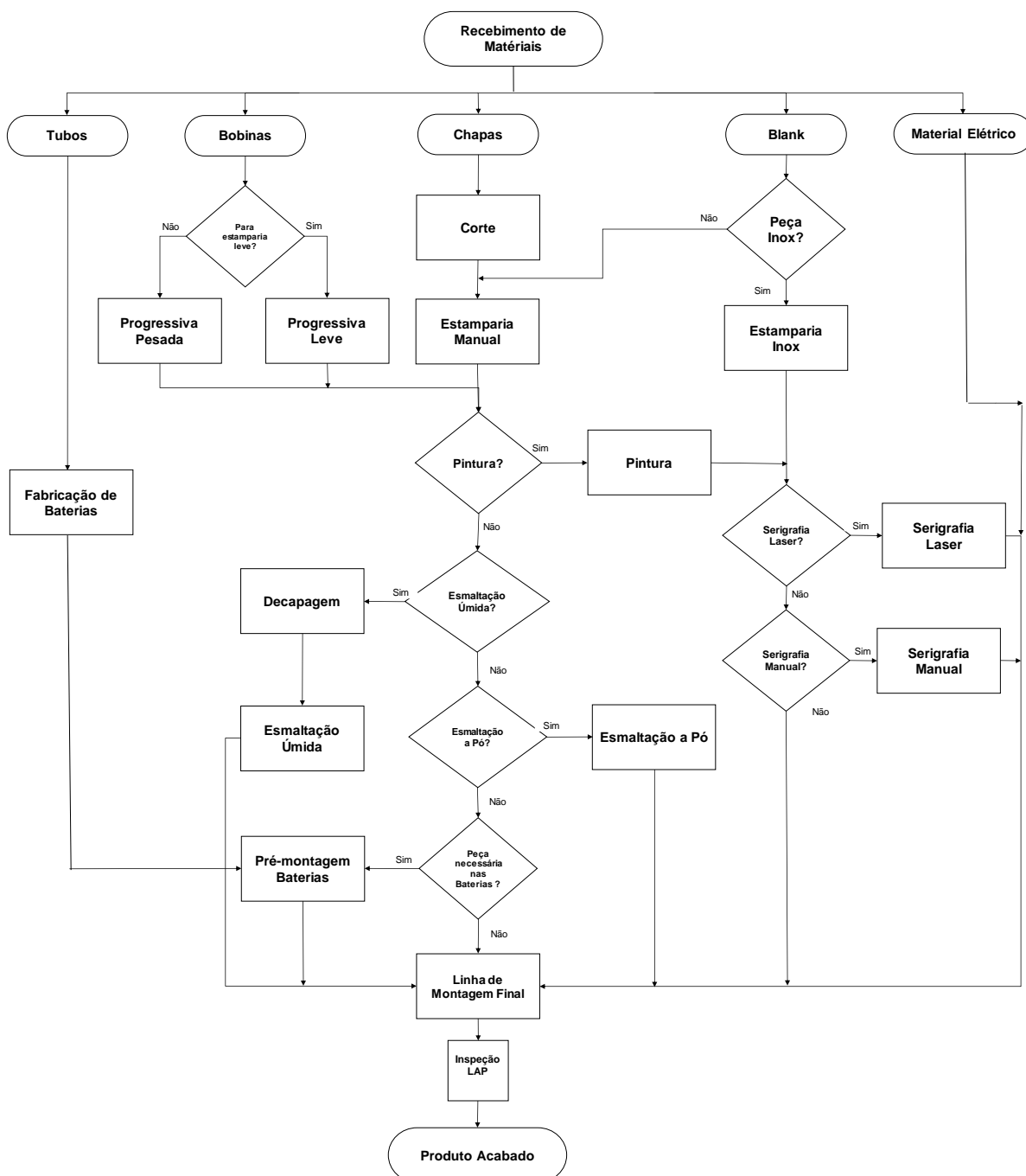
O estudo de caso baseia-se na pesquisa em uma indústria de grande porte, segundo classificação do IBGE, atuante no setor de eletrodomésticos. A empresa busca a certificação ISO 9001:2015 de qualidade, a qual proporcionará melhorias para a empresa, uma vez que, garante a padronização de procedimentos e métodos utilizados sendo essa uma exigência dos clientes.

A empresa não faz apenas a montagem dos eletrodomésticos produzidos, mas, também, fabrica componentes do mesmo, no qual a maioria é processada por conformação mecânica, usinagem e soldagem. Nas primeiras etapas do processo é possível visualizar os defeitos que acompanharão o produto por todas as etapas subsequentes até a montagem final. Esses possíveis defeitos, dependendo de seu tipo ou sua intensidade pode causar retrabalhos de maior complexidade.

3.2 Metodologia de Pesquisa e Ação

O primeiro passo importante dentro da metodologia adotada é o conhecimento sobre a empresa e da cultura produtiva. Assim, durante a primeira fase do trabalho, foi avaliada qual célula de produção possui o maior registro de perdas produtivas, ou seja, desperdícios, para iniciar as atividades cujo objetivo é sugerir um plano de ação. Na Figura 15 é apresentado o fluxograma de fabricação da empresa em questão. Sobre o fluxograma abaixo, o mesmo se inicia no momento do recebimento externo de fornecedores os diferentes tipos de materiais a serem modificados, e termina na sua inspeção final de qualidade após a montagem do produto acabado.

Figura 15 - Fluxograma do processo de fabricação.



Fonte: Autor, 2017.

O trabalho continuará sendo desenvolvido seguindo algumas sequências metodológicas que estão apresentadas a seguir, cuja suas etapas detalhadas estarão incorporadas no próximo tópico.

ETAPA 1 – Identificação de desperdícios: Primeiramente foi feito uma análise de cada célula produtiva de duas maneiras. A primeira foi através de números, ou seja, se a demanda do número de componentes está de acordo com a quantidade de

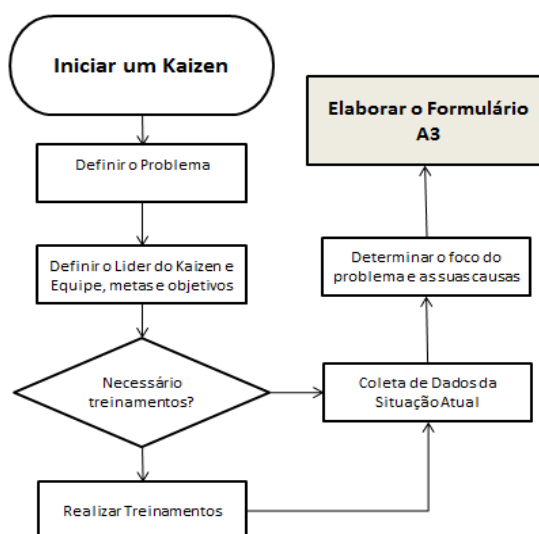
produtos acabados produzido por dia e a segunda foi através de observação dos ambientes produtivos identificando todos e quaisquer tipos de desperdício. Pode-se ainda citar outra maneira de observação, uma terceira, foram os registros com os relatórios de auditorias internas. Esta primeira etapa consiste na identificação dos problemas a serem posteriormente solucionados.

ETAPA 2 – Simulação de produção: Depois de ter identificado a célula produtiva analisada, foram obtidos os dados através de simulação produtiva com eventos *Kaizen*, além de acompanhar o processo atual para mais evidências de não conformidades na produção e no produto. Esta etapa se resumiu-se em coletar dados a serem utilizados no plano de ação.

ETAPA 3 – Elaborar plano de ação: Com as ações, dados do estudo e evidências de potencial de melhorias, foi elaborado um plano de ação cujas tarefas podem ter vínculo ou ser tratadas em seu individual, garantindo a eliminação total ou parcial de desperdício da manufatura praticada até então na célula em estudo, aumentando a qualidade da produção e produto, além de evidenciar um retorno financeiro caso as mudanças forem adotadas. No presente trabalho, o plano de ação foi construído em formulário A3, resumindo todas as etapas citadas apresentado no referencial teórico sobre o formulário.

As três etapas da metodologia do trabalho, estão presentes no fluxograma *Kaizen* a seguir, e estes são os principais passos para o desenvolvimento de um projeto de melhoria contínua.

Figura 16 - Fluxograma Kaizen.



Fonte: Autor, 2017.

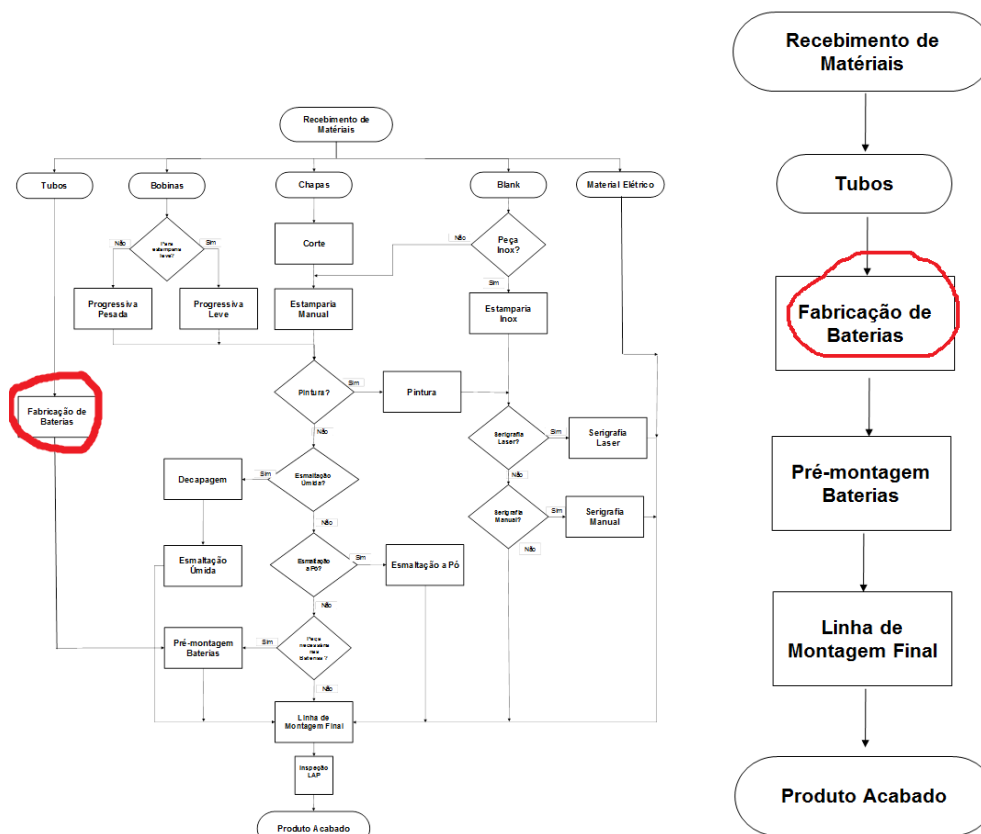
4 RESULTADOS

Fazendo um estudo de toda a empresa, foram analisados desperdícios em toda a planta industrial, e alguns deles foram evidenciados no referencial teórico através de fotos no tópico 2.2 sobre os oito desperdícios. Porém uma das células produtivas evidência desperdícios graves e qualquer pessoa consegue identificá-los após um treinamento de *Lean*, entre eles muito estoque parado (1500 peças sem movimentação) e falta de fluxo produtivo. A identificação foi feita a visualmente.

Os resultados insatisfatórios tanto da auditoria 5s quanto da Auditoria da Qualidade para a norma NBR ISO 9001:2015, também evidenciaram falta de organização e procedimentos produtivos feitos incorretamente. Por ser uma célula produtiva com alto desperdício, esta foi escolhida para o estudo de caso e é apresentada a seguir, tratada neste trabalho como a Célula de Baterias.

Simplificando a identificação da célula em estudo no fluxograma da figura 17, o mesmo se apresenta abaixo identificado em vermelho e resumidamente o percurso do seu componente na cadeia produtiva ao lado direito da figura abaixo:

Figura 17 - Localização da célula em estudo na cadeia produtiva.



Fonte: Autor, 2017.

4.1 A célula produtiva em estudo

Como identificado anteriormente, a célula com os desperdícios mais críticos é a célula de fabricação de baterias, ou seja, a célula que produz em massa um componente conformado, usinado e soldado, conhecido como bateria. Dentro desta produção há etapas necessárias de fabricação para a transformação dos tubos, matéria-prima, em bateria como componente final. Estas etapas seguem na figura 18 por meio do fluxograma particular da célula em estudo. A produção é composta pelas seguintes etapas de fabricação, seguida pelos equipamentos da mesma, como mostrado no fluxograma abaixo:

Figura 18 - Fluxograma dos caminhos produtivos da célula em estudo.



Fonte: Autor, 2017.

Note que o trajeto do material a ser transformado pode seguir dois: quando o trajeto é iniciado pelo processo automático, o tubo é apenas esmagado e soldado em sequência, pois o robô automático faz a função de dobrar, furar e rosquear, enquanto no trajeto totalmente semiautomático cada máquina possui sua função em particular.

4.2 Identificação de desperdícios

Conforme dados do mercado, demanda dos clientes e meta de produção por dia chegou-se à conclusão de que a capacidade produtiva da célula em estudo estava muito superior à demanda de vendas. Na atual situação da empresa, a mesma estava produzindo 5400 produtos acabados por dia, enquanto a célula em estudo estava estimada em atender 8000 produtos. Este desperdício é evidenciado principalmente através de estoques. Concluindo os dados da situação produtiva da planta analisada, o processo conta atualmente com 16 colaboradores, produção de 8000 componentes por dia, totalizando 500 peças por hora/homem, o que não corresponde aos 5400 produtos disponíveis para venda.

Dando continuidade às perdas, através de observações durante três meses, aliado a evidências constatadas em relatórios de auditoria interna, foram constatados os seguintes desperdícios:

Ausência de fluxo: Ao chegar os tubos, a matéria prima a ser transformada na célula não possui um trajeto específico, os equipamentos estão consideravelmente longe um do outro e as peças ficam paradas por mais de 24 horas no considerável fluxo produtivo.

Figura 19 - Ausência de fluxo e excesso de estoque.



Fonte: Autor, 2017.

Sucata: componente sendo danificado devido a equipamentos sem manutenção adequada, por armazenagem incorreta e transporte desnecessário, sempre evidenciado em auditorias. Uma quantidade de 8% dos tubos volta para o retrabalho depois de serem identificados com vazamento após a sua montagem na

última célula produtiva. O vazamento é algo que não pode ocorrer, pois o tubo armazena e conduz o fluxo de gás durante seu uso em campo.

Figura 20 - Armazenagem inadequada.



Fonte: Autor, 2017.

Contentores com excesso de peso: como a produção gera um estoque muito alto, os contentores intermediários possuem muitas peças e o carrinho do supermercado também, exigindo mais força para o operário deslocá-lo até a montagem. Supermercado é o local onde os componentes ficam disponibilizados para sua nova etapa produtiva, neste caso seria a pré-montagem.

Figura 21 - Contentores de estoques intermediários.



Fonte: Autor, 2017.

Óleo no chão: ocasionado pelo vazamento da mangueira de óleo de um equipamento devido à falta de manutenção.

Figura 22 - Mangueira com vazamento.



Fonte: Autor, 2017.

Amplitude de movimentos acima do permitido: muito estoque, objetos, ferramentas utilizadas e poucos lugares para armazenar, exigindo outros lugares de alcance e movimentos em excesso, incluindo transporte manual de peças desnecessário;

Figura 23 - Armazenamento inadequado de ferramentas.



Fonte: Autor, 2017.

Sistema de apontamento produtivo inexistente: Na célula de fabricação de baterias, comparado às outras células, não há um painel de gestão a vista adequado. Há um painel com informações básicas mal gerenciadas e os operadores não possuem instrução de como este gerenciamento funciona ou deveria funcionar.

Figura 24 - Retalhos no piso da célula produtiva.



Fonte: Autor, 2017.

Espera por disponibilidade de empilhadeira: conversando com os operadores, a empilhadeira sempre leva tempo a mais para trazer matéria-prima ou retirar o produto do supermercado.

Falta de organização: não existe organização na célula, desde o *layout* precário até falta de bancadas para armazenagem de ferramentas e fiações dos equipamentos expostas.

Figura 25 - Fiação exposta.



Fonte: Autor, 2017.

Qualidade operacional precária: com toda a falta de organização no geral e as perdas citadas nos itens anteriores, a qualidade operacional dos colaboradores é comprometida.

Figura 26 - Sem armário para armazenamento de objetos pessoais.



Fonte: Autor, 2017.

4.2.1 Primeiras ações para a melhoria

Conforme identificado os desperdícios no item anterior, foram feitas as primeiras ações em prol da melhoria da célula produtiva em estudo, e a partir destas, foram solucionados alguns problemas onde foram obtidas novas informações concretas para ações futuras. Entretanto alguns desperdícios não poderão ser sujeitos a proposta de melhoria neste trabalho e outros terão suas limitações. Um exemplo seria o desperdício “espera por disponibilidade de empilhadeira”, esse não terá uma ação de melhoria, pois o mesmo é relacionado com outras plantas e um tipo de equipamento que não está vinculado com a produção em particular da planta em estudo.

A empilhadeira não faz parte da produção do componente, ela apenas faz a interação matéria-prima até a célula e, em seguida, da célula até a célula pré-montagem.

Iniciando as primeiras ações em busca de soluções ou mais respostas às mesmas, a falta de fluxo na produção é um fator sério, pois quanto mais o fluxo for

próximo ao seu limite enxuto maior a produtividade. No caso desta perda identificada, não basta apenas fazer sugestão de mudança de *layout*, por exemplo, o estudo de *layout* tem que ser mais profundo aliado de ferramentas enxutas como o *layout* celular, analisar o fluxo de valor e por último fazer uma simulação de produção para garantir o *layout* adequado à célula produtiva.

Os problemas como a sucata, contentores com excesso de peso, armazenagem inadequada e amplitude de movimentos acima do permitido serão solucionados com a mudança do *layout* para um fluxo contínuo, pois haverá um ganho de espaço e os estoques praticamente serão eliminados, e os movimentos dos operadores diminuirão. As primeiras ações em busca do novo *layout* estarão explicitas nos tópicos 4.3.

Continuando sobre a possibilidade de diminuir a sucata e retrabalho na célula atual e posteriores, aliada a um controle de qualidade, deve-se fazer um estudo econômico de uma aquisição de um teste de controle de desempenho do componente antes do mesmo ir ao supermercado, ou seja, ficar disponível para a próxima célula. Essa sugestão é válida principalmente porque o componente é testado após sua pré-montagem na célula produtiva subsequente, que muitas vezes retorna para retrabalho.

Ao analisar o vazamento após a pré-montagem, esta espera gera um desperdício de tempo e sucata após o mesmo ter sido agregado valor ao longo da cadeia produtiva. Deste modo, sugere-se um prévio controle de desempenho entre a célula produtiva em estudo.

Uma vez que não há um sistema de apontamento produtivo deve haver a gestão apropriada e completa do sistema em estudo, além de treinamento para os colaboradores estarem à par da mudança. Esse sistema de gestão deve ser um quadro à vista com todas as informações necessárias como: o quanto o turno produziu, o quanto falta para atingir a meta no próximo turno, o porquê não alcançou a meta, qual foi o imprevisto e qual a ação tomada.

A figura a seguir mostra o quadro anterior e o sugerido já instalado, onde o antigo tinha apenas o controle de um dos equipamentos, ponteadeira 1, 2 e 3, separado por turnos. Lembrando que ponteadeira é um equipamento que faz soldagem a ponto. Segue a comparação abaixo.

Figura 27 - O quadro de gerenciamento antigo e o proposto “hora-hora”.

CONTROLE DAS PONTEADERAS										QUADRO DE GERENCIAMENTO HORA-HORA									
META: 150 PC/H										CELULA DE TUBOS				DATA: __/__/__					
										TEMPO PEÇA	SEG	TEMPO SETUP	SEG						
										HORA	COD. PEÇA	TEMPO PROGRAMADA	ESPERADO PCS/H	LEITURA PCS	VARIAÇÃO	ACUMULADO	CAUSAS	VISTO	
1ªT																			
PONTEADERA 03										122	122	122	122	122	122	122	122	0622	169/16
PONTEADERA 04										124	124	124	124	124	124	124	124	21	169/16
PONTEADERA 05																		21	169/16
2ªT																			
PONTEADERA 03																			
PONTEADERA 04																			
PONTEADERA 05																			
3ªT																			
PONTEADERA 03																			
PONTEADERA 04																			

Fonte: Autor, 2017.

No caso do gerenciamento, foi observado durante três meses que o *setup* das máquinas é o que faz com que se perca mais produtividade, e que mesmo com o quadro de documentações e procedimentos marcando que o tempo gasto de cada *setup* é baixo, no dia-a-dia isso não acontece. Assim, é imprescindível o treinamento para os operadores monitorarem o *setup* ao longo do tempo produtivo comparado ao tempo previsto em documentação. Deste modo, é interessante obter informações de tempo de *setup* no quadro de gestão à vista, também, partindo para um plano de ação focado em *setup* futuramente, porque sem monitorias e sem os dados de históricos sobre isso, encontrar a solução para diminuir o tempo de *setup* das máquinas, não acontecerá.

O anexo 1 apresenta a segunda versão do quadro sugerido, que pode ser implantado para um gerenciamento ainda mais eficaz, nesse é identificado o setor responsável pela solução e assinatura da liderança.

Como um dos objetivos deste trabalho é aumentar a produtividade e fazer o processo ficar mais próximo do enxuto possível, deve-se analisar os operadores e fazer um documento chamado matriz de habilidades para o setor em estudo. Isso porque o número de operários é alto e dependendo das mudanças seria melhor diminuir a quantidade de colaboradores ou os realocar para outro setor seja uma das respostas.

Sobre o desempenho produtivo deve-se desde já implementar um indicador de sucata e monitorar o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que é o principal indicador utilizado para medir a eficiência do processo, e após a mudança no cenário produtivo, continuar com o monitoramento, ou seja, continuar mantendo os o controle

nas perdas. E para um ambiente mais organizado, providenciar uma bancada para as ferramentas em lugar estratégico e um armário para objetos pessoais.

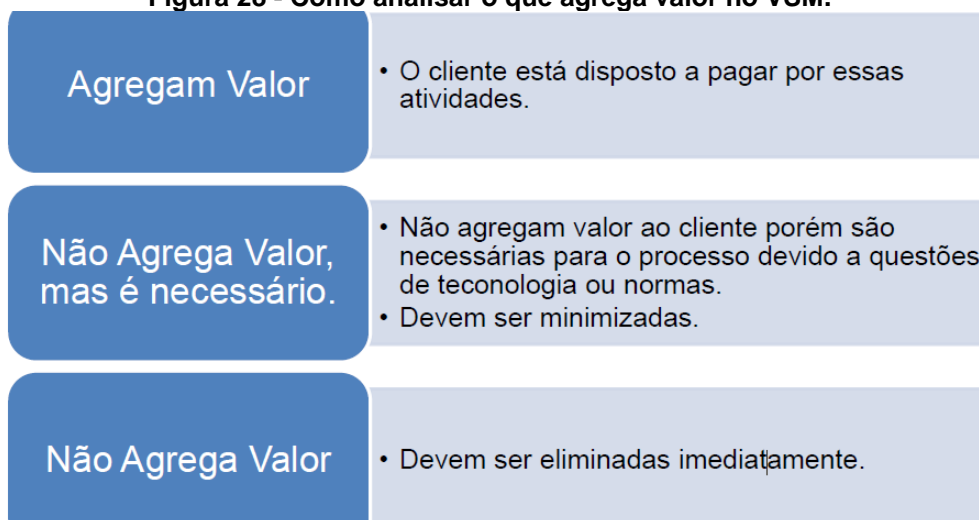
4.3 Mapeamento do processo e simulação com *mockups*

Como citado no tópico anterior, essa parte do trabalho está presente passo a passo de ações em busca da melhoria contínua no processo produtivo. As ferramentas enxutas serão utilizadas, expostas e será respondido como o novo *layout* celular proposto irá se adequar as informações obtidas.

4.3.1 VSM do processo

Por possibilitar uma visão sistêmica de todo o processo produtivo, o fluxo de valor é a primeira ferramenta a ser utilizada para garantir a nova solução de *layout*, identificando os reais problemas. O mapeamento do fluxo de valor criado para este trabalho é capaz de analisar etapas necessárias que criam valor ao produto e as não necessárias. O objetivo deste mapeamento é eliminar estas últimas, e o critério utilizado é representado abaixo:

Figura 28 - Como analisar o que agrega valor no VSM.



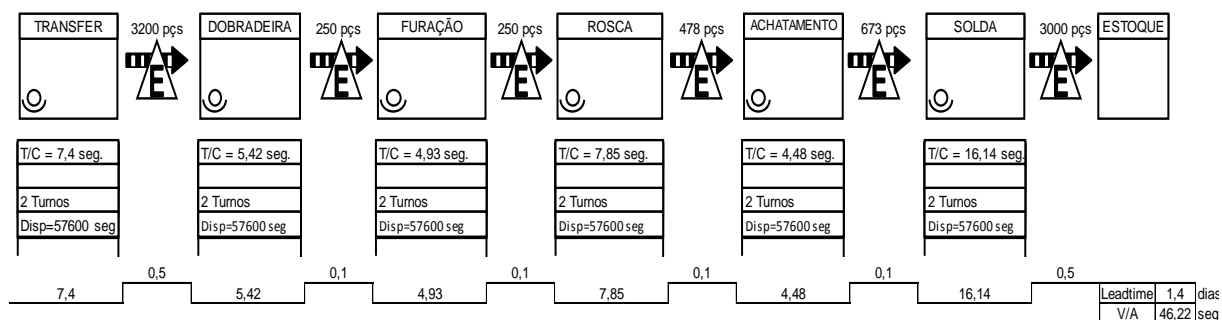
Fonte: Autor, 2017.

Como basicamente o que se quer resolver é eliminar estoques e aumentar a produtividade, analiso o *lead time* porque as informações atuais nos dizem que a produção é maçante e deve-se adequá-la para um sistema puxado, além de eliminar estoques intermediários e finais porque o mesmo é dinheiro parado.

Para iniciar um estudo do futuro *layout*, foi feito um VSM do estado atual do sistema a ser analisado, foi feito o fluxo de valor para todos os modelos de tubos, mas

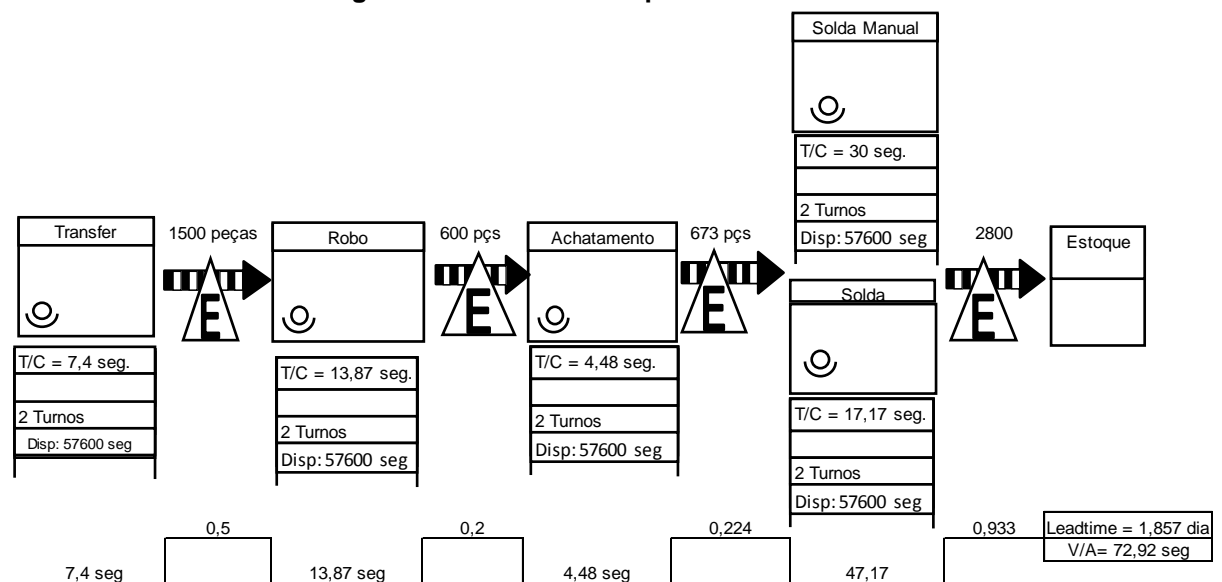
os divulgados em sequência foram os críticos dos dois modos de produzir, com e sem o robô:

Figura 29 - VSM atual do processo manual.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 30 - VSM atual do processo com robô.



Fonte: Autor, 2017.

Com base nos dados das figuras acima obtidos pela situação atual da empresa, temos os valores do *lead time* da célula que foram respectivamente 1,4 e 1,857 dias, ou seja, um tempo elevado, comparado com o tempo de agregação de valor (V/A) que está de um minuto, em média. O V/A é baixo porque é a soma do tempo de ciclo de cada maquinário, já o *lead time* do produto é contado desde o momento que está disponível na célula até estar disponível para a próxima. Como a diferença entre estes dois números é muito grande necessita-se uma reformulação no processo.

Os estoques intermediários também se mostram excessivos sendo nas duas situações o maior deles com 673 peças. É importante ressaltar que o menor estoque

intermediário no trajeto do produto a ser transformado é de 250 peças, o que é excessivo.

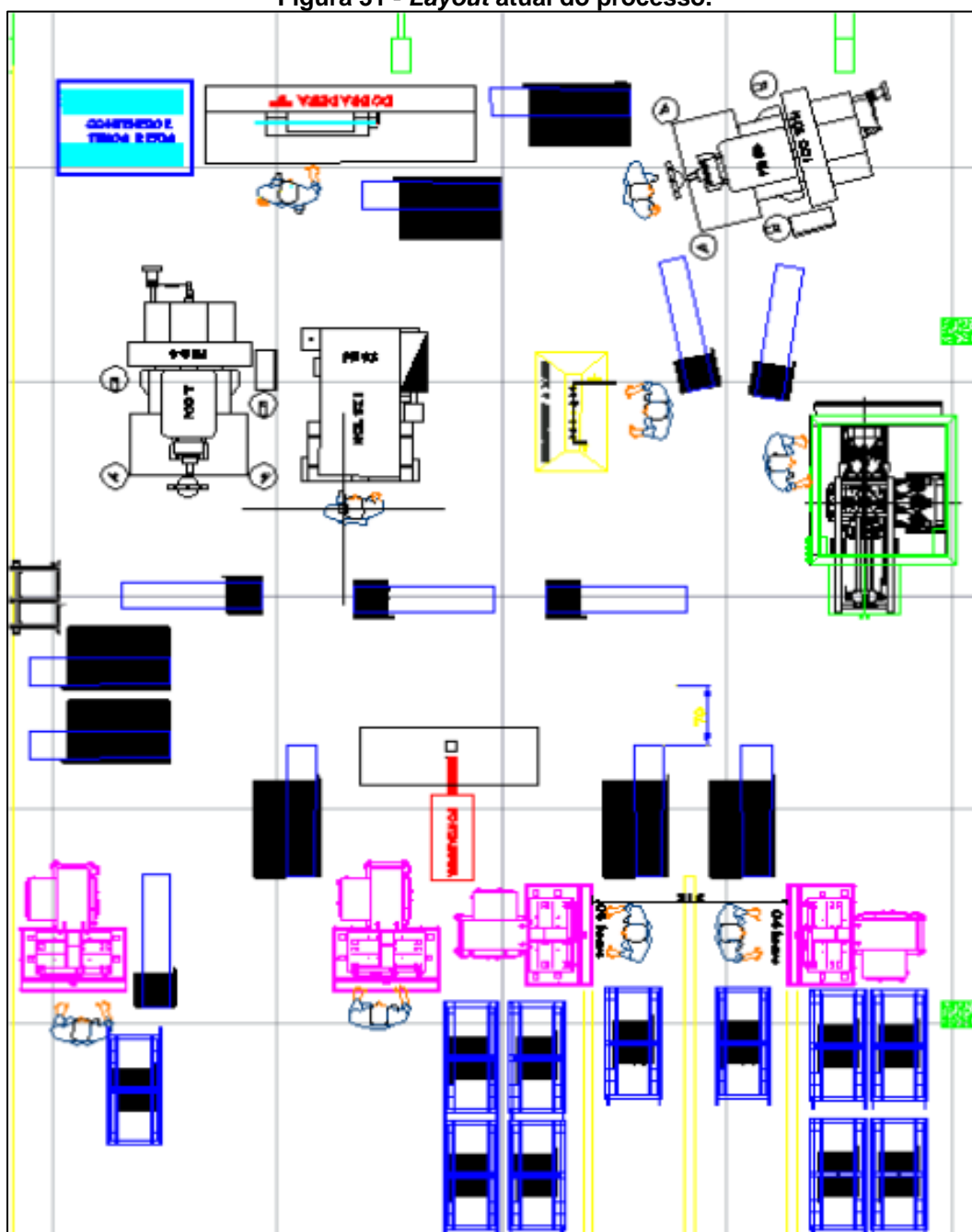
A partir dos dados do fluxo de valor atual consideráveis, as próximas tarefas terão o objetivo de diminuir o tempo de percurso da peça e a quantidade de estoque, agregando apenas valor ao processo.

4.3.2 *Layout* do processo

O *layout* do processo pode ser feito de diversas formas, inclusive com muito conhecimento sobre o processo ou apenas com um conhecimento prévio. Entretanto, caso o responsável pelo *layout* e posição do maquinário na planta não faça uma análise completa de todos os fatores produtivos o *layout* pode ser ineficaz. A respeito da eficácia de posição dos maquinários na célula produtiva atual, concluímos que a eficiência não acontece, devido às perdas identificadas.

Quando pensamos em alteração de posição de máquinas, replanejamento e reformulação de *layout*, iniciamos pelas limitações. Porém, antes de listar as limitações do trabalho quanto a esta mudança, utilizaremos *brainstorming* sobre a planta em estudo, o componente em específico em produção e o percurso do mesmo para outras células de produção, ou seja, pensar na planta industrial completa disponível.

Conhecendo a planta da empresa podemos identificar que as células individuais não foram bem planejadas ou estruturadas ao longo do tempo. A célula em estudo recebe a matéria-prima, transforma a matéria-prima e a envia para a célula de pré-montagem do produto, que em seguida direciona o componente montado para a montagem no produto final. Ou seja, a célula de transformação de tubos deveria estar o mais próximo possível da célula de pré-montagem, deste modo diminuiria o percurso das peças sem utilização de empilhadeira ou movimentação humana dos lotes, eliminando este tipo de desperdício. A figura 31 apresenta o *layout* atual da célula em análise.

Figura 31 - *Layout* atual do processo.

Fonte: A empresa, 2017.

Uma de suas limitações é que a célula estudada não está o mais próximo possível da célula posterior de montagem e não pode ser estrategicamente alterada seu ambiente para próximo a montagem, principalmente devido ao robô que possui sua instalação complexa pronta e o custo de alterá-lo seria demasiado, ou seja, uma troca inviável. Deste modo, a célula produtiva ficará onde está, ao lado do robô inacessível. Considerando também a revisão bibliográfica sobre *layout* celular em “U”, “S” ou em linha reta, estes também são descartados de estudo porque o arranjo de

máquinas atual, espaço e a saída dos componentes a partir do robô, não permitem uma nova forma celular.

Portanto, para termos um fluxo contínuo basta alterar as posições de máquinas autorizadas mais próximas possíveis, desconsiderando o espaço para estoques intermediários que serão extremamente reduzidos influenciando um percurso contínuo do componente durante todo o trajeto diminuindo os passos dos operadores.

Entretanto, para encontrar a melhor solução de arranjo de máquinas não basta visualmente decidir o melhor, e sim fazer uma simulação de processo porque não é apenas o espaçamento entre equipamentos e movimentos que o operário faz ao executar sua atividade, o estoque intermediário é impossível aniquilá-lo, mas é possível diminuí-lo ao seu mínimo. Outro fator que nos faz fazer a simulação de processo é que não é apenas um tipo de tubo a ser produzido e sim sete deles devido à variação no produto final. Ou seja, alguns utilizam mais equipamentos que outros e/ou possui um percurso diferente. Assim, se faz necessário a simulação de todas as situações para ser encontrado o layout com o menor *lead time* e com o menor estoque intermediário.

Figura 32 - Simulação dos processos.



Fonte: A empresa, 2017.

O método de simulação escolhido para o trabalho é a simulação física de *mockups* que simula o projeto em tamanho real e de baixo custo. Os modelos de *mockups* foram construídos em madeira em tamanho real. E, para fazer a simulação do processo produtivo dos modelos dos eletrodomésticos, seguindo os tempos de cada máquina, foram cronometrados os tempos que cada máquina leva para iniciar e terminar sua função no fluxo celular, como segue abaixo:

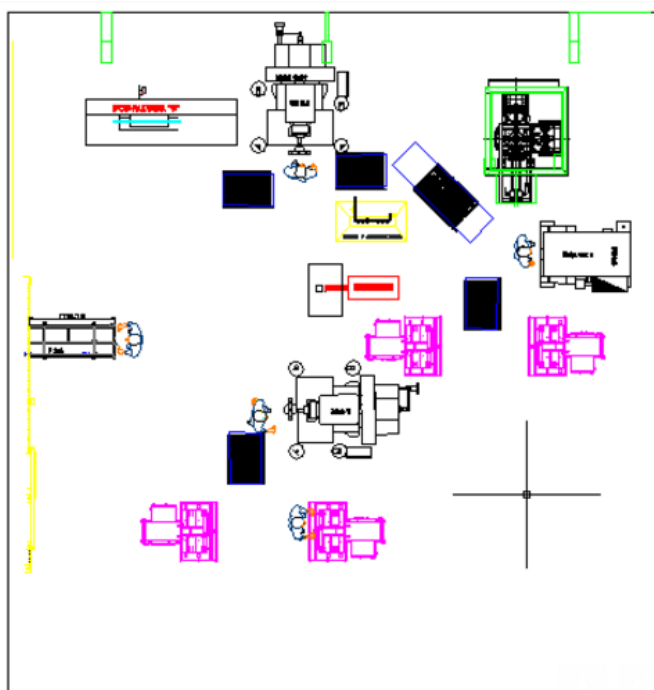
Tabela 1 – Cronometragem das máquinas de fabricação

Item	Conformação	Robô	Dobrimento	Furação	Rosqueamento	Esmagamento	Soldagem
Modelo 1	8,21	13,37	6,72	6,51	8,13	5,46	20,55
Modelo 2	8,21	13,37	7,40	7,89	11,01	5,46	21,82
Modelo 3	8,21	13,37	7,40	6,00	11,01	5,46	21,82
Modelo 4	8,21	15,00				5,46	20,55
Modelo 5	8,21	15,53				5,46	21,82
Modelo 6	8,21	13,37	6,72	6,00	8,13	5,46	20,55
Modelo 7	8,21	13,37	6,72	6,00	8,13	5,46	20,55

Fonte: A empresa e o autor, 2017.

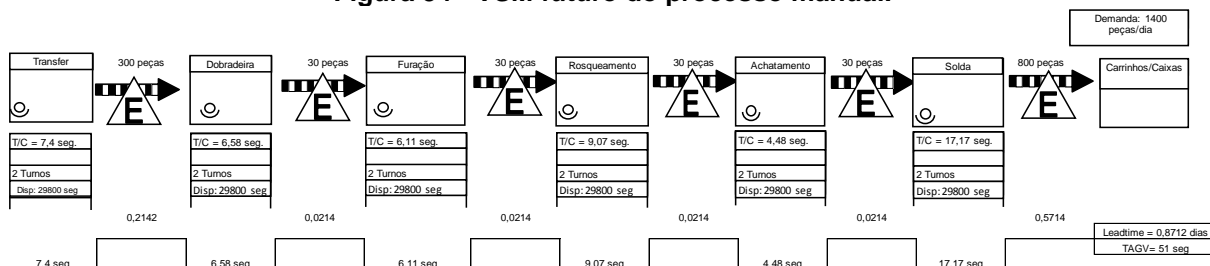
Mesmo o objetivo sendo simular os sete modelos, pela quantidade de máquina utilizada e tempo gasto em cada uma delas, a simulação aconteceu apenas com o segundo e terceiro modelo, porque os mesmos tinham o maior tempo gasto. Mas depois de definido o *layout* com base nas duas simulações, foram confirmados para os outros modelos, principalmente quanto ao estoque intermediário que permanecia. Vale ressaltar que a partir da primeira simulação, a meta de estoque intermediário seria de no máximo 30 peças em cada contentor. Com a simulação foi obtido um novo *lead time* máximo de 0,8712 horas, por volta de 14 horas, antes mesmo de terminar os dois turnos, e o novo *layout* e o futuro VSM, com demanda atual de 5400 peças (1400 pelo processo manual e 4000 iniciado pelo robô), estão expostos abaixo:

Figura 33 - Layout futuro do processo.



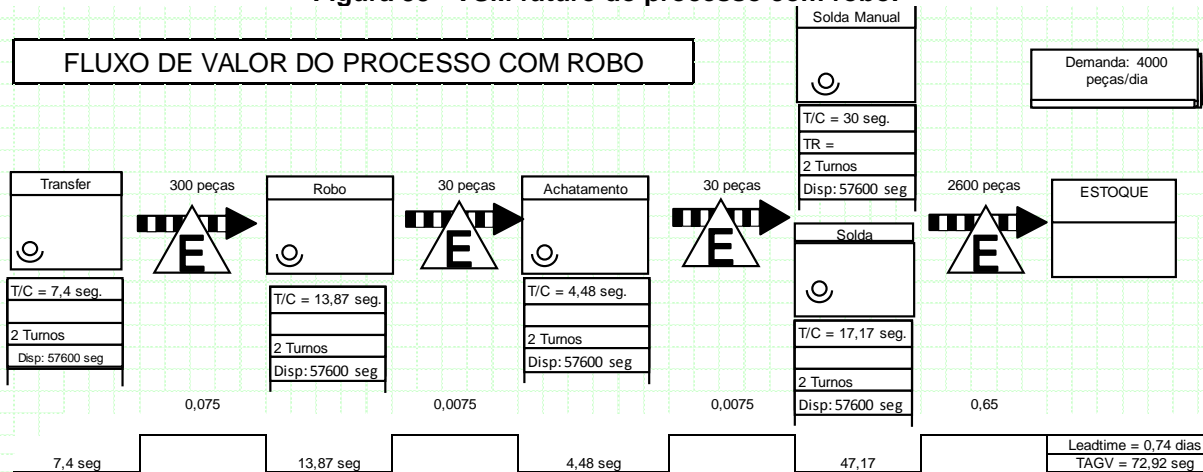
Fonte: A empresa, 2017.

Figura 34 - VSM futuro do processo manual.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 35 - VSM futuro do processo com robô.



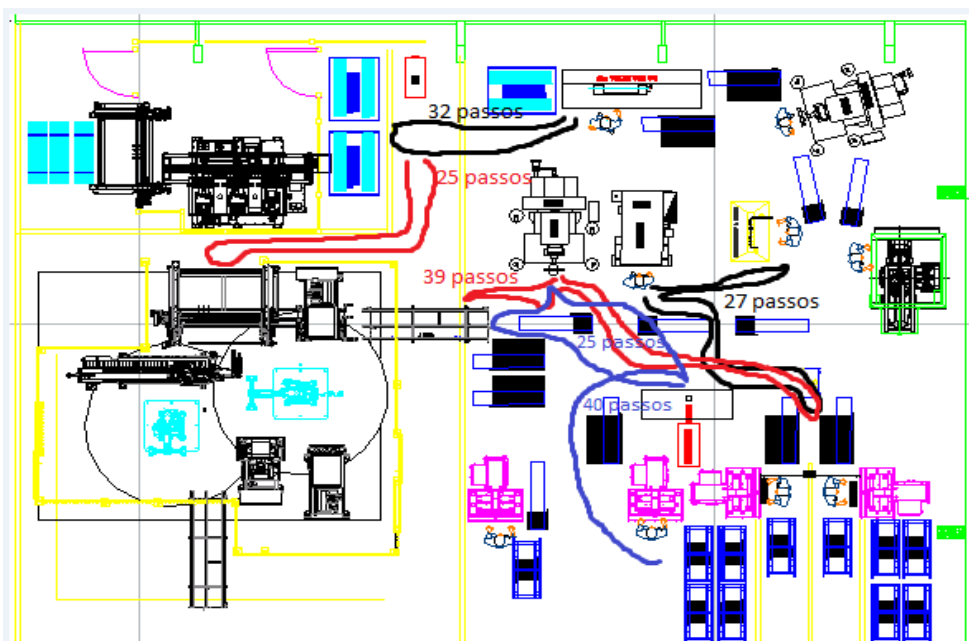
Fonte: Autor, 2017.

Aproveitando a simulação e o *layout* em *mockups*, foi feito o diagrama de espaguete para comparar com o diagrama também feito com o *layout* atual, podendo visualizar os ganhos de movimentação através de passos, evidenciados através da Figura 36.

Para ser feito o diagrama de espaguete a planta baixa do processo em estudo foi impressa, seguiu-se uma pessoa do processo e com um lápis foi feito uma linha contínua na impressão da planta baixa que representa a movimentação. No momento podem-se identificar melhorias que podem ser executadas no layout, como, por exemplo, acoplar ou diminuir distância entre máquinas, propor um layout contínuo em fluxo, etc.

Em paralelo estas modificações estavam sendo feitas com a simulação dos *mockups*, em seguida, após definido o layout futuro com os *mockups*, foi refeito o diagrama com o novo modelo proposto confirmando que o mesmo atende o que foi planejado. Adicionando as características do percurso produtivo, entre as máquinas semiautomáticas operadas pelos colaboradores há uma dobradeira e uma ponteadeira (soldagem a ponto) manuais modificando um pouco o deslocamento dos colaboradores. Pode-se notar a grande diferença entre os dois estados, um sem fluxo bem definido, com bastantes passos e distância, enquanto o outro atingiu um fluxo produtivo. Foram contados os passos dos colaboradores considerando cada passo igual a 0,762 metros, conforme fator de conversão padrão estimado.

Figura 36 - Diagrama de espaguete do layout atual.

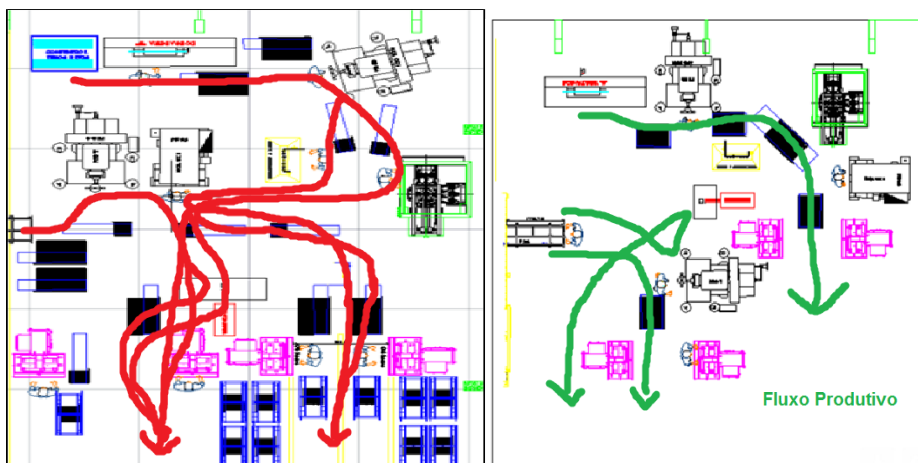


Caminho/Máquinas	Total de Passos	Distância (metros)
Dobreadeira Manual	59	44,958
Robô	64	48,768
Ponteadeira Manual	65	49,53

Fonte: Autor, 2017.

Pode-se concluir abaixo mais um ganho na produtividade dos operadores das máquinas a partir momento que executarem a mudança do *layout* da célula de fabricação de baterias, conforme o comparativo abaixo e o resultado em metros do diagrama de espaguete na tabela 2.

Figura 37 - Diagrama de espaguete do layout atual e do proposto.



Fonte: Autor, 2017.

Tabela 2 – Nova distância a ser percorrido por um colaborador com novo *Layout*.

Caminho/Máquinas	Total de Passos	Distância (metros)
Dobradeira Manual	21	16,002
Robô	37	28,194
Ponteadeira Manual	37	28,194

Fonte: O Autor (2017).

4.4 Proposta de melhorias em formulário A3

O formulário A3 com as propostas de melhoria a ser posta em execução estão no anexo 2. O A3 mostra todas as etapas requeridas por ele, mostrando o plano de ação completo e metas para atingir o objetivo do mesmo. Cada tópico do formulário A3, explicado no referencial teórico, está explicado a seguir:

Histórico: A Produtividade atual é de 500 peças por dia para cada operador e as análises feitas na célula de fabricação de baterias, comprova que esta produtividade pode aumentar.

Situação atual: Ao iniciar a produção na célula a meta é 8 mil peças por dia, produzidas por 16 operadores, que produzem 500 componentes cada, lembrando que o custo por operador é de R\$ 2.605,37.

Objetivos: Padronização da produção, aumento da produtividade de 500 para 675 peças/dia/operador e redução do *Lead time*. Ao atingir estes objetivos, a redução do custo de mão de obra por componentes produzido se evidenciará. Além disso, implementação de um controle de qualidade e implementação de um sistema de Gestão Visual.

Raiz do problema: Fluxo do produto inadequado ao processo, excesso de estoque intermediário, falta de controle e identificação no estoque, movimentações em excesso; falta de organização, armazenagem inadequada de peças e falta de apontamento no processo produtivo, ou seja, um gerenciamento eficaz da produção.

Recomendações: Fazer a produção da célula ser a mesma de demanda, no caso atual 5400 produtos por dia e diminuir o número de colaboradores pela metade, de 16 para 8 operadores, aumentando sua produtividade de 500 para 675 componentes por dia. Este ganho será através da alteração do *layout* que terá um curso de aproximadamente 20 mil reais, o que será pago em menos de dois meses.

Plano de ação: Para atingir os objetivos do *Kaizen*, são necessários vários planos de ação com seus respectivos responsáveis. Primeiramente, após a mudança do *layout*, toda a reconfiguração da produção e também a implantação do quadro de gestão proposto, fazer o levantamento atual de custos da célula de fabricação de baterias; elaborar e levantar dados para indicador atual peça por operador por dia; desenvolver plano de auditoria 5s para a área em específico; desenvolver um mural que evidenciam os números quanto a produtividade, eficiência e perdas, implantar a Matriz de Habilidades particular da célula; desenvolver e acompanhar o Mapa de Fluxo de Valor real, para checar o desenvolvido através da simulação real; Gerenciar OEE; e desenvolver e implantar um controle de qualidade na célula produtiva.

Acompanhamento: Ao longo do tempo, periodicamente apresentar formalmente o custo benefício do projeto *Kaizen*, fazendo o controle dos gastos evidenciando a economia que as mudanças estão trazendo através do fluxo de caixa, por exemplo, a diminuição da quantidade de retrabalho, além do monitoramento da satisfação dos operadores quanto ao novo ambiente de trabalho, e confirmar a data a qual o projeto será pago (*Payback*).

Caso a proposta de melhoria for executada, ao falarmos sobre a viabilidade econômica da alteração do *layout* celular, com uma conta simples a viabilidade é comprovada. A equipe de manutenção estimou os custos da mudança de *layout* de aproximadamente 20 mil reais, ou seja, ao eliminar os gastos com 8 operadores (R\$ 2605,37 mensal por operador), o *Payback* deste projeto estaria presente já no segundo mês.

Sobre o novo gerenciamento implantado desde o início deste trabalho, com o quadro de gestão à vista em prática, além da metodologia do *Lean Manufacturing* sendo disseminada, os colaboradores da célula demonstraram comprometimento e foram se moldando a cultura enxuta, assim como participaram de treinamentos e *brainstorm* para o novo *layout*. Este era um dos desafios cultural da empresa aliada ao comprometimento operacional como exposto na figura baixo.

Figura 38 - Mudança de postura e comprometimento operacional enxuto



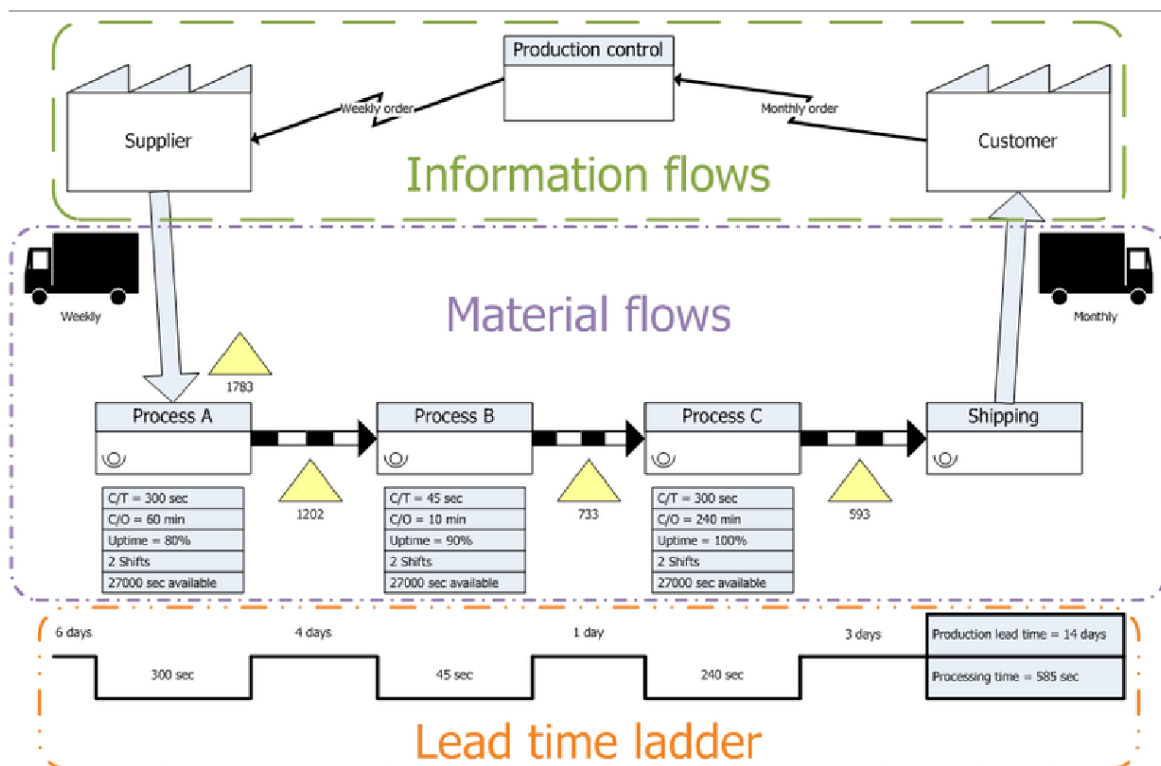
Fonte: Autor, 2017.

5 CONCLUSÃO

Com o trabalho apresentado, foi possível evidenciar na prática a importância das ferramentas *Lean*. O VSM (*Value Stream Mapping*), por exemplo, é uma ferramenta que permitiu enxergar o fluxo de materiais e informações facilitando o processo de identificação de oportunidades de melhoria e redução de desperdícios. Dentre seus benefícios, a identificação das atividades que não agregam valor, o aumento da percepção dos desperdícios e o modo de visualização simples do processo foram uns deles, tornando as decisões visíveis através da fotografia do cenário atual fazendo enxergar a capacidade futura.

Já sobre o Diagrama de espaguete, foi concluído que, em qualquer proposta de mudança de *layout*, este diagrama é um item fundamental para enxergar o antes e depois, mensurando o ganho que teve com a redução do tempo de ciclo da operação. Um dos fatores citados como limitação do trabalho no tópico com os resultados foi um dos desperdícios, a espera por disponibilidade de empilhadeira. Como já citado, o trabalho em específico não tem controle porque a análise foi feita em apenas uma célula de produção, com proposta de reduzir o *lead time* da célula. Porém, quando falamos em *lead time* da produção, estamos dizendo desde o pedido do cliente até a disponibilidade do produto para ele. O *lead time* de cada célula produtiva, de cada setor da empresa, inclusive o administrativo, de compra e venda, deve passar por *Kaizen* em proposta de formulário A3, reduzindo ou eliminando os desperdícios da fábrica em seu total, inclusive este sobre a espera da empilhadeira identificada durante este estudo. Após a busca contínua através de eventos *Kaizens* na empresa, um *lead time* completo estaria definido com o controle da produção, como o exemplo, novamente, de um VSM completo na figura na página seguinte.

Figura 39 - VSM sugerido após aplicação de *Kaizens* em toda planta industrial.



Fonte: Wikipédia, 2017.

Ainda sobre o formulário A3 que estará na parede para ser cumprido e acompanhado ao longo da mudança, sugere-se *Kaizens* em todas as células Produtivas e em departamentos administrativos. Ou seja, formulários A3 em toda a planta industrial em busca de melhoria contínua sempre. Deste modo, o anexo 3 traz o modelo de formulário A3 padrão para a empresa em estudo.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Junico. **Sistemas de Produção**: Conceitos e práticas para o projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Editora Bookman, 2008.

ARIOLI, Edir Edemir. **Análise e solução de problemas: o método da qualidade total com dinâmica de grupo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. **Gestão de qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010.

BERTINI, Gilson. **Aplicação da Ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor para Identificação de Desperdícios em uma Empresa de Refrigeração**. Trabalho de conclusão de curso. São Paulo, 2010.

BRIALES, A.J. **Melhoria contínua através do Kaizen: Estudo de caso da DaimlerChrysler do Brasil**, 156f - Dissertação de Mestrado em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2005.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total no estilo japonês**. 8ª ed. Belo Horizonte: Goiás, 2004.

FUJIMOTO, T. **The evolution of a manufacturing system at Toyota**. Oxford University Press, New York, 1999.

GHINATO, P. Elementos fundamentais do sistema Toyota de produção. In: ALMEIDA, A. T.; SOUZA, F. M. C. **Produção e competitividade**: aplicações e inovações. Recife: UFPE, 2000. p. 31-59.

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

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimento de construção**. 234 f. Tese de Doutorado em Engenharia Civil - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LEE, Quarterman. **Projeto de Instalações e do Local de trabalho**. São Paulo: Imam, 1998.

LIKER, J.K. MEIER, D. **O modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIMA, A. C. Práticas do pensamento enxuto em ambientes administrativos: aplicação na divisão de suprimentos de um hospital público – 201 f. Tese de Doutorado na Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MAIA, M.F. BARBOSA, W.M. Estudo da utilização da ferramenta mapeamento do fluxo de valor (MVF) para eliminação dos desperdícios da produção - **Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade federal de Viçosa**, 2006.

MARIANI, Celso A. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. **RAI - Revista de Administração e Inovação**. São Paulo, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79051/83123>>. Acesso em: 24 abr. de 2016.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P.; **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 1998.

PASQUALINI, F.; Mapeamento do Fluxo de Valor na Construção: Estudo de Caso em uma Construtora Brasileira. **Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**, 2005.

PEARSON, Academia. **Gestão da qualidade**. São Paulo: Pearson, 2011.

RIANI, A.M. **Estudo de Caso**: O Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson Monografia submetida a coordenação do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora. UFJF- Universidade Federal de Juiz de Fora. 2006.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar**. Lean Enterprise Institute, 2003.

ROTHER, M. HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. The Lean Institute Brasil, São Paulo, 2002.

SOUZA, Jeffeson M. PDCA e Lean Manufacturing: Estudo de caso de aplicação de processos de qualidade na Gráfica Alfa. **UNOPAR científica – Ciências Jurídicas e Empresarias**. Londrina, v.17, n.1, p.11-17, mar. 2016. Disponível em: <<http://pgsskroton.com.br/seer/index.php/juridicas/article/view/3705/3153>>. Acesso em: 24 set. 2016.

TAPPING, D; LUYSTER, T. & SHUKER, T. **Value Stream Management: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements**. Productivity Press. New York, 2002.

VICTOR, D.M.R. & GOMES, M.L.B. Proposta de melhoria contínua: estudo de caso em uma empresa de confecção do vestuário. **XIV Simpósio de Engenharia de Produção**, Bauru, 2007.

VITERBO JUNIOR, Ênio. **Sistema integrado de gestão ambiental: como implementar um sistema de gestão que atenda à norma ISO 14001, a partir de um sistema baseado na norma ISO 9001**. São Paulo: Araquariana: 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Campus: Rio de Janeiro, 1998.

WIKIPÉDIA. **Value stream mapping**. Disponível em :<https://en.wikipedia.org/wiki/Value_stream_mapping> Acesso em: 05 maio 2017

Anexo 3 - Folha padrão do formulário A3 sugerido

Logotipo da Empresa	FORMULÁRIO A3			Nº. 41.952.8242 Versão/Revisão: 1000 Data: 24/11/2018 Página: 1 de 1
Título: SETOR/CO	Data:	APROVAÇÕES: PROPOSTAS/RECOMENDAÇÕES		
SITUAÇÃO ATUAL				
SUGESTÕES				
CAUZ DO PROBLEMA				
PLANO DE AÇÃO (O que? Quando? Quem?) DESCRIÇÃO		RESPONSÁVEL	DATA DE INÍCIO	DATA DE FIM
ACOMPANHAMENTO				