

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

JONATHAS MACHADO CAVALCANTE

**ELENCAR PROCEDIMENTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE MAPEAMENTO
DE FLUXO DE VALOR PARA APLICAÇÃO PRÁTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
(TCC2)

CURITIBA

2018

JONATHAS MACHADO CAVALCANTE

**ELENCAR PROCEDIMENTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE MAPEAMENTO
DE FLUXO DE VALOR PARA APLICAÇÃO PRÁTICA**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antonio Reaes

CURITIBA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "ELENCAR PROCEDIMENTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR PARA APLICAÇÃO PRÁTICA", realizado pelo aluno(s) Jonathas Machado Cavalcante, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr Paulo Antonio Reaes

DAMEC, UTFPR

Orientador

Prof. Dra Cleina Yayoe Okoshi

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Prof. Me. Osvaldo Verussa Junior

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Curitiba, 28 de Junho de 2018.

RESUMO

CAVALCANTE, Jonathas Machado. Elencar Procedimentos de Mapeamento de Fluxo de Valor Para Aplicação Prática. 2017. 56 f. Monografia – Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

A obtenção de vantagem competitiva e a diferenciação no mercado são essenciais para uma organização se destacar e prosperar. Nesse contexto, a utilização de um sistema de manufatura flexível pode ser uma fonte de vantagem e diferenciação, entretanto, implementar o Sistema Toyota de Produção ainda é um grande obstáculo para empresas pela falta de conhecimento das ferramentas disponíveis. Desta forma, o presente trabalho se propõe a estudar o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), uma ferramenta ainda pouco utilizada que faz parte do conjunto das técnicas e conceitos da manufatura enxuta. Além do estudo teórico conceitual através da leitura e estudo dos referenciais bibliográficos sobre o tema, realizar-se-á um levantamento estatístico de vários estudos de caso em que são aplicadas aos procedimentos de implementação do MFV. Através da análise criteriosa dos artigos com as maiores reduções de *lead time*, constatou-se que na literatura e em artigos publicados essas ferramentas são apresentadas de forma teórica, porém existem poucos de aplicação delas em indústrias e menos ainda. Portanto, o escopo deste trabalho é elencar esses procedimentos, discorrer sobre elas e apresentar exemplos práticos, de casos reais, em quem esses procedimentos foram aplicadas com sucesso.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta. Mapeamento do Fluxo de Valor. Eliminação de Desperdícios. Sistema Toyota de Produção. Procedimentos do MFV.

ABSTRACT

CAVALCANTE, Jonathas Machado. Elencar Procedimentos de Mapeamento de Fluxo de Valor Para Aplicação Prática. 2017. 56 f. Monografia – Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Obtaining competitive advantage and market differentiation are essential for an organization to excel and thrive. In this context, the use of a flexible manufacturing system can be a source of advantage and differentiation; however, the implementation of the Toyota production system is still a major obstacle for companies due to a lack of knowledge of the available tools. In this way, the present work proposes to study Value Stream Mapping, a very recent and still little used tool that is part of the set of techniques and concepts of lean manufacturing. In addition to the conceptual theoretical study through the reading and study of the bibliographic references on the subject, a statistical survey will be made of several case studies in which they are applied to the procedures of implementation of the MFV. Through the careful analysis of the articles with the largest reductions in lead time, it was found that in the literature and in published articles these tools are presented in a theoretical way, but there are few of them applied in industries and even fewer if they were successful or not. Therefore, the scope of this work is to list these procedures, to discuss them and to present practical examples of real cases in which these procedures were successfully applied.

Keywords: Lean Manufacturing. Value Stream Mapping. Disposal of waste. Toyota Production System. VSM procedures.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Estruturação de ferramenta de mapeamento do fluxo de valor.....	13
Figura 2 Ícone de estoque.....	14
Figura 3 Processo isolado e processo contínuo.....	15
Figura 4 Quadro Kanban.....	16
Figura 5 Exemplo de <i>Heijunka Box</i> , ordenada por sequência e tempo.....	16
Figura 6 Caixa de processos.....	17
Figura 7 Caixa de dados.....	17
Figura 8 Empresas.....	18
Figura 9 Elemento de necessidade de melhoria.....	21
Figura 10 Mapa Atual.....	23
Figura 11 Mapa do estado futuro.....	29
Figura 12 Fluxograma da metodologia de pesquisa do estado da arte.....	32
Figura 13 Tempos de operação e de máquinas antes (acima) e depois (abaixo).....	34
Figura 14 Ilhas isoladas.....	35
Figura 15 Fluxo contínuo.....	35
Figura 16 Resultados da aplicação do MFV nas empresas analisadas.....	36
Figura 17 Mapa do estado atual da indústria madeireira.....	38
Figura 18 Comparação entre os tempos de ciclo e o <i>takt time</i> da família de <i>boards</i>	39
Figura 19 Mapa do estado futuro da indústria madeireira.....	41
Figura 20 Comparação entre estado atual e estado futuro.....	42
Figura 21 Mapa do estado atual.....	43
Figura 22 Mapa do estado futuro.....	44

Figura 23 Sistema puxado com supermercado.....	45
Figura 24 Selecionando o processo puxador.....	47
Figura 25 Mapa do estado atual para empresa de confecção.....	49
Figura 26 Mapa do estado futuro para empresa de confecção.....	51
Figura 27 Comparação entre estados atual e futuro da empresa de confecção.....	52
Figura 28 Ícone para nivelamento de carga.....	52
Figura 29 Mapa do estado atual da indústria de gesso.....	55
Figura 30 Mapa do estado futuro para indústria de gesso.....	56
Figura 31 Comparativo dos resultados esperados.....	57
Figura 32 Exemplo de retirada compassada.....	58
Figura 33 Exemplo de método para determinação do tamanho dos lotes iniciais.....	60
Figura 34 MFV feito com FlexSim VSM.....	63
Figura 35 Mapa atual da empresa.....	65
Figura 36 Mapa futuro após implementação do MFV e seus procedimentos.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Elementos de estoque e movimentação	19
Tabela 2 Elementos do fluxo de informação	20
Tabela 3 Síntese dos artigos, trabalhos acadêmicos e vídeos utilizado.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LM *Lean manufacturing* (Manufatura Enxuta)

MFV Mapeamento do fluxo de valor

FIFO First in First out

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1.	Contexto do tema	9
1.2	Caracterização do problema	9
1.3	OBJETIVOS	10
1.4	JUSTIFICATIVA	11
2	Fundamentação Teórica	12
2.1	Valor e fluxo de valor	13
2.2	Mapeamento do fluxo de valor	14
2.2.1	Conceitos importantes do MFV	15
2.2.2	Elementos do fluxo de valor	18
2.2.3	Levantamento do estado atual	22
2.2.4	Mapa de estado futuro	25
2.2.5	Criação do mapa de estado futuro	26
3	METODOLOGIA	31
3.1	Descrição da Metodologia	31
3.2	Justificativa da Metodologia	32
3.3	Metodologias e técnicas de ensino	32
4	Proposta de Guia e Roteiro Didático para o Ensino dos Procedimentos do MFV	34
4.1	Aplicação dos Sete Procedimentos para Redução dos Desperdícios	34
4.1.1	Produza de acordo com o <i>takt time</i>	34
4.1.2	Desenvolva um fluxo contínuo onde for possível	35
4.1.3	Uso de Supermercados para controlar a produção onde o Fluxo Contínuo não puder ser aplicado	45
4.1.4	Tente evitar a programação do cliente para apenas um processo de produção	47
4.1.5	Distribua a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo no processo puxador (Nivele o <i>mix</i> de produção)	53
4.1.6	Crie uma “puxada inicial” com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador (Nivele o volume de produção)	58
4.1.7	Desenvolver a habilidade de fazer “toda peça todo dia” (depois a cada turno, a cada hora ou palete ou <i>pitch</i>) nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador	60
4.1.8	Síntese dos artigos, trabalhos acadêmicos, vídeos, empregados nos sete procedimentos	62
4.2	Software para auxiliar a aplicação do MFV e seus procedimentos na prática	63
4.3	Exemplo de Mapa Atual e Mapa Futuro após os procedimentos	65
4.4	Conclusão	65
5	CONCLUSÃO	68
6	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo descreve-se o foco deste trabalho, bem como a contextualização, seus objetivos e sua justificativa.

1.1. Contexto do tema

A competitividade no mercado é grande e, para se vencer entre tantos concorrentes devem-se ter preços, prazos e níveis de qualidade diferenciados com relação aos concorrentes. Para se obter tais resultados é necessária uma contínua evolução na gestão da produção e nos seus “métodos”, além de ser preciso também, redução dos custos para se atingir uma margem de lucro satisfatória.

Entre os mais conhecidos exemplos dessa evolução está a filosofia *Lean Manufacturing*, ou Manufatura Enxuta, que surgiu nos anos 60 na *Toyota Motor Corporation*, e logo se tornou referência mundial, pois visa sempre a eliminação de desperdícios, assim como a flexibilização da produção e a qualidade dos produtos (OHNO, 1997).

Segundo o mesmo autor, eliminar totalmente os desperdícios é o foco do sistema de produção enxuta. Dentre as várias ferramentas existentes para se identificar os desperdícios está o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), que segundo Rother e Shook (2003), permite a visão do fluxo de materiais desde a matéria prima até as mãos do consumidor, desta forma é possível identificar e eliminar tudo o que for desnecessário.

1.2 Caracterização do problema

As publicações sobre o MFV se restringem a estudos de caso, em que a ferramenta é aplicada e os resultados são comparados com a situação antes do uso da ferramenta. Durante esta pesquisa, as buscas por materiais de consulta não encontraram nenhuma publicação que fizesse um levantamento da aplicação de cada procedimento do MFV, bem como os resultados dessa aplicação. Portanto, a aplicação da ferramenta do MFV se baseia na expectativa de que haverá uma melhora, mas nada se sabe quanto ao resultado que se espera obter com base no universo dos estudos anteriores de aplicação desta ferramenta.

Rother e Shook (2003) afirmam que para que se possa usar todo o potencial do MFV, é importante que se tenha um *sensei*, ou seja, um instrutor ou professor. Entretanto, por ter sido criada há pouco tempo, é difícil encontrar um profissional que tenha ampla experiência, o que faz com que a grande parte dos usuários possuem pouco ou nenhum conhecimento do MFV. Associado a isso, a manufatura enxuta ainda é muito associada à cultura japonesa, desta forma, as empresas ocidentais acreditam que não é possível adaptar este sistema à sua realidade (SANTOS, 2007).

Paralelamente, o MFV é uma ferramenta que permite visualizar o fluxo de valor como um todo e a partir daí, facilitar a aplicação de técnicas de manufatura enxuta para redução de desperdícios. O uso desta ferramenta deve estar atrelado a um conhecimento específico das melhores práticas do pensamento enxuto, o que nem sempre faz parte dos conhecimentos e habilidades de quem deseja aplicar o MFV.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é fazer um guia ou roteiro didático apresentando os procedimentos de implementação do MFV, através de pesquisas na literatura e em estudos de caso, documentar a sua aplicação, verificar os resultados, e elaborar de forma didática, um material abordando cada procedimento com exemplos práticos e reais, com números e resultados, de aplicação dos procedimentos do MFV nas indústrias.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Apresentar a fundamentação teórica para a utilização dos procedimentos do MFV;
- Levantar e documentar exemplos da aplicação dos procedimentos do MFV de forma didática através de estudos de casos disponíveis na literatura, materiais de suporte nos sites das universidades, em empresas de consultoria e treinamento.
- Elaborar um guia e roteiro didático para o ensino dos procedimentos do MFV a ser utilizado nas disciplinas de gestão da produção nos cursos de engenharia, com slides, estudos de casos, vídeos, dinâmicas, jogos e *softwares*.

1.4 JUSTIFICATIVA

Este trabalho acadêmico pode representar uma contribuição positiva para as empresas fabris. Uma vez que, a aplicação do MFV ainda é pequena em relação ao potencial que apresenta, sendo necessária a comprovação de sua eficácia para disseminar o seu uso nas mais diversas indústrias. Além disso, por ser uma ferramenta ainda não tão utilizada, a apresentação e a análise de diversos estudos de caso selecionados, irá disponibilizar as melhores práticas de usuários experientes.

Por outro lado, este trabalho também representa uma contribuição para a área acadêmica e para o aprimoramento dos conteúdos e dos materiais de suporte para o ensino dessas competências nas disciplinas ministradas nos cursos de gestão da produção. Na literatura e/ou em estudos de casos pouco se fala sobre exemplos práticos de aplicações dos procedimentos do MFV.

Finalmente, por ser a gestão industrial um tema interdisciplinar dentro dos conhecimentos específicos da engenharia mecânica e de grande interesse e atualidade, será ocasião de aquisição de uma nova competência para o autor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos fundamentais para um melhor entendimento do tema estudado no presente trabalho.

É apresentada a manufatura enxuta bem como sua contextualização histórica desde seu surgimento no Sistema Toyota de Produção. Também é apresentado o conceito do MFV e os procedimentos para sua implementação, objeto de estudo deste trabalho.

O conceito de manufatura enxuta surgiu no Japão logo após a segunda guerra mundial. Naquele tempo a pressão que a indústria japonesa sofria era muito grande. Por um lado, a forte concorrência das empresas americanas, por outro, a falta de recursos devido a guerra. Conseqüentemente as empresas japonesas precisaram produzir utilizando os recursos escassos de forma mais eficiente.

A produção enxuta ou *Lean Manufacturing* pode ser descrita, de forma simples, da seguinte maneira:

A produção enxuta é 'enxuta' por utilizar menores quantidades de tudo. Comparando-se com a produção em massa: metade dos esforços dos operários na fábrica, metade do esforço para a fabricação, metade do investimento das ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolverem novos produtos em metade do tempo. Requer também, menos da metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos (WOMACK e JONES, 2004, p.42).

Os mesmos autores descrevem uma série de princípios os quais diferenciam a manufatura enxuta da manufatura tradicional, dentre eles se destacam os seguintes:

- 1 Minimização de estoques intermediários;
- 2 Diminuição de transportes internos;
- 3 Produção puxada pelo cliente;
- 4 Nivelamento da produção;
- 5 Redução do tempo de setup;
- 6 Padronização do trabalho;

- 7 Equipes multifuncionais;
- 8 Melhoria do processo;
- 9 Diminuição do nível de falhas.

Womack e Jones (2004) ainda acrescentam que um dos principais focos da manufatura enxuta, senão o principal, é a eliminação de desperdícios, e é nesse ponto que se encaixa o MFV. Para compreender o princípio desse mapeamento de forma mais clara é necessário entender os conceitos de valor, fluxo de valor e desperdícios que serão explanados a seguir.

2.1 Valor e fluxo de valor

O conceito de valor, de um bem ou de um serviço, está diretamente relacionado à visão do cliente final, independentemente deste valor ser unicamente agregado pelo produtor ou não. Para Womack e Jones (2004) o valor é o ponto essencial para implantação da manufatura enxuta e, como o valor é definido pelo cliente final, o pensamento enxuto se volta principalmente para as necessidades deste.

Por outro lado, segundo Schonberger (1986), é importante ressaltar que nem todas as operações que são realizadas agregam valor ao produto:

- Atividades que não agregam valor (*Non-value Aggregate Activities – NVAA*);
- Atividades que agregam valor (*Value Aggregate Activities – VAA*).

De forma genérica, o objetivo principal da manufatura enxuta é eliminar todas as atividades NVAA e priorizar as atividades VAA.

Já o fluxo de valor, segundo Rother e Shook (2003), é toda ação, que agregando valor ou não, seja necessária para trazer um produto por todos os seus fluxos essenciais, isto é, o fluxo de produção desde a demanda do consumidor até o próprio consumidor. A definição de fluxo de valor não se implica apenas nas situações pontuais, mas na visão do processo como um todo, diferenciando-se assim o MFV das demais ferramentas existentes na manufatura enxuta.

2.2 Mapeamento do fluxo de valor

Mapear o fluxo de valor é percorrer o caminho de todo o processo de transformação de material e informação do produto. O mapeamento de fluxo completo é muito abrangente, pois pode envolver outras unidades produtivas e até outras empresas.

A estrutura da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor, mostrada na Figura 1 a seguir, trabalha com dois mapas principais do fluxo de valor: o mapa atual, que é a situação de momento da linha de produção; e o mapa futuro, o qual se deseja implantar; definindo assim três pontos importantes desta ferramenta:

- 1 - O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta de melhoria contínua;
- 2 - A definição das melhorias leva em consideração a visão do cliente;
- 3 - A comunicação com outras ferramentas de produção para maximizar seus efeitos.



Figura 1 Estruturação da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor

Fonte: Rother e Shook (2003)

É importante descrever também o processo de melhoria contínua. Ishikawa (1993) reitera que o importante não é o tamanho de cada passo, mas a probabilidade de que o melhoramento vai continuar, implicando assim literalmente em um processo sem fim. Isto se reflete na criação de mapas futuros tangíveis a curto e médio prazo, ou até, caso se deseje, pode-se criar um terceiro tipo de mapa, conhecido como mapa do estado ideal, o qual se deseja atingir após vários ciclos de utilização da ferramenta.

Para o MFV a visão do cliente é importante, pois é ela que define se a atividade agrega ou não valor ao produto, conseqüentemente classificando-a como desperdício ou não.

Deve-se ressaltar que o mapeamento de fluxo de valor é uma ferramenta na qual a unidade produtiva é descrita em detalhes. Contudo, ela não define uma ordem ou senso de urgência para os desperdícios encontrados nem uma forma de eliminá-los.

Para Rother e Shook (2003) as principais vantagens do MFV são:

- 1 Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais;
- 2 Ajuda a identificar mais do que os desperdícios. Mapear ajuda a identificar as fontes causadoras de desperdício;
- 3 Fornece uma linguagem comum para tratar os processos de manufatura;
- 4 Torna o fluxo visível a todos, abrindo espaço para opiniões e discussões;
- 5 Une conceitos e técnicas enxutas, que ajudam a evitar a aplicação de algumas técnicas isoladamente;
- 6 Forma a base de um plano de implantação. O desenho de como o fluxo de valor total de porta-a-porta deveria tornar-se referência e uma meta comum a ser atingida;
- 7 Apresenta a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- 8 É uma ferramenta qualitativa que descreve, em detalhes, qual é o caminho para a unidade produtiva operar em fluxo.

2.2.1 Conceitos importantes do MFV

Alguns conceitos do MFV, segundo Rother & Shook (2003) são de extrema importância para o entendimento deste trabalho, os quais são elencados abaixo:

1 Estoque: é uma reserva de material que se deve ser utilizado quando necessário, seu símbolo está representado na Figura 2;

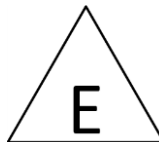


Figura 2 - Ícone de Estoque
Fonte: Rother e Shook (2003)

2 Excesso de produção: é um produto acabado que não é retirado pelo cliente final;

3 Processos Isolados e Fluxo Contínuo, conforme ilustra a Figura 3, onde mostra na parte superior uma linha de produção com processos isolados e na parte inferior já com a implantação do fluxo contínuo:

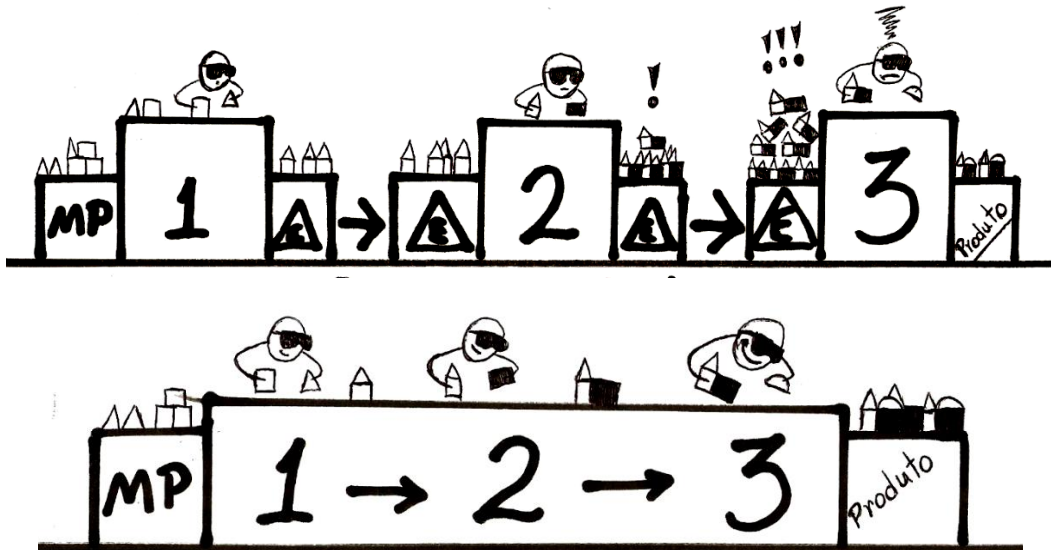


Figura 3 – Processo isolado e processo contínuo
Fonte: Modificado de Rother & Shook, 2003, p. 45.

4 FIFO – First in first out: o primeiro item a entrar nesse tipo de estoque é o primeiro a ser disponibilizado para as etapas posteriores;

5 Produção em sistema puxado: o cliente deve ser o puxador. Históricos devem ser utilizados de maneira a criar uma faixa de normalização de volume;

6 Supermercado: é o local onde o processo cliente pode “comprar” o que necessita. Este tipo de estoque inteligente gera uma informação de produção.

7 Kanban: *Kanban* significa “cartão visual” em japonês. Os principais objetos da utilização desta ferramenta são:

- A visualização imediata da demanda real do processo cliente;
- Evitar excesso produtivo e geração de estoques desnecessários;

Na figura 4 está ilustrado um quadro *kanban* identificando quando cada peça é produzida através dos cartões.

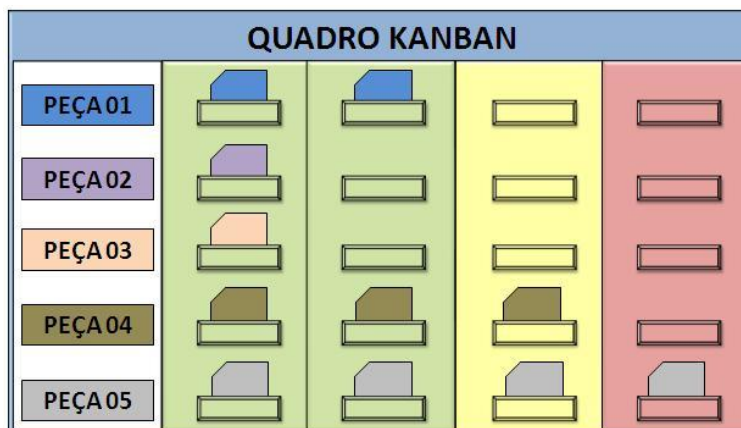


Figura 4 – Quadro Kanban

Fonte: Borcz (2003)

8 Nivelamento: Ferramenta para interceptar lotes de *kanban* e nivelar seu volume e *mix* por um período de tempo.

Para fazer este nivelamento faz-se uso de uma ferramenta importante, a *Heijunka Box*, ou caixa de nivelamento de carga, que funciona de forma semelhante ao quadro *Kanban* (Fig. 4), porém com uma função adicional de regular a ordem dos itens produzidos, de modo que se distribua a carga de trabalho ao longo do tempo, permitindo que seja fornecido aos processos posteriores os itens necessários, na sequência desejada. A Figura 5 é um exemplo da *Heijunka Box*. Os números localizados na parte superior do quadro representam o horário de produção.

Quadro de nivelamento da carga (Heijunka box)

Kanbans são atendidos da esquerda para a direita na medida do incremento "pitch"

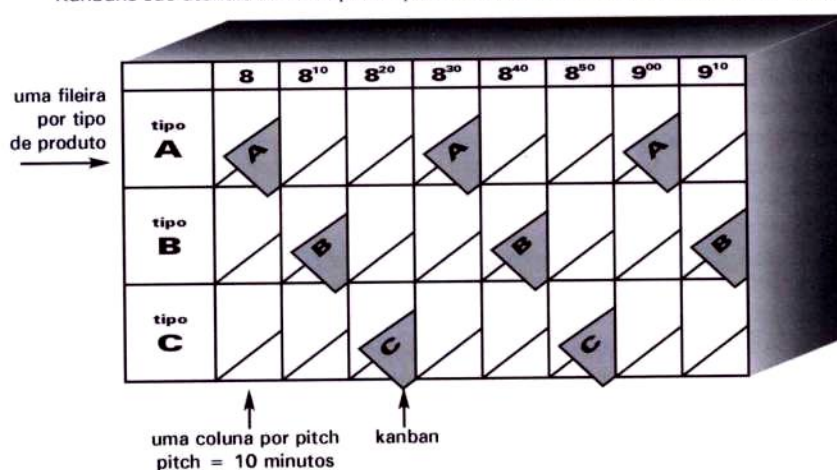


Figura 5 - Exemplo de *Heijunka Box*, ordenada por sequência e tempo

Fonte: Rother e Shook (2003)

2.2.2 Elementos do fluxo de valor

De acordo com Rother e Shook (2003), os elementos de fluxo de valor podem ser divididos em três categorias principais: fluxo de material, fluxo de informação e ícones gerais. A seguir serão descritos esses três conceitos.

Elementos de fluxo de material

Estes elementos podem ser divididos em quatro categorias: processo, empresa, transporte e estoque.

Para indicar um processo no mapa de fluxo de valor é utilizada a caixa de processo, conforme mostrado na Figura 6 a seguir:



Figura 6 - Caixa de processo
Fonte: Rother e Shook (2003)

Uma caixa de processo indica o processo no qual o material está fluindo, isto é, um conjunto de operações próximas fisicamente nas quais o material flui de forma adequada sem criar grandes estoques intermediários. Na prática, os vários processos entre os quais o fluxo pode ser considerado enxuto, podem ser tratados em uma única caixa de processo.

Em conjunto com a caixa de processo tem-se a caixa de dados (ilustrada na Fig. 7), na qual devem ser inseridas informações relevantes para o processo.

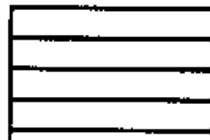


Figura 7 - Caixa de dados
Fonte: Rother e Shook (2003)

As informações relevantes, a serem inseridas na caixa de dados, variam de acordo com o processo. Para Rother e Shook (2003) as mais utilizadas são:

- 1 Tempo de ciclo (T/C): Frequência com que uma peça ou produto é realmente completado em um processo;
- 2 Tempo de troca (TR): É o período em que a produção fica interrompida durante a preparação do processo;
- 3 Disponibilidade (operacional, mão de obra, entre outras);
- 4 Tamanho dos lotes de produção (TLP): Pode ser informado tanto em quantidade de peças, representando o tamanho do lote de produção, quanto em dias, significando a frequência na qual um lote do produto é realizado;
- 5 Número de operadores;
- 6 Número de variações do produto;
- 7 Tamanho de embalagem;
- 8 Tempo de embalagem;
- 9 Tempo de trabalho;
- 10 Taxa de refugo.

O ícone empresas, ilustrado na Fig. 8, é utilizado para representar clientes, fornecedores e processos de produção externos.



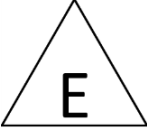

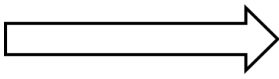

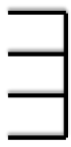
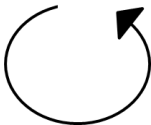

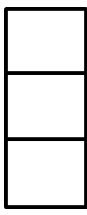
Figura 8 – Empresas
Fonte: Rother e Shook (2003)

A Tabela 1 mostra os elementos mais utilizados no mapeamento do fluxo de valor para estoque e movimentação.

Deve-se ressaltar que os elementos citados foram os que são mais utilizados, no entanto podem-se criar novos elementos para atender as necessidades específicas

dos processos que serão mapeados. Caixas de informações podem ser anexadas aos símbolos ligados ao fluxo de materiais com informações importantes, sempre que necessário.

Tabela 1 Elementos de estoque e movimentação




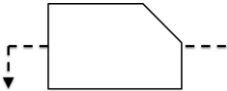
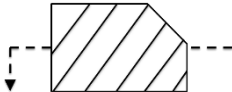
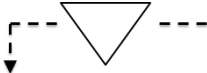



Ícones	Representa	Descrição
	Estoque	Ilustra onde há acúmulo de material no fluxo de produto.
	Entrega via caminhão	Esses dois ícones (caminhão e seta em branco) aparecem em conjunto para indicar tanto o fluxo advindo do fornecedor como o direcionado para o cliente. A simbologia do caminhão pode ser trocada pelo meio de transporte utilizada de acordo com a necessidade.
	Movimento de produtos acabados para o cliente	
	Movimento de materiais da produção empurrado	Indica o fluxo de material que é movido ao próximo processo sem que o mesmo o necessite. A movimentação não leva em consideração a necessidade real do processo posterior.
	Supermercado	Indica um estoque controlado de peças que é usado para a programação da produção em um processo anterior
	Retirada	Indica a puxada de materiais, geralmente de um supermercado.
	Transferência de quantidades controladas de material entre processos.	Indica um dispositivo para limitar a quantidade e garantir o fluxo de material seguindo o princípio "primeiro a entrar, primeiro a sair", também conhecido como FIFO.
	Estoque de segurança ou pulmão	Indica o local para armazenar estoques de segurança ou pulmões.

Adaptado de Rother e Shook (2003)

Elementos de fluxo de informação

Descrever este fluxo de informação de uma empresa exige muito, e colocá-lo de forma ordenada não é uma tarefa fácil. A Tabela 2 descreve os principais elementos utilizados para descrever o fluxo de informações, contudo podem ser criados outros elementos, de acordo com a necessidade da linha de produção, para facilitar a visualização do fluxo.

Tabela 2 Elementos do fluxo de informação

Ícones	Representa	Descrição
	Fluxo de informação manual	Indica que o a programação é realizada de forma manual.
	Fluxo de informação eletrônica	Indica que a programação é feita de forma eletrônica.
	Informação	Descreve um fluxo de informação.
	<i>Kanban</i> de produção (linhas pontilhadas indicam a rota do <i>kanban</i>)	Um cartão ou dispositivo que avisa um processo a quantidade a ser produzida e da permissão para fazê-lo.
	<i>Kanban</i> de retirada	Um cartão ou dispositivo que instrui o movimentador de material para a obtenção e transferência de peças.
	<i>Kanban</i> de Sinalização	Sinaliza quando o ponto de reposição é alcançado e outro lote precisa ser processado.
	Bola para puxada sequencial	Dá instrução para produzir imediatamente uma quantidade e tipo pré-determinado, geralmente uma unidade. Um sistema puxado para processos de montagem sem usar um supermercado.
	Posto de <i>kanban</i>	Local onde o <i>kanban</i> é coletado e onde são nivelados seu volume e mix de produção.
	Nivelamento de carga	Ferramenta para interceptar lotes de <i>kanban</i> e nivelar seu volume e mix por um período de tempo.

Adaptado de Rother e Shook (2003)

Elementos Gerais

Quando se realiza o mapeamento do fluxo de valor é comum encontrar oportunidades de melhorias. Estas melhorias devem ser anotadas no mapa de estado futuro para garantir que elas sejam consideradas durante a elaboração do mapa do fluxo de valor do estado futuro. Para que isso seja feito pode-se utilizar o elemento da Figura 9.



Figura 9 - Elemento de necessidade de melhoria

Fonte: Rother e Shook (2003)

2.2.3 Levantamento do estado atual

De acordo com Rother e Shook (2003), fazer o mapeamento do fluxo de valor significa seguir a trilha de produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor e, cuidadosamente, desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação.

O levantamento do estado atual é importante para conhecer a realidade da produção e através dele analisar e propor melhorias necessárias para que o processo produtivo possa progredir e evoluir.

O primeiro passo é determinar e estabelecer as demandas do consumidor para o produto ou família que será analisado e adicionar este elemento no canto superior direito do mapa, com o elemento fábrica e uma caixa de dados.

O próximo passo é utilizar as caixas de processo para desenhar os processos básicos de produção. O fluxo de material é desenhado da esquerda para a direita, na parte central e inferior do mapa, de acordo com a sequência de processo do produto. Deve-se indicar os pontos de acúmulo de estoque, supermercados e outras situações onde o fluxo de material para. Pode-se adicionar ao mapa, sempre que necessário,

informações complementares e ideias de melhoria, os quais devem ser adicionados através de caixa de dados e do elemento necessidade de melhoria.

Segundo Rother e Shook (2003) as informações anexadas ao processo devem ser colhidas no fluxo real da linha durante o mapeamento e não se deve utilizar informações de documentos, pois os mesmos raramente refletem a realidade da linha de produção.

Assim, define-se o fluxo de valor. Assim, é necessário calcular ainda os *lead times* do processo e tempo real de processamento. *Lead time*, segundo Rother e Shook (2003), é o tempo que uma peça leva para mover-se ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor, do começo ao fim. Por exemplo, para o estoque os *lead times* são estimados pela Equação 1.

$$lead\ time = \frac{\text{quantidade em estoque}}{\text{n}^{\circ} \text{ pedidos diários do cliente}} \text{ [dias]} \quad (1)$$

O exemplo de lead time para estoque encontra-se na Fig. 10. Temos assim, portanto, o mapeamento do estado atual concluído. Segue-se na Fig. 10 um exemplo de mapeamento do estado atual de Rother e Shook (2003).

Como exemplo podemos fazer cálculo do lead time para o estoque produzido entre a estamparia e a solda na Fig. 10. Fazendo-se o estoque disponível entre elas, que é de 4600 peças, dividido pelo número de pedidos diários, que é 2400, o *lead* será de 1,96 dias.

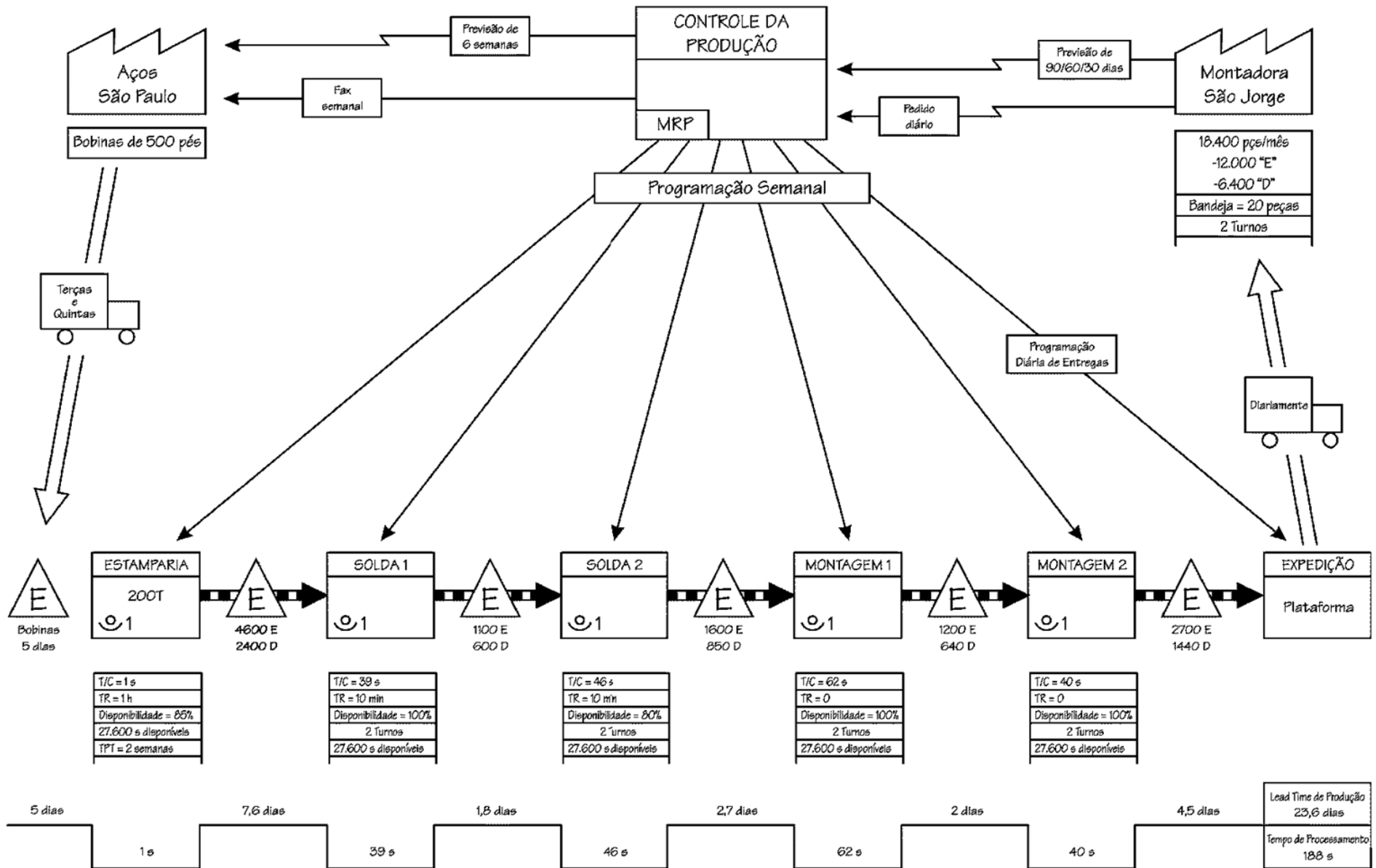


Figura 10 - Mapa atual
Fonte: Rother e Shook (2003)

2.2.4 Mapa de estado futuro

O mapa do estado futuro é criado a partir do estado atual, sendo desenvolvido a partir dos conceitos da manufatura enxuta. O intuito é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais são articulados aos seus clientes, seja por meio de um fluxo contínuo ou por um processo puxado. Dessa forma cada processo será capaz de produzir apenas o que os clientes necessitam e quando necessitam, ou se aproximar o máximo possível dessa necessidade (ANDRADE, 2002). Soma-se a isso o fato de que o MFV tem como objetivo identificar e eliminar os desperdícios, atendendo ao pensamento enxuto.

Desperdícios

Desperdício é toda e qualquer atividade que não agrega valor para o cliente, isto é, todas as atividades NVAA. Há vários tipos de desperdícios, porém Hines e Rich (1997) classificam os desperdícios em sete tipos diferentes:

- 1 Superprodução;
- 2 Espera;
- 3 Transporte;
- 4 Processo inapropriado;
- 5 Estoque desnecessário;
- 6 Movimentos desnecessários;
- 7 Defeitos.

A **superprodução** é o mais grave dos desperdícios, pois entra em discordância com a definição de manufatura enxuta, inibindo o fluxo de produção suave, diminuindo a agilidade de resposta a problemas de falta de qualidade e criando elevados estoques dentro do processo.

Já a **espera** está associada com o tempo usado de forma ineficiente, atingindo tanto produtos quanto pessoas. Para produtos, por exemplo, sempre que o mesmo não está sendo trabalhado ou movimentado está ocorrendo desperdício de tempo.

Transportes são atividades necessárias, mas que não agregam valor ao produto. Estas atividades, de acordo com o pensamento *lean*, devem ser mantidas no mínimo necessário.

Processo inapropriado está ligado com a escolha ineficiente de máquinas, e Hines e Rich (1997) ressaltam que o ideal é trabalhar com menores máquinas possíveis, isto é, máquinas menores de acordo com o necessário com relação a capacidade da linha de produção e do *takt time* da mesma, próximas ao processo, capazes de garantir a qualidade necessária. Por exemplo, se com uma prensa de duas toneladas é possível fabricar determinada peça não será necessário usar uma de dez toneladas.

A presença de **estoques desnecessários** ao longo do fluxo aumenta o *lead time*, diminui a capacidade de resposta rápida a problemas de não qualidade, incentivando a superprodução, aumentando os custos de estocagem, diminuindo a competitividade da empresa.

Movimentos desnecessários estão relacionados diretamente a ergonomia. Este desperdício causa a fadiga do operador o que o leva a uma baixa produtividade, influenciando diretamente no aumento do nível de defeito.

O último tipo de desperdício, segundo Hines e Rich (1993), é **defeito**, o qual está ligado com problemas de qualidade, tendo por consequência uma relação direta com custos.

2.2.5 Criação do mapa de estado futuro

De acordo com Rother e Shook (2003), oito questões devem ser consideradas para criar um fluxo de valor de estado futuro, também conhecidas como ferramentas do MFV, as quais são o foco deste trabalho. São elas:

- 1 Qual é o *takt time*?
- 2 A produção será realizada para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?
- 3 Onde é possível implantar o fluxo contínuo?
- 4 Onde será necessária a utilização de supermercados de produção para controle dos processos anteriores?
- 5 Em que ponto da cadeia produtiva será programada a produção?
- 6 Como o *mix* de produção será nivelado no processo puxador?
- 7 Quais as quantidades de incremento de trabalho serão liberadas e com qual frequência no processo puxador?

- 8 Quais melhorias serão necessárias para que os processos se comportem como projetado do estado futuro?

Para responder estas questões deve-se ter conhecimento dos conceitos de produção envolvidos e do que pode ser melhorado.

2.2.5.1 Procedimentos do Mapeamento de Fluxo de Valor

A partir das respostas para as perguntas anteriores têm-se os procedimentos ou características para se implantar o MFV, são eles:

- 1) Produza de acordo com o seu *takt time*

O *takt time* é calculado dividindo-se o tempo de trabalho disponível por turnos pela quantidade de produtos requerida pelos clientes neste intervalo como segue na Equação 2.

$$\textit{takt time} = \frac{\textit{tempo de trabalho disponível}}{\textit{demanda do cliente}} \quad (2)$$

Produzir de acordo com o *takt time* significa produzir apenas aquilo que o cliente precisa e quando ele precisa, garantindo uma das bases da produção puxada. Para que isso ocorra, o tempo de ciclo deve tender ao valor do *takt time*, sincronizando a capacidade da planta com a necessidade do cliente.

- 2) Desenvolva um fluxo contínuo onde for possível

O fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada (ROTHER; SHOOK, 2003).

- 3) Use supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não puder ser aplicado

Os supermercados são pontos de transição entre fluxos de velocidades diferentes. Geralmente utiliza-se os supermercados onde o fluxo contínuo não é possível de ser estabelecido ou a movimentação de cada peça de maneira individual não é viável.

- 4) Tente evitar a programação do cliente para apenas um processo de produção

A partir de um ponto único que recebe a programação a ser executada em todo o fluxo é estabelecido o “processo puxador”. Segundo Rother e Shook (2003), geralmente este processo é o mais próximo ao cliente final, e a maneira como a produção é controlada neste processo define o ritmo para todos os processos anteriores.

- 5) Distribua a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo no processo puxador (nivele o *mix* de produção)

Nivelar o *mix* de produtos significa distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo (ROTHER; SHOOK, 2003).

Há muitas empresas que consideram vantajoso produzir grandes lotes e evitar a troca frequente de ferramentas e dispositivos. Rother e Shook (2003) acreditam que isso cria problemas como redução na flexibilidade no atendimento aos clientes e geração de grandes volumes de estoques. Quanto mais nivelado estiver o *mix* de produção, mais apto estará para responder às diversas solicitações dos clientes com um *lead time* pequeno, mantendo um estoque de produtos acabados pequeno.

- 6) Crie uma “puxada inicial” com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador (nivele o volume de produção).

Rother e Shook (2003) condenam a prática de programar grandes quantidades de produtos com grandes intervalos de tempo entre programações. É necessário que se estabeleça um ritmo na liberação dos incrementos de produção, para que se mantenha a noção do *takt time* e possibilite que o andamento da produção seja monitorado. Ademais, utilizando-se “passos mais curtos”, a flexibilidade frente às mudanças nos pedidos por parte dos clientes aumenta.

Para facilitar este nivelamento, geralmente se utiliza a ferramenta *Heijunka Box*, já citada anteriormente neste trabalho.

- 7) Desenvolva a habilidade de fazer “toda peça todo dia” (depois a cada turno, a cada hora ou palete ou *pitch*, que é a capacidade do container multiplicado

pelo *takt time*, isto é, o tempo para completar uma embalagem) nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador.

Através da redução dos tempos de troca e produzindo lotes menores nos processos anteriores, esses processos serão capazes de responder às mudanças posteriores mais rapidamente. Por sua vez, eles requererão ainda menos estoque nos supermercados (ROTHER; SHOOK, 2003).

Respondendo todas as oito questões citadas anteriormente, e seguindo estes 7 procedimentos apresentados, obtém-se o mapa do estado futuro. Abaixo segue um exemplo, de Rother e Shook (2003), de mapa de estado futuro da linha de produção utilizada como exemplo na Figura 11.

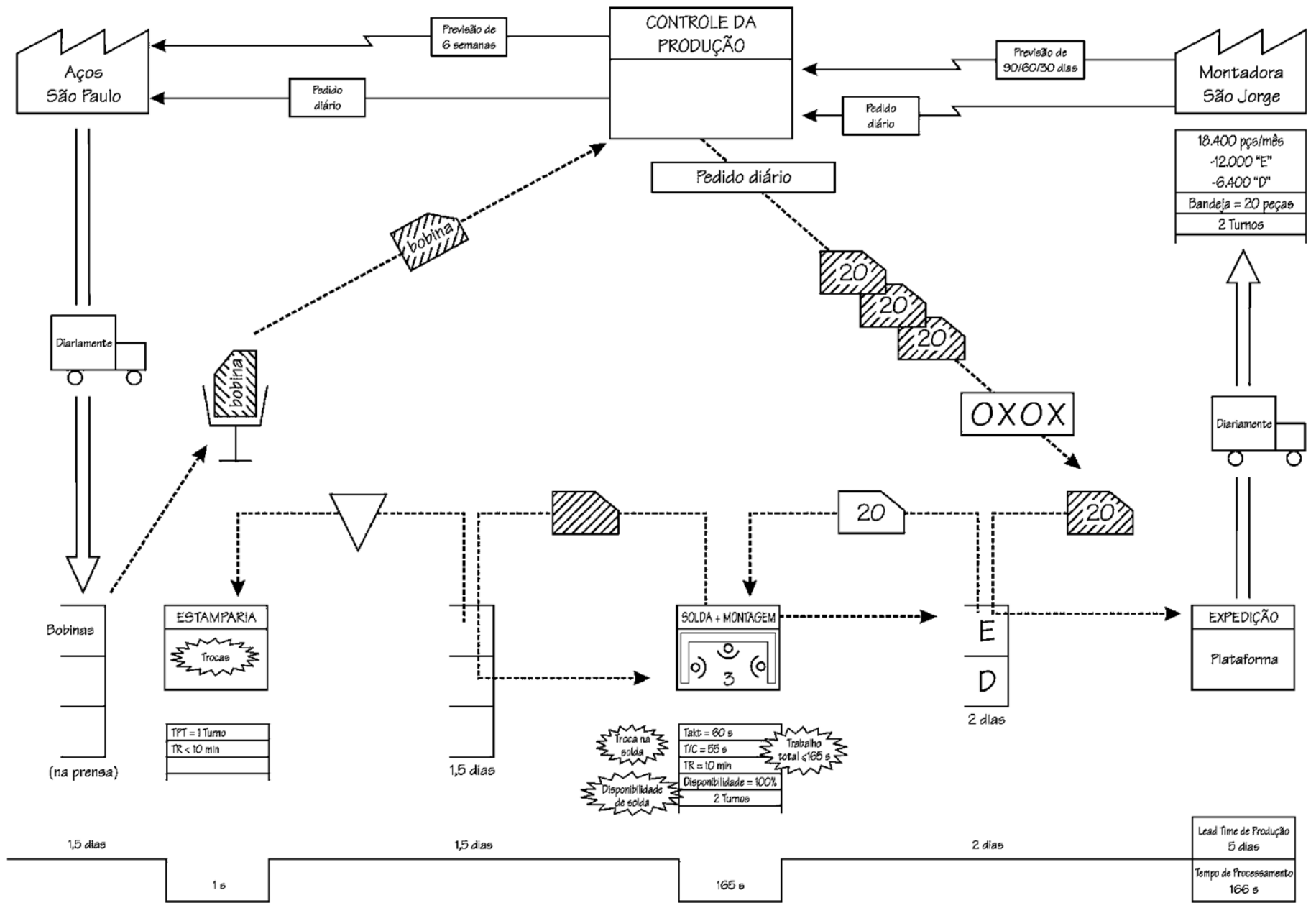


Figura 11 - Mapa do estado futuro

Fonte: Rother e Shook (2003)

3 METODOLOGIA

O presente estudo do Mapeamento do Fluxo de Valor consistiu em uma revisão bibliográfica da literatura especializada, com o intuito de obter exemplos práticos da aplicação de cada procedimento do MFV e seu grande potencial em um sistema produtivo.

Uma avaliação preliminar de artigos e monografias de revisões bibliográficas de diversas áreas permitiu ao autor escolher o método usual para a realização de trabalhos com fundamentação teórica. Este método consistiu na coleta de trabalhos com repetibilidade e prestígio na literatura. Tais trabalhos, por sua vez, foram encontrados em periódicos publicados por centros de pesquisa, em portais de periódicos como o CAPES, referenciados na literatura clássica da área e em monografias, dissertações e livros.

Através da coleta, análise e estudo dos trabalhos obtidos, criou-se uma tabela correlacionando as abordagens de autores distintos e suas conclusões, destacando as de maior sucesso.

Foi feita uma análise de cada artigo, bem como as ferramentas do MFV, alinhados a exemplos práticos que foram pesquisados (na internet e na literatura) e transportados da teoria para a prática através de exemplos de empresas que trabalharam com MFV, bem como, resultados e experiências.

3.1 Descrição da Metodologia

O MFV é uma metodologia bem definida e concreta para ser aplicada, conforme indica a literatura. Portanto, uma primeira etapa de pesquisa se fez essencial para embasar todo o posterior desenvolvimento. Recorreu-se primeiramente a bibliografias clássicas do assunto, dentre elas o livro “Aprendendo a Enxergar”, de Rother e Shook (2003) e as obras “A Máquina que Mudou o Mundo” e “A Mentalidade Enxuta nas Empresas”, de Womack e Jones (1992 e 2004, respectivamente). Com estas literaturas, obteve-se conhecimento teórico suficiente para embasar uma futura aplicação de MFV.

Ainda, Rother e Shook (2003) apontam que desenhar o mapa é uma tarefa relativamente simples, mas que enxergar as oportunidades de melhoria e conhecer técnicas e meios para implantá-las é o que realmente trará os resultados esperados.

Além da literatura, foram feitas pesquisas em estudos de casos e artigos publicados sobre exemplos práticos do uso das ferramentas do MFV, especificamente oito questões que devem ser consideradas para criar um fluxo de valor de estado futuro listadas no item 2.2.5, elenca-las uma a uma, de forma didática, para que se tenha, de forma clara, conhecimento sobre MFV e as ferramentas e como implantá-las através de experiências de outras indústrias que obtiveram sucesso usando o MFV.

Uma síntese da metodologia empregada está ilustrada na Figura 12.

3.2 Justificativa da Metodologia

Decidiu-se usar esta metodologia, pois na literatura dificilmente encontram-se exemplos práticos da aplicação do MFV e suas ferramentas, menos ainda de cada procedimento especificamente.

Portanto, através desta metodologia, o autor buscou elaborar um material para que implantar MFV na indústria tenha conhecimento sobre o assunto e possa desenvolvê-lo de forma clara com maior chance de se obter resultados satisfatórios.

3.3 Metodologias e técnicas de ensino

Para desenvolvimento da metodologia foram utilizadas técnicas de ensino de conteúdo tecnológicos práticos, fazendo com que os procedimentos do MFV bem como seus exemplos de aplicação sejam apresentados da forma mais didática possível, para facilitar o entendimento daqueles que desejam implementar o MFV em sua indústria.

As técnicas utilizadas foram dinâmicas, estudos de caso, apresentação de slides, exercícios, vídeos, entre outras coisas as quais forem possíveis de serem utilizadas para facilitar o entendimento de cada procedimento do MFV.

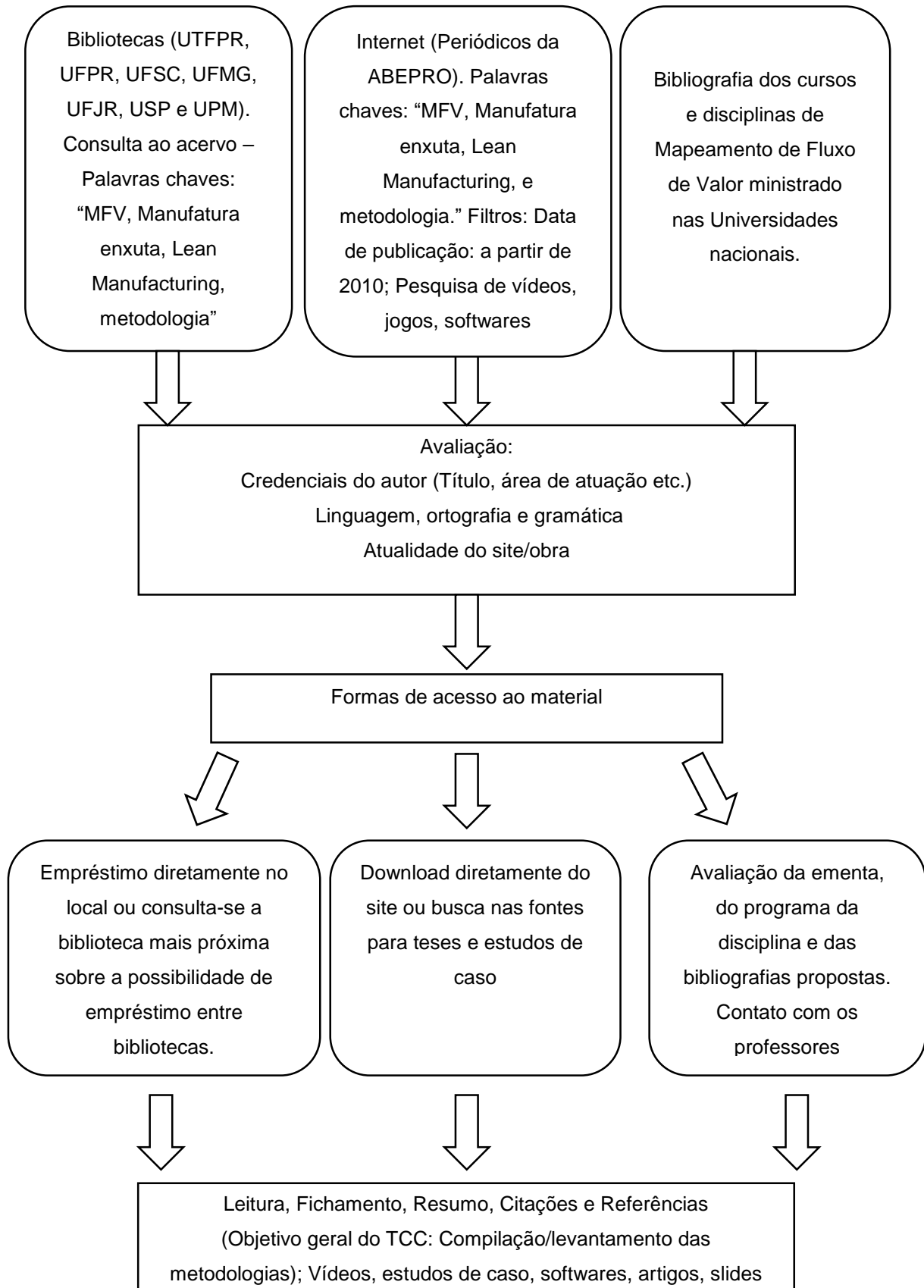


Figura 12 – Fluxograma da Metodologia de Pesquisa do Estado da Arte

Fonte: Elaborado pelo autor

4 PROPOSTA DE GUIA E ROTEIRO DIDÁTICO PARA O ENSINO DOS PROCEDIMENTOS DO MFV

Neste capítulo, a partir de estudos de casos, artigos, trabalhos acadêmicos, vídeos, jogos, softwares e dinâmicas levantados e selecionados na literatura, apresenta-se uma proposta de guia e roteiro didático para o ensino dos procedimentos do MFV a serem utilizados nas disciplinas de Gestão da Produção e Manufatura Enxuta nos cursos de engenharia, de acordo com o objetivo principal desse trabalho de TCC.

4.1 Aplicação dos Sete Procedimentos para Redução dos Desperdícios

Nos próximos subitens são apresentados sete procedimentos para redução dos desperdícios ilustrados com exemplos reais.

4.1.1 Produza de acordo com o *takt time*

Produzir de acordo com o *takt time* significa produzir apenas aquilo que o cliente precisa e quando ele precisa, garantindo uma das bases da produção puxada. Para que isso ocorra, o tempo de ciclo deve tender ao valor do *takt time*, sincronizando a capacidade da planta com a necessidade do cliente.

O *takt time* é calculado dividindo-se o tempo de trabalho disponível por turnos pela quantidade de produtos requerida pelos clientes neste intervalo.

Rahani e Al-Ashraf (2012) falam de uma indústria de autopeças da Malásia que não conseguia atender a demanda diária de uma linha de produção de discos frontais, isto é, essa linha não conseguia produzir de acordo com o *takt time*.

Para solucionar este problema foi feita uma cronoanálise desta linha, juntamente com a redistribuição do trabalho e readequação do layout, o que permitiu uma redução no tempos das máquinas e nos tempos de intervenção humana, possibilitando uma diminuição do tempo de ciclo em aproximadamente 15%. Assim, a linha passou a produzir de acordo com o *takt time* e a atender a demanda diária de discos frontais.

Os resultados da cronoanálise feita por Rahani e Al-Ashraf (2012) foram satisfatórios e possibilitaram uma redução no *takt time* de aproximadamente 15%. A Fig. 13 apresenta os dados comparativos do antes e do depois.

Machine		OP10	OP 20	OP 30	OP 40/1	OP 40/2	OP 50	OP 60	OP 70	OP 80	Total time
Initial	Man time (s)	0	0	0	18.75	20.46	15.28	22.12	8.01	9.78	94.4
	Machine time (s)	33.11	46.55	34.99	48.58	59.46	34	49.02	15	28.64	349.35

Machine		OP10	OP 20	OP 30	OP 40/1	OP 40/2	OP 50	OP 60	OP 70	OP 80	Total time
Initial	Man time (s)	0	0	0	7.09	16.13	15.28	22.12	8.01	9.78	78.41
	Machine time (s)	33.11	46.55	34.99	33.69	24.83	34	49.02	15	28.64	299.83

Figura 13 – Tempos de operação e de máquinas antes (acima) e depois (abaixo)

Fonte: Rahani e Al-Ashraf (2012)

Já Lima e Zawislak (2003) analisaram linhas de produção de empresas de borracha e ferro que apresentavam elevados estoques de segurança e tempos de *setup* de máquina, o que fazia com que essas linhas tivessem dificuldade de produzir de acordo com o *takt time*. Foram feitas diversas melhorias, abrangendo inclusive outros procedimentos do MFV, como fluxo contínuo, supermercados, nivelamento do mix de produção, fazendo com que as linhas em análise passassem a produzir conforme o *takt time*.

4.1.2 Desenvolva um fluxo contínuo onde for possível

Segundo Rother e Shook (2003), o fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item fluindo imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada, conforme ilustram as Fig. 14 e 15. A figura 14 mostra um processo produtivo com linhas isoladas e a figura 15 mostra o processo já com a implantação do fluxo contínuo.

Este é um dos procedimentos mais utilizados pelas indústrias que desejam implantar o MFV em suas linhas de produção. Isto se deve ao fato de que o fluxo contínuo reduz os estoques intermediários, entre outras coisas, diminuindo o tempo de ciclo e melhorando o processo.

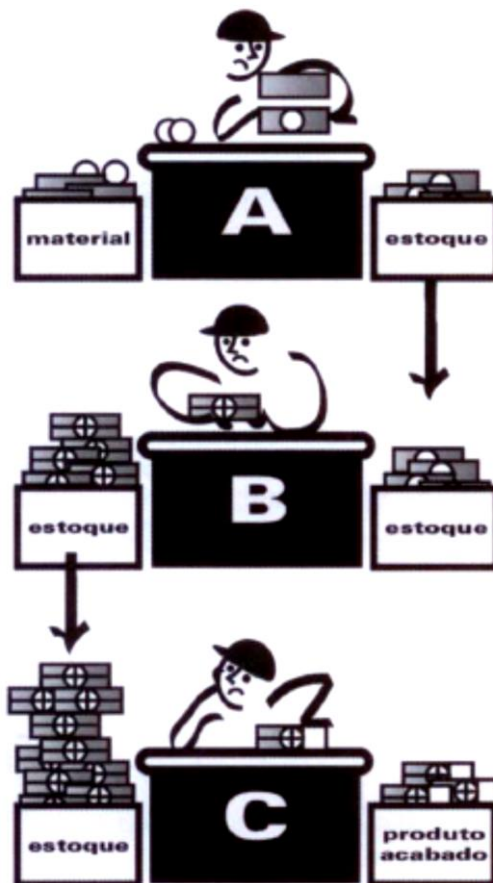


Figura 14 – Ilhas isoladas (antes do fluxo contínuo)

Fonte: Rother e Shook (2003)

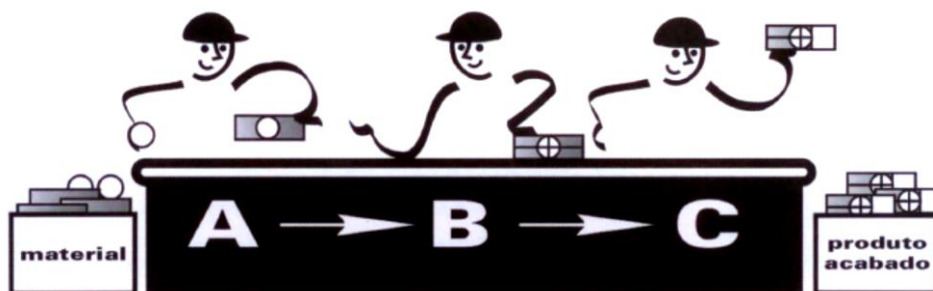


Figura 15 – Fluxo contínuo

Fonte: Rother e Shook (2003)

No trabalho de Sullivan, McDonald e Aken (2002) foi analisada uma *transfer line* altamente automatizada. Para esta aplicação foram envolvidos alguns dos procedimentos do MFV, dentre eles o fluxo contínuo, eliminando os estoques intermediários entre processos. Com a aplicação desse e de outros procedimentos do MFV conseguiu-se melhorias significativas no processo com

a redução do *lead time* de 93% e uma conseqüente otimização dos tempos do processo de produção como um todo.

No exemplo de Rahani e al-Ashraf (2012), já citado anteriormente, o foco era fazer com que a linha de produção fosse capaz de atender a demanda diária de discos frontais. Para isso, entre outras coisas, foi implantado o fluxo contínuo onde foi possível, eliminando assim os estoques intermediários, reduzindo o tempo de ciclo em aproximadamente 15%, levando a linha atender a demanda diária.

Já o artigo de Lima e Zawislak (2003) analisou linhas de produção de diferentes indústrias de transformação, com o objetivo de fazer melhorias no processo em busca de vantagens no mercado de autopeças, o qual é muito competitivo. Dentre as linhas analisadas, destacam-se as linha de borracha e ferro.

O cenário anterior destas linhas não era ruim. Apresentavam problemas com elevados estoques de segurança e elevados tempos de *setup* de máquina. Para fazer melhorias, baseou-se no fluxo de produção contínuo em todo o processo produtivo, neste caso puxado pelo cliente. Assim, foram sugeridos acordos de fornecimento com os principais fornecedores e contratos de fornecimento para os principais clientes. Com estes acordos fechados, reorganizou-se a produção buscando eficiência operacional e redução de estoques. A partir disso a produção passou a seguir o *takt time*. A Figura 16 apresenta os dados antes e depois das melhorias e o percentual de redução dos tempos analisados.

EMPRESAS	LEAD TIME ATUAL (DIA)	LEAD TIME FUTURO (DIA)	REDUÇÃO (%)	TEMPO DE AGREG. DE VALOR ATUAL (HH:MM:SS)	TEMPO DE AGREG. DE VALOR FUTURO (HH:MM:SS)	REDUÇÃO (%)	TAKT TIME (HH:MM:SS)
Borracha Ltda.	74,88	8	89,32	77:47:00	05:25:00	93,04	08:48:00
Chapa Ltda.	10,38	10,2	1,73	04:28:05	00:21:31	91,82	00:22:57
Ferro Ltda.	180,8	22,5	87,56	18:45:19	01:09:19	93,84	14:04:48
Fibra Ltda.	23,1	19	17,75	01:36:00	00:50:00	47,92	04:24:00
Latão Ltda.	31,22	15,5	50,35	00:17:16	00:06:22	63,13	00:07:08
Cabo Ltda.	0,79	1,6	- 102,53¹	00:04:20	00:00:90	65,38	01:28:00
Plástico Ltda.	12,3	10	18,7	00:02:13	00:02:13	0	01:36:00

Figura 16 – Resultados da aplicação do MFV nas empresas analisadas

Fonte: Lima e Zawislak (2003)

O artigo de Marodin e Zawislak (2005) trata da aplicação do MFV em uma empresa madeireira nacional que fabrica molduras, painéis e componentes em madeira para a construção civil, exportando 100% de sua produção. Para compreender melhor o funcionamento da empresa deve-se compreender a organização da sua cadeia de valor.

A cadeia de valor nesta empresa foi dividida em três etapas distintas. A primeira é a fonte de matéria prima, isto é, o manejo dos reflorestamentos. A segunda etapa compreende as transformações primárias, isto é, as serrarias, onde a madeira em toras é transformada em tábuas secas. E por fim, a terceira refere-se as transformações secundárias, compreendendo processos de industrialização responsáveis pela transformação das tábuas secas em produtos finais.

Para aplicação do MFV foi escolhido apenas uma das etapas da cadeia de valor da empresa, e a escolhida foi a terceira etapa, isto é, a etapa das transformações secundárias, pois se vislumbrou a possibilidade de maiores ganhos. Portanto, a família de produtos escolhida para análise é a de um tipo de board, a qual representa um percentual significativo da produção, o que justifica sua escolha.

A empresa possui dois clientes para esta família de produtos, ambos localizados nos EUA. O processo de envio de informações, previsões e entregas são semelhantes para ambos. O *lead time* de entrega ao cliente é de cinco a seis semanas.

Com o levantamento dos dados feito, elaborou-se então o mapa do estado atual, o qual é mostrado na Figura 17, sendo o fluxo de informação mostrado na parte superior e o fluxo de produção na parte inferior.

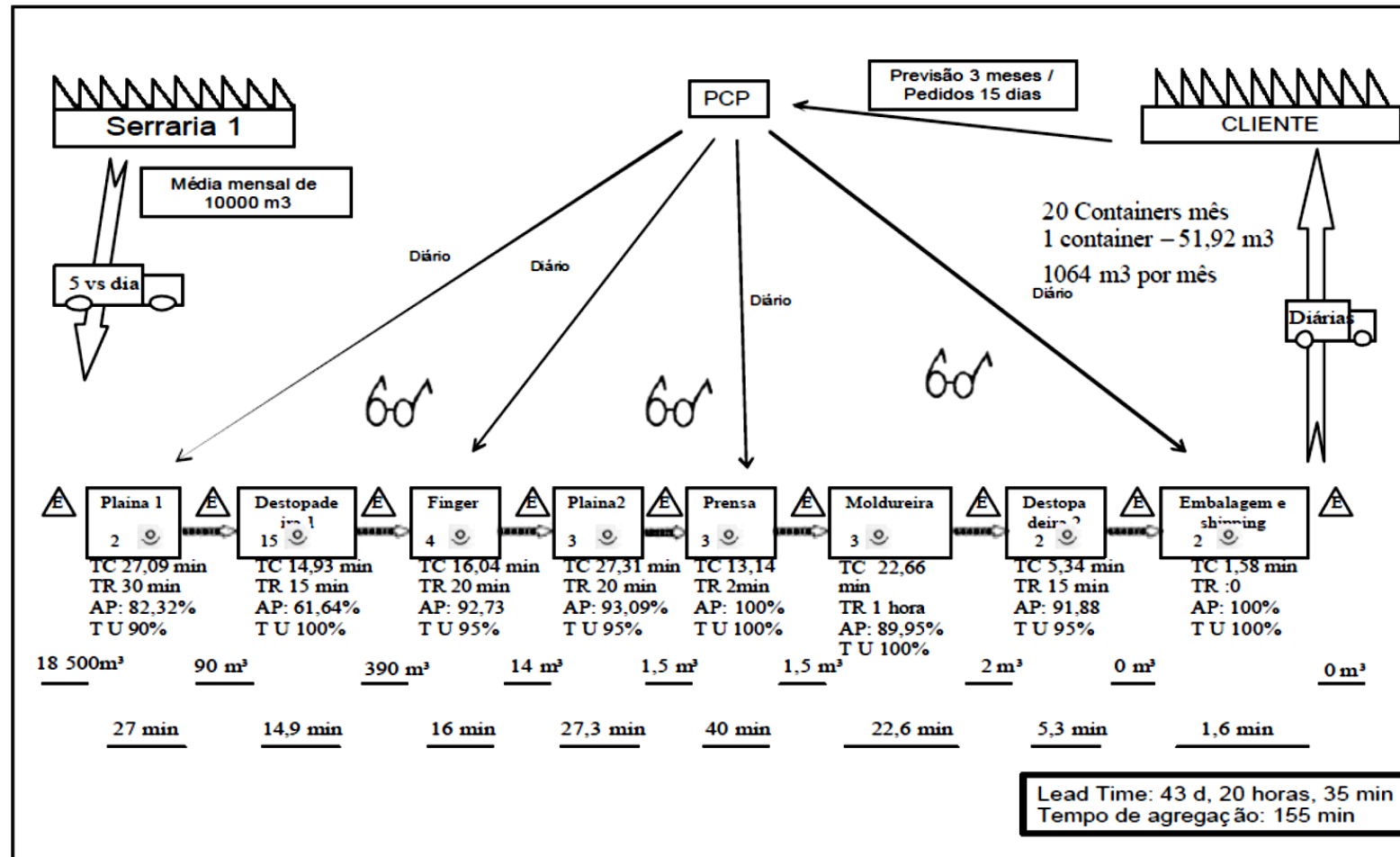


Figura 17 – Mapa do estado atual da indústria madeireira

Fonte: Marolin e Zawislak (2005)

Por meio do mapa do Estado Atual foram detectados os gargalos existentes na produção dos *boards*. Notou-se a existência de altos níveis de estoques intermediários devido a falta de comunicação entre a indústria e a serraria. Dados fornecidos pela empresa dimensionam este estoque em 10.000 m³ de madeira serrada, porém a contagem métrica feita nestes estoques no pátio estimou em 18.000 m³ de madeira, equivalente a 55% a mais em relação ao dado apresentado pela empresa. Isto ocorria devido a falta de organização na administração destes estoques intermediários.

Também foram detectados problemas evidentes de *layout* pois as máquinas estão localizadas em dois galpões distintos dificultando o fluxo produtivo. O *layout* da fábrica estava organizado levando em conta conceitos da produção em massa, porém foi constatado que um *layout* por família de produto faria com que fosse possível implantar um fluxo contínuo entre alguns processos.

Foi necessário também fazer uma análise dos tempos de ciclo através da comparação com o *takt time*. Esta comparação pode ser observada na figura 18, levando em conta um *takt time* calculado de 31,92 min/m³.

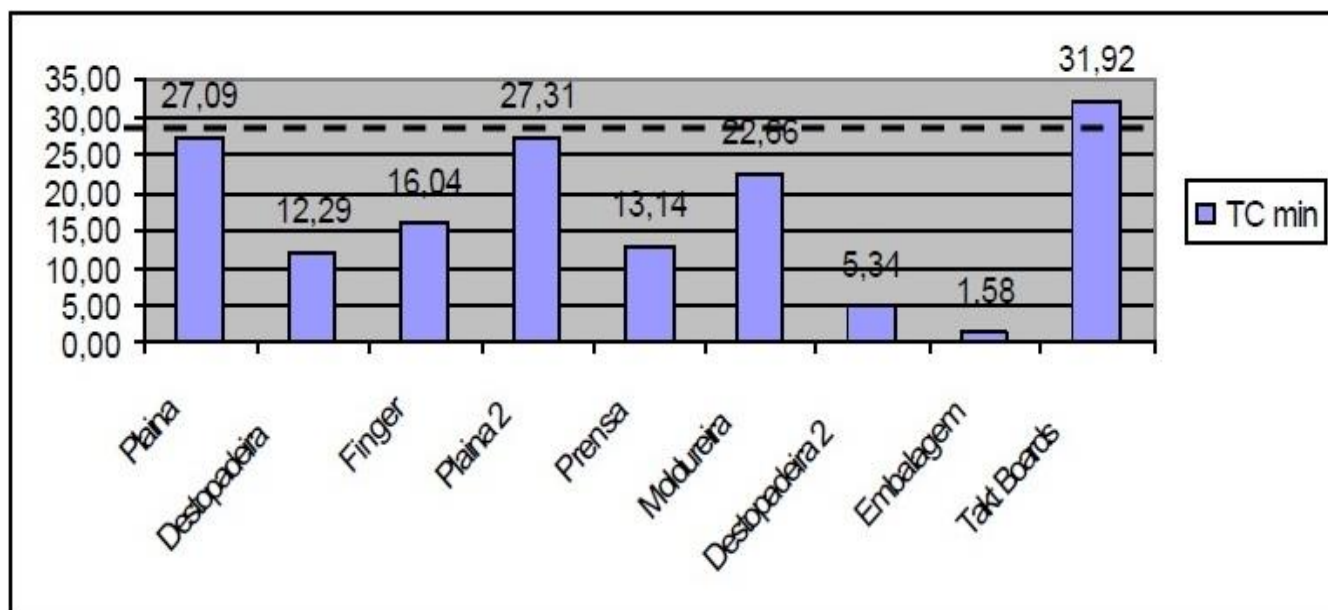


Figura 18 – Comparação entre os tempos de ciclo e o *takt time* da família de “boards”

Fonte: Marodin e Zawislak (2005)

Para se aplicar os princípios da manufatura enxuta e do MFV na empresa foram necessários alguns passos. O primeiro refere-se a aplicação dos indicadores de desempenho. Antes da implantação do MFV os gestores apenas controlavam o aproveitamento de matéria prima e produtividade em metros

cúbicos por máquina e deixavam de lado os indicadores de prazo e quantidade de estoques intermediários, o que prejudicava o índice de atendimento ao cliente no prazo, o qual estava em 65%. Portanto foi necessária uma mudança de mentalidade de todos na empresa para implantar as melhorias de acordo com a análise do mapa do estado atual.

Em relação ao processo fornecedor, havia grande necessidade de estabelecer uma forma de comunicação entre o PCP e a serraria para a redução do maior volume de estoque que era de tábuas secas. Para tanto foram utilizadas duas das principais ferramentas da mentalidade enxuta. A Gestão Visual para organizar o estoque e facilitar sua mensuração ordenando-o em FIFO. A partir disso pôde-se utilizar o sistema *kanban*, apoiado no conceito de Supermercado, para indicar a situação do estoque ao PCP que se tornaria o responsável pela programação da produção na serraria. O Supermercado foi estipulado em 5 dias de produção.

Já em relação aos processos produtivos analisou-se a possibilidade de haver um supermercado de produtos acabados ou produzir em fluxo contínuo até a expedição. Devido alguns fatores, a melhor opção seria não manter um supermercado na expedição. Portanto, decidiu-se que a ordem de produção será dada diretamente para a Plaina 2, sendo que os produtos seguirão em fluxo contínuo até a embalagem. Visando melhorar este fluxo foram necessárias algumas melhorias, balanceando os tempos de ciclo e tempos de troca dos processos subsequentes, não possibilitando supermercado e nem ocasionando ociosidade. O Fluxo Contínuo será obtido alterando-se o *layout*, impedindo estoques intermediários e alterando a prensa para o mesmo local das demais máquinas.

Também criou-se um Fluxo Contínuo entre os processos de Plaina 1, destopadeira 1 e finger, as duas últimas possuindo tempos de ciclo e de troca semelhantes possibilitando o alinhamento destes processos em FIFO. Porém, devido o desbalanceamento do tempo de ciclo da Plaina 1, foi necessário fazer um *kaizen* para balancear os tempos de ciclo destes três processos, funcionando de acordo com o consumo de um sistema *kanban* com supermercado, alimentando o fluxo contínuo criado a partir da Plaina 2. Assim, organizou-se o *layout* da fábrica com as linhas de produção de cada família de produtos alimentadas por este supermercado.

Por último em relação ao fluxo de informação as ordens de produção providas do PCP serão enviadas apenas para o processo de Plaina 2. O fluxo de produção antes deste processo será auto-gerenciado pelos processos e pelos sistemas *kanban*.

A partir destas constatações e da realização das melhorias pôde-se então confeccionar o mapa do estado futuro, apresentado a seguir na Figura 19.

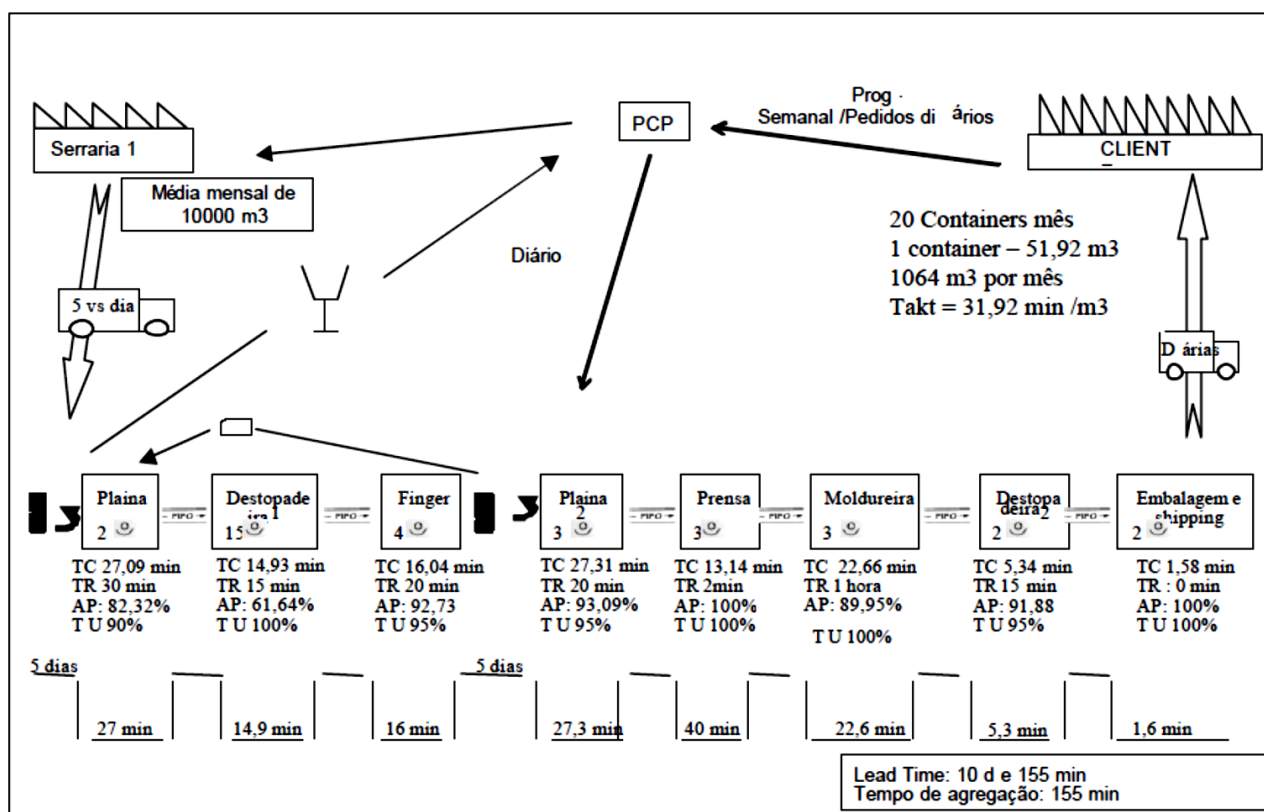


Figura 19 – Mapa do estado futuro da indústria madeireira

Fonte: Marodin e Zawislak (2005)

Os resultados após a aplicação da mentalidade enxuta e do MFV nesta empresa foram muito satisfatórios. Foi obtida uma redução de 77% no *lead time* total, fazendo com que a empresa possa oferecer uma entrega no prazo aos seus clientes e, também reduzindo os estoques intermediários. Comprovou-se que a empresa pode operar com 27,4% dos estoques atuais, o que levando-se em conta o custo contábil, acarreta numa redução de 80% do valor do estoque e aumenta o capital de giro da empresa. Estes resultados, comparando o estado atual com o estado futuro, podem ser observadas na Figura 20, que mostra os resultados comparado com o que acontecia antes e o que passou a acontecer após a implementação das melhorias.

Estados	Atual	Futuro
Lead Time	43,8 horas	10 horas
Agregação de Valor	2,6 horas	2,6 horas
Total de Não Agregação	1049,9 horas	239,9 horas
Estoque	18 500 m ³	3220 m ³
Custo contábil	R\$ 3,5 milhões	R\$ 0,7 milhões

Figura 20 – Comparação entre estado atual e estado futuro

Fonte: Marodin e Zawislak (2005)

O artigo de Queiroz (2004) aplicou o MFV em uma indústria produtora de equipamentos para a extração de leite. Escolheu-se para o mapear o processo de fabricação da bomba de vácuo da família de ordenhadeiras, o qual representa aproximadamente 80% do custo final dos produtos desta família, apresentando uma demanda de 24 unidades mensais, 12 delas vendidas separadas e diretamente ao cliente final e as outras 12 como parte integrante do grupo de vácuo.

O autor foi bem sucinto no seu trabalho e não detalha como era a situação do estado atual da empresa, apenas apresenta o mapa do estado atual, o qual pode ser visto na Figura 21. Porém, analisando o mapa atual, pode-se notar que não havia um fluxo contínuo entre as atividades de lavar, montar tampa, montar componentes, testar bomba vácuo e pintar bomba vácuo, o que levava a ter altos estoques entre essas etapas. Também pôde-se notar um alto *lead time*.

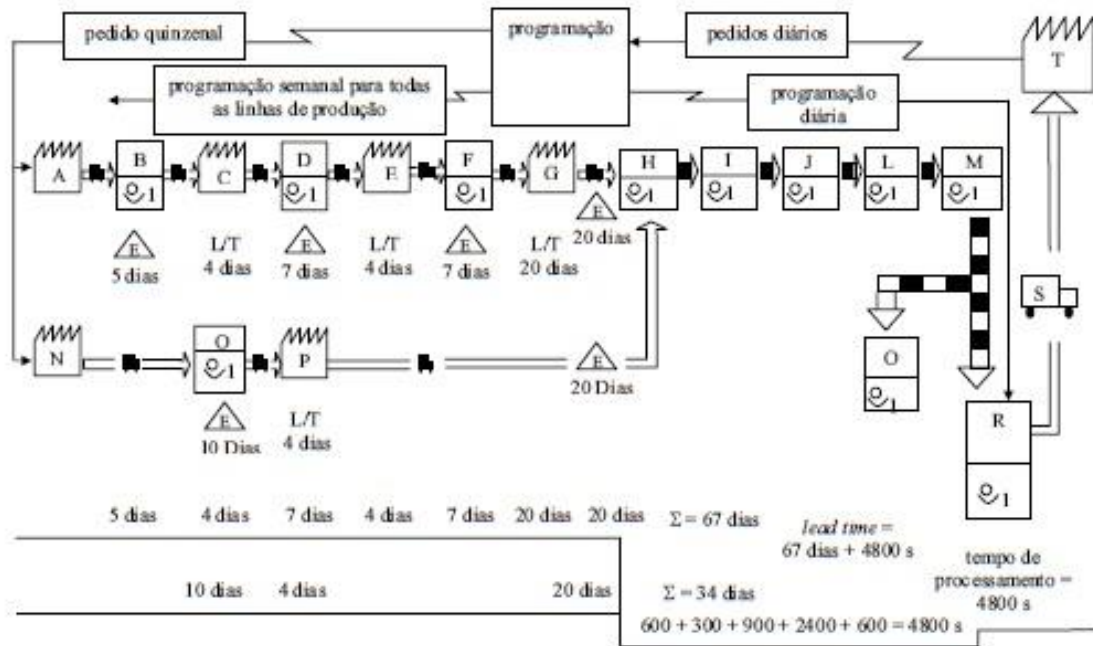


Figura 21 – Mapa do estado atual – Bomba de Vácuo

Fonte: Queiroz (2004)

Para solucionar os problemas encontrados na análise do mapa do estado atual basicamente desenvolveu-se um fluxo contínuo para as atividades de lavar, montar tampa, montar componentes, testar bomba de vácuo e pintar bomba de vácuo, o que ocasionou em uma expressiva redução das movimentações de peças e operários. Conseqüentemente, observou-se uma significativa diminuição nos estoques, o que refletiu em uma redução de mais de 77% no *lead time*, isto é, de 67 para 15 dias. Também foi possível reduzir drasticamente o número de pessoas envolvidas nos processos, de mais de 72%, o que representa uma diminuição de 11 para 3 pessoas. O mapa do estado futuro pode ser observado na Figura 22.

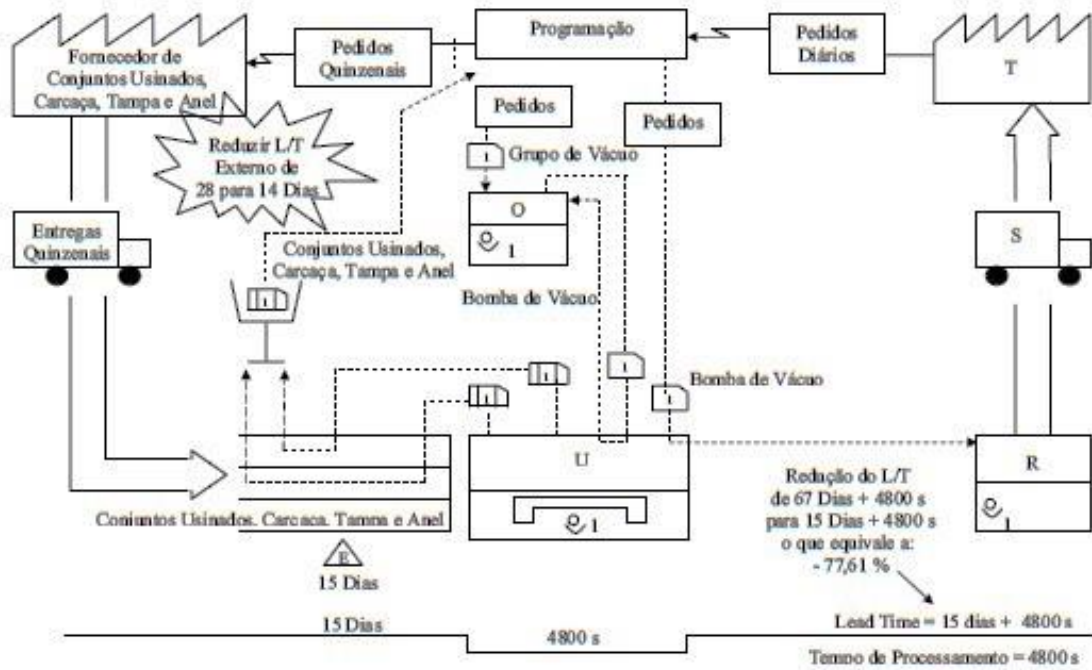


Figura 22 – Mapa do estado futuro

Fonte: Queiroz (2004)

4.1.3 Uso de Supermercados para controlar a produção onde o Fluxo Contínuo não puder ser aplicado

Como já dito anteriormente neste trabalho, os Supermercados são pontos de transição entre fluxos de velocidades diferentes. Geralmente utiliza-se os supermercados onde o fluxo contínuo não é possível de ser estabelecido ou a movimentação de cada peça de maneira individual não é viável. Na Figura 23 pode-se verificar um exemplo disso.

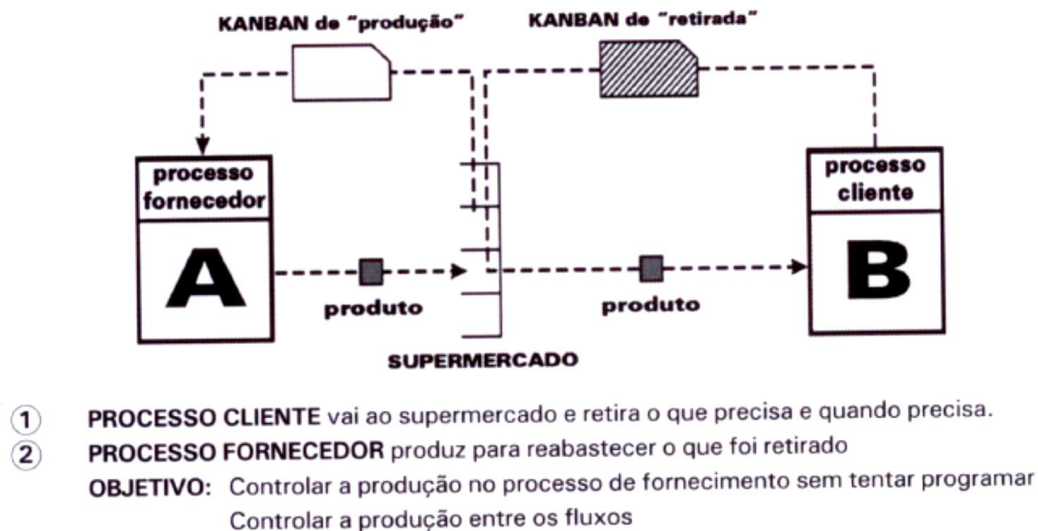


Figura 23 – Sistema puxado com supermercado

Fonte: Rother e Shook (2003)

Por exemplo, no artigo de Sullivan, McDonald e Aken (2002), já citado como exemplo no item 4.1.2 para o fluxo contínuo, é lembrado novamente pois também foi aplicado o conceito de supermercados. Nos pontos onde foi possível o fluxo contínuo este foi aplicado, porém houveram pontos onde não foi possível aplicá-lo, nestes foi aplicado o uso de Supermercados, ou a criação de sistemas puxados com supermercados, o que também levou a eliminação dos estoques intermediários entre processos, contribuindo com a redução do *lead time* e com a diminuição do tempo de ciclo e otimização dos tempos do processo produtivo como um todo.

No artigo de Fernandes (2006) foram aplicados os procedimentos do MFV em cinco linhas de produtos de uma empresa de cosméticos, obtendo diferentes resultados, dentre os quais se destacaram o MFV dos produtos ASA e do produto SI. A produção de ambos envolve dois processos: a produção da embalagem plástica e a preparação dos cosméticos.

Para o produto ASA, foram criadas Produções Puxadas com Supermercados ao final da produção da embalagem e dos cosméticos, possibilitando uma redução dos níveis dos supermercados, acarretando no envio de novos pedidos de compra de matéria prima a medida que os níveis dos Supermercados eram reduzidos. A criação deste sistema, aliada à agilidade de entrega dos fornecedores, permitiu que a empresa em análise eliminasse os

estoques de matéria prima, de forma tal que a matéria prima passou a ser usada no mesmo dia de seu recebimento.

Este mesmo processo foi utilizado para reduzir o estoque de produtos acabados. Para isso dimensionou-se o supermercado ao final do sistema produtivo de forma que fosse atendida a demanda do mercado e fosse ditado o ritmo da produção.

Para o produto SI, a criação de um sistema puxado com supermercado também possibilitou a redução do estoque de embalagens, porém a manutenção do nível de estoque de cosméticos criou um gargalo que impossibilitou a redução do lead time.

Portanto, a análise do mapa futuro não justificou a manutenção de elevados níveis de estoques de matéria prima de cosméticos, mas a possibilidade de implementação de um sistema de supermercado ao final da preparação de cosméticos permitiria melhorias significativas no processo.

Um exemplo mais didático para o procedimento do sistema puxado com supermercado pode ser visto no vídeo “Sistema Puxado *Kanban*” no YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=tzNF3b82e2Q>), que exemplifica de forma bem didática como funciona este procedimento.

4.1.4 Tente evitar a programação do cliente para apenas um processo de produção

A partir de um ponto único que recebe a Programação da Produção a ser executada em todo o fluxo é estabelecido o “processo puxador”. Segundo Rother e Shook (2003), geralmente este processo é o mais próximo ao cliente final e, a maneira como a produção é controlada neste processo define o ritmo para todos os processos anteriores. Em outras palavras, pode-se dizer que este procedimento é aplicado através do uso de um Sistema Puxado com Supermercado.

Segundo Rother e Shook (2003) o processo puxador é frequentemente o último processo em fluxo contínuo no fluxo de valor porta-a-porta. No mapa de estado futuro, este processo puxador é o controlado pelos pedidos dos clientes externos.

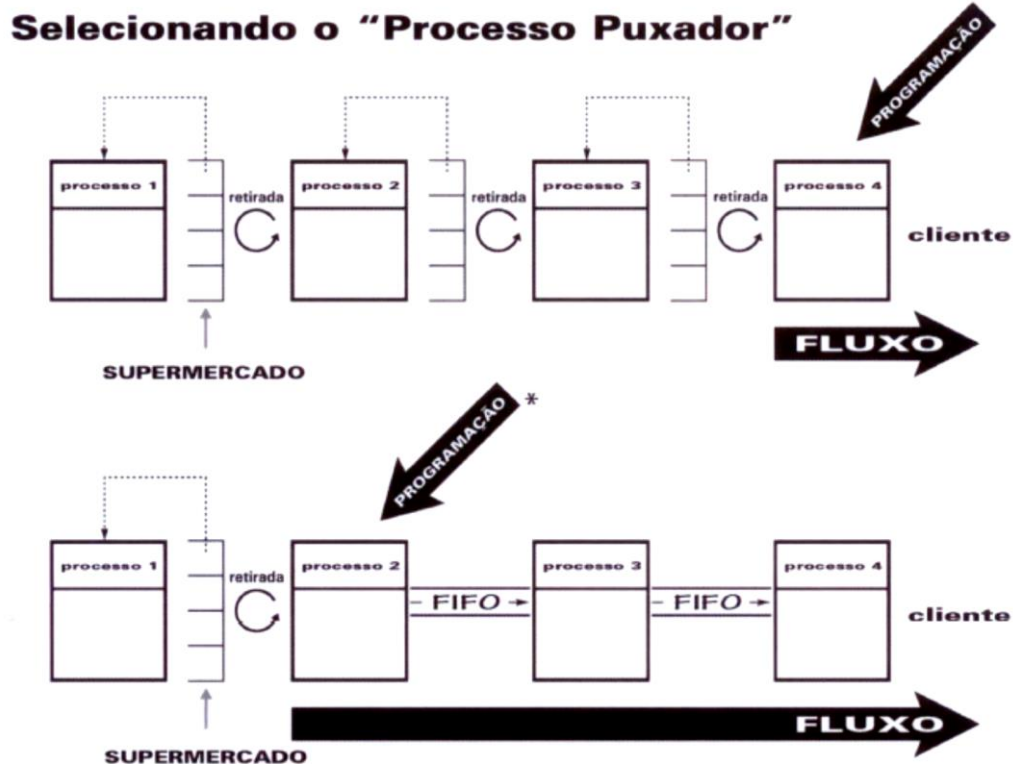


Figura 24 – Selecionando o processo puxador

Fonte: Rother e Shook (2003)

Na Figura 24 pode-se notar que com produtos sob encomenda, o ponto de programação precisa estar mais próximo dos processos iniciais.

Na aplicação de Sullivan, McDonald e Aken (2002), já citada anteriormente, analisou-se a produção em uma *transfer line* altamente robotizada. Esta linha, mesmo com toda robotização, possuía um alto *lead time* e por vezes não conseguia atender ao *takt time*, isto é, a demanda do cliente. Para solucionar estes problemas foram aplicados alguns dos procedimentos do MFV como fluxo contínuo, nivelamento do *mix* e do volume de produção, entre os quais a criação de Sistemas Puxados com Supermercado, o qual em conjunto com os demais procedimentos aplicados possibilitou diversas melhorias para esta linha, entre elas, uma alta redução no *lead time*, de até 93%.

Fernandes (2006), também já citado anteriormente, analisou cinco linhas de produtos de uma empresa de cosméticos, destacando-se os produtos ASA e SI, para os quais eram necessários dois processos produtivos: a produção da embalagem plástica e a preparação dos cosméticos. Ao final da produção da

embalagem e dos cosméticos, foram criadas produções puxadas com supermercado, o que possibilitou uma redução dos níveis dos supermercados, acarretando no envio de novos pedidos de compra de matéria-prima a medida que os níveis dos supermercados eram reduzidos. A criação deste sistema, aliada à agilidade de entrega dos fornecedores, permitiu que a empresa em análise eliminasse os estoques de matéria prima, de forma tal que a matéria prima passou a ser usada no mesmo dia de seu recebimento.

Este mesmo processo foi utilizado para reduzir o estoque de produtos acabados. Para isso dimensionou-se o supermercado ao final do sistema produtivo de forma que fosse atendida a demanda do mercado e fosse ditado o ritmo da produção. Com isso, foram obtidas diversas melhorias no processo destas linhas produtivas, como redução do tempo de ciclo, redução do *lead time*, entre outras.

O estudo de caso de Moraes *et al.* (2011), foi feito em uma empresa de porte pequeno do setor de confecção e comunicação visual. O portfólio desta empresa é composto por uniformes escolares e empresariais, camisas e bonés promocionais, adesivos, banners, painéis, placas e fachadas.

Para implantar o MFV escolheu-se a família de produtos camisas de uniforme de um colégio específico, compreendendo uma gama de doze tamanhos distintos. A partir disso, fez-se o levantamento do mapa do estado atual, o qual pode ser visto na Figura 25.

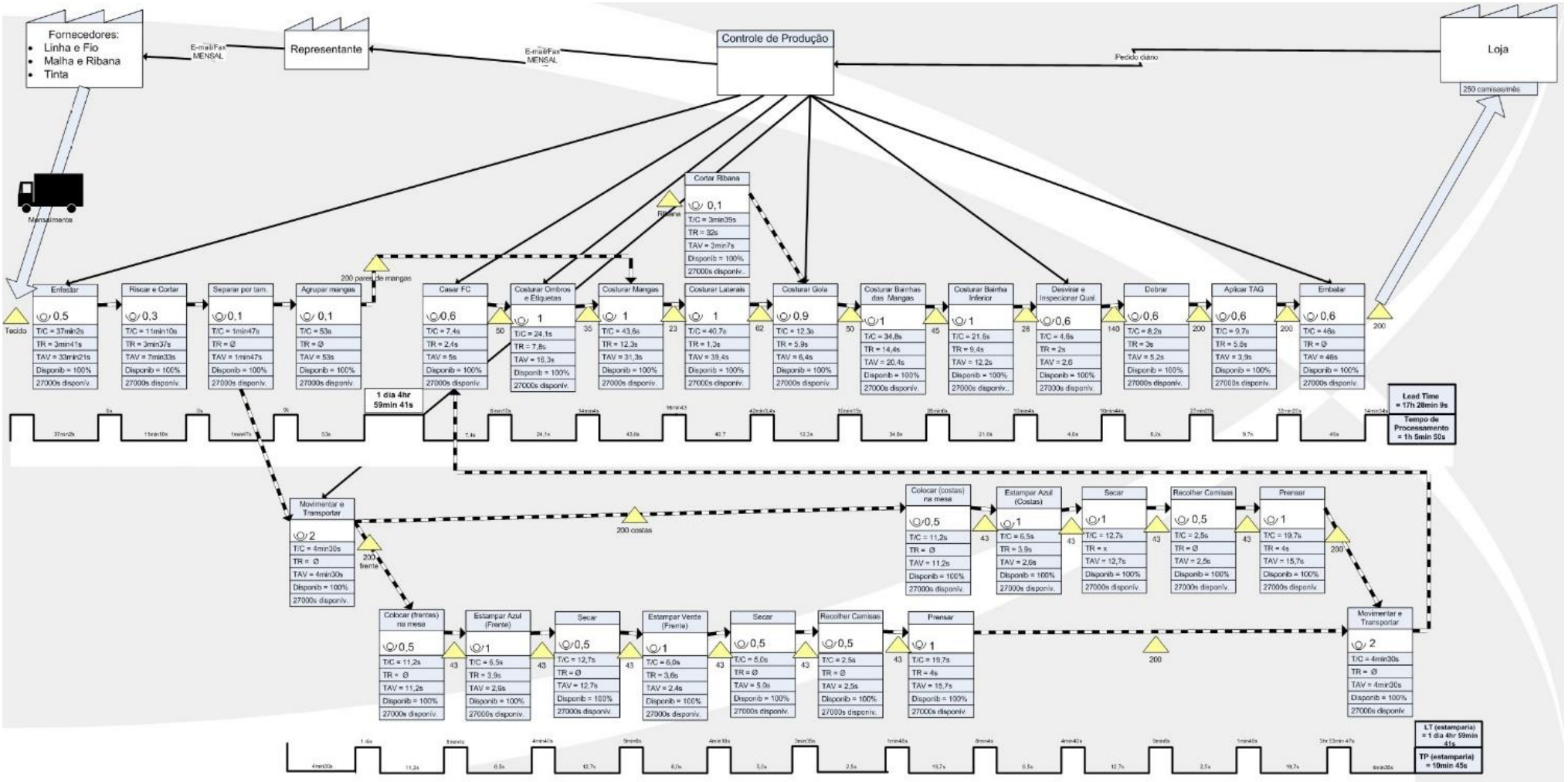


Figura 25 – Mapa do estado atual para empresa de confecção

Fonte: Moraes et al. (2011)

Analisando-se o mapa do estado atual foram identificados sete desperdícios no processo produtivo da família escolhida. São eles:

- Superprodução: excesso de estoque final devido à ausência de planejamento preciso da produção em relação a demanda;

- Estoque intermediário em excesso: causado pelo fato da produção ser empurrada;

- Defeitos: grande ocorrência de defeitos percebidos no controle de qualidade gerando retrabalho ou descarte das peças defeituosas;

- Espera: devido a falta de balanceamento de linha funcionários ficam ociosos pois os processos não são sincronizados;

- Transporte desnecessário: o setor de confecção e estamparia ficam em espaços distintos da empresa, havendo a necessidade de transportar as peças de um para outro, de forma deliberada e sem o acúmulo de estoque ideal;

- Movimentação desnecessária: o arranjo não era por produto, isto é, as máquinas, os equipamentos e funcionários não eram dispostos de acordo com a sequência de operações, não havendo um fluxo linear de materiais ao longo da linha de produção. Outra causa identificada era a falta de organização e identificação de material;

- Superprocessamento: eventualmente funcionários cometem erros que acarretam em processos que não agregam valor ao produto.

Evidenciados os desperdícios pôde-se então confeccionar um mapa do estado futuro propondo diversas melhorias, entre elas, mudança de *layout*, implantação de *kanban*, padronização das tarefas, implantação de FIFO, fluxo contínuo, implementação dos 5S e, por fim, a produção passou a ser puxada e não mais empurrada. O mapa do estado futuro contendo todos os pontos onde foram propostas as melhorias pode ser observado na Figura 26.

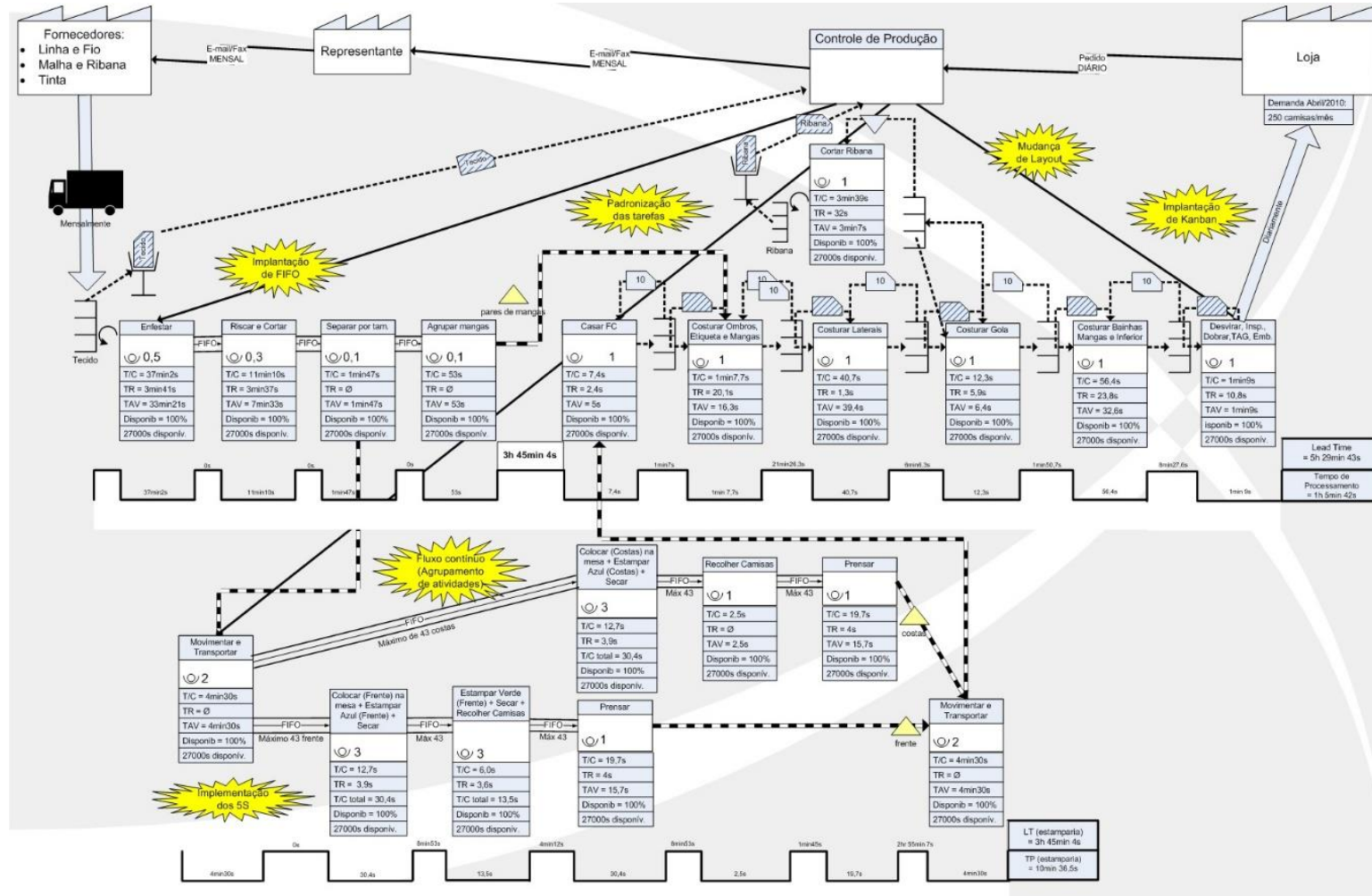


Figura 26 – Mapa do estado futuro para empresa de confecção

Fonte: Moraes et al. (2011)

Após a implantação do MFV e das melhorias propostas observou-se grande progresso na empresa. A principal vantagem observada foi uma grande redução no *lead time* e, também pôde-se observar uma redução no tempo de processamento. Na Figura 27 pode-se notar isto numericamente, através da comparação do *lead time* e do tempo de processamento antes e depois.

Estado	Atual	Futuro
Lead Time	17h 28min 9s	5h 29min 43s
Tempo de Processamento	1h 5min 50s	1h 5min 42s

Figura 27 – Comparação estados atual e futuro da empresa de confecção

Fonte: Moraes et al (2011)

4.1.5 Distribua a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo no processo puxador (Nivele o *mix* de produção)

Nivelar o *mix* de produtos significa distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo (ROTHER; SHOOK, 2003).

Há muitas empresas que consideram vantajoso produzir grandes lotes e evitar a troca frequente de ferramentas e dispositivos. Rother e Shook (2003) acreditam que isso cria problemas como redução na flexibilidade no atendimento aos clientes e geração de grandes volumes de estoques. Quanto mais nivelado estiver o *mix* de produção, mais apto estará para responder às diversas solicitações dos clientes com um *lead time* pequeno, mantendo um estoque de produtos acabados pequeno. O ícone para nivelar carga é o símbolo mostrado na Figura 28, inserido em uma seta do fluxo de informação.



Figura 28 – Ícone para nivelamento de carga

Fonte: Rother e Shook (2003)

No trabalho de Fernandes (2006), ao analisar a produção de uma indústria de cosméticos, foi detectado uma falta de nivelamento da produção, isto é, do *mix* de produção. Dificilmente um cliente necessita de um produto de apenas

uma linha de produção, solicitando vários produtos em apenas um pedido, os quais devem ser entregues todos na mesma data e como não havia um correto nivelamento da produção isso não era possível nesta empresa. Passando a fazer este Nivelamento do *Mix* de Produção, passou-se a atender completamente e corretamente os pedidos dos clientes, dentro do prazo, com um *lead time* menor.

Em outro estudo de caso, realizado por Elias, Oliveira e Tubino (2011) em uma indústria de gesso de porte médio, em torno de 100 funcionários, a qual não possuía nenhum conhecimento sobre manufatura enxuta. Não havia nenhuma movimentação dos líderes para que instigassem os funcionários a buscar melhorias no processo, como *kaizens*, tão pouco eram orientados quanto a questão dos desperdícios.

Inicialmente foi feita a segregação das famílias de produtos escolhendo-se uma delas para fazer o levantamento do mapa do estado atual, ilustrado na Figura 29. Para tanto foi feita uma pesquisa do histórico de vendas por famílias de produtos da empresa, onde verificou-se que o maior volume de vendas era da família de gessos “mistos”, porém devido a diversos fatores, dentre eles possuir um fluxo de processo bastante interessante, foi escolhida a família de gessos alfa para mapear.

Com o mapa do estado atual determinado foram identificados alguns pontos de desperdício:

- *Lead time* longo devido ao alto estoque de pedras calcinadas em autoclaves e matéria prima;
- Problemas na programação com o fornecedor de matéria prima;
- Departamento de vendas distante 550km da fábrica;
- Grande frequência de pedidos antecipados pelos clientes;
- Baixa disponibilidade de equipamentos;
- Frequentes mudanças de programação devido a antecipações e mudanças pelo setor de vendas;
- Falta de padronização dos procedimentos.

Diante deste cenário, observou-se a necessidade de diminuir o *lead time* do processo, aumentar a disponibilidade da fábrica e aumentar a capacidade de produção. Para tanto, foi realizado o *kaizen* do processo e foram elencadas algumas iniciativas importantes para se conseguir um estado futuro mais enxuto. Sendo assim, planejaram-se algumas ações e melhorias do processo:

- Mecanizar o setor de autoclaves com intuito de reduzir os tempos de carga e descarga das pedras que era feito manualmente;
- Desenvolver um sistema *kanban* para o fornecimento de matéria prima;
- Elaborar um gráfico de Pareto com objetivo de analisar as causas da baixa disponibilidade dos equipamentos;
- Diminuir estoques de produtos acabados;
- Implantar um sistema de supermercados onde necessário;
- Desenvolver um sistema puxado;
- Desenvolver e executar um plano de treinamento dos funcionários para a manufatura enxuta.

Com base no plano de ação exposto acima desenhou-se o mapa do estado futuro, que pode ser visto na Figura 30. Para apresentação e aplicação do mesmo foram feitas reuniões com todos os gestores da fábrica e com o supervisor de qualidade, este ficando encarregado de marcar reuniões mensais para fazer o acompanhamento das ações e também incluir novas sugestões.

MAPA DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL - INDÚSTRIA DE GESSO

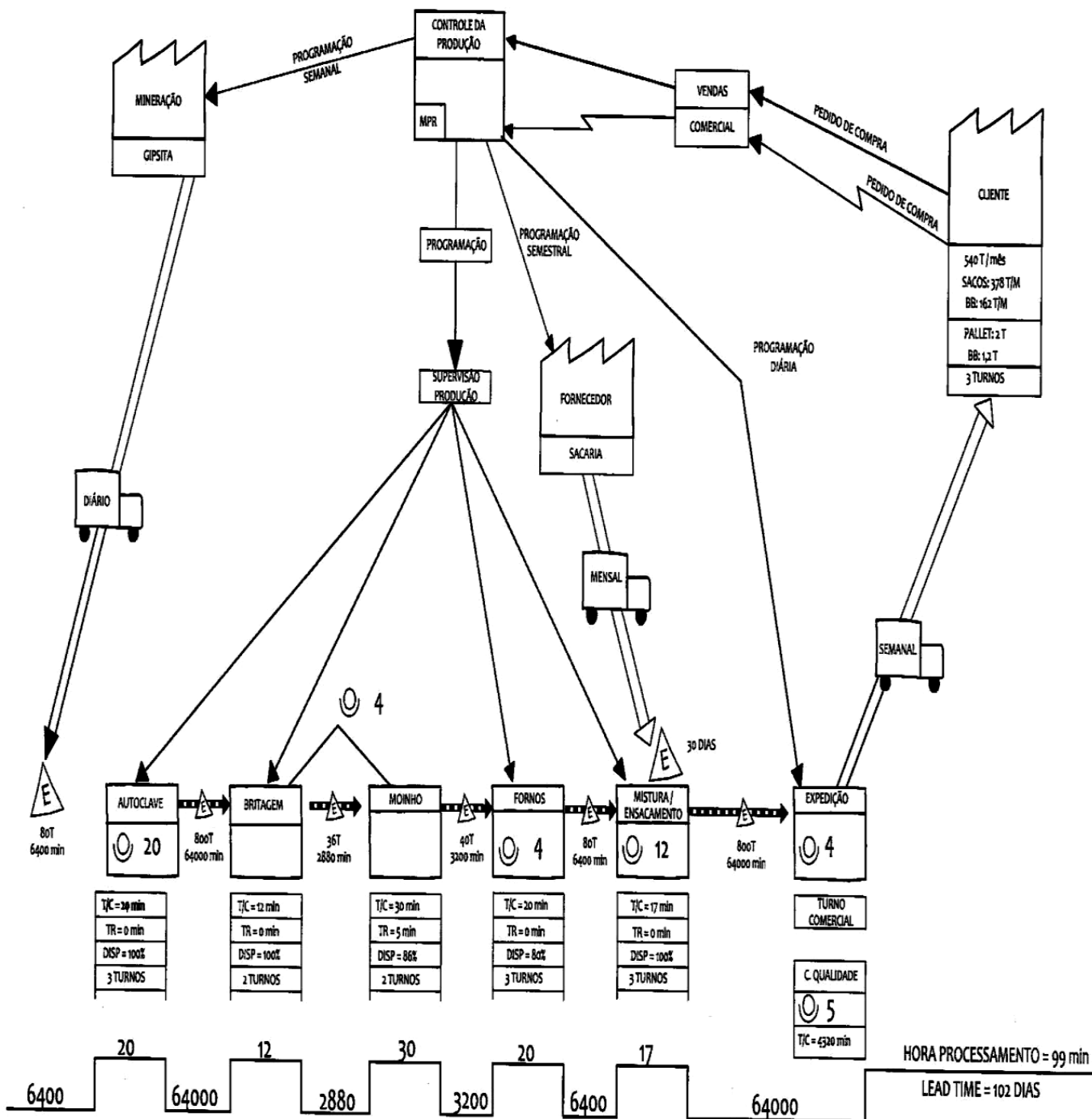


Figura 29 – Mapa do estado atual da Indústria de gesso

Fonte: Elias, Oliveira e Tubino (2011)

MAPA DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO - INDÚSTRIA DE GESSO

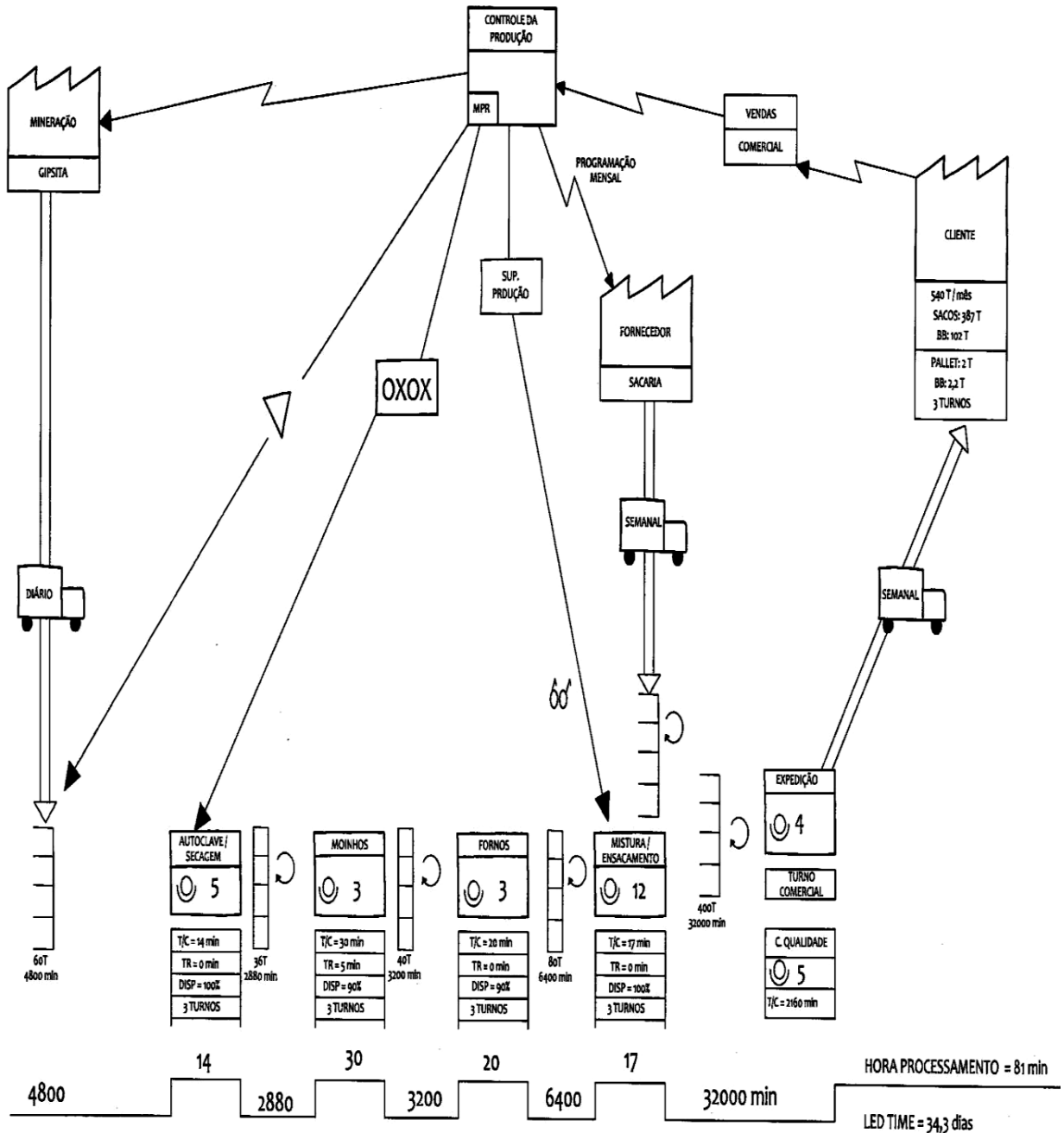


Figura 30 – Mapa do estado futuro para indústria de gesso

Fonte: Elias, Oliveira e Tubino (2011)

O estudo de caso não apresenta os resultados, porém faz uma estimativa dos resultados esperados, depois de feitas as melhorias estabelecidas no plano de ação, os quais são apresentados na Figura 31 a seguir que mostra os dados atuais e a expectativa dos dados futuros bem como a estimativa de ganho:

Indicador	Antes	Depois	Ganho
Estoque gipsita calcinada	44 dias	0 dias	100%
Estoque produto acabado	44 dias	22 dias	50%
<i>Lead Time</i>	102 dias	34,3 dias	66%
Disponibilidade fornos	80%	90%	12,5%
Disponibilidade Moinhos	86%	90%	4,6%

Figura 31 – Comparativo dos resultados esperados

Fonte: Elias, Oliveira e Tubino (2011)

4.1.6 Crie uma “puxada inicial” com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador (Nivele o volume de produção)

Rother e Shook (2003) condenam a prática de programar grandes quantidades de produtos com grandes intervalos de tempo entre programações. É necessário que se estabeleça um ritmo na liberação dos incrementos de produção, para que se mantenha a noção do *takt time* e possibilite que o andamento da produção seja monitorado. Ademais, utilizando-se “passos mais curtos”, a flexibilidade frente às mudanças nos pedidos por parte dos clientes aumenta.

Para facilitar este nivelamento, geralmente se utiliza a ferramenta *Heijunka Box*, como mostrado anteriormente na Figura 5.

O quadro de nivelamento de carga, também conhecido como *Heijunka Box* tem escaninhos com cartões *kanban* para cada intervalo *pitch* e uma fileira de escaninhos para o *kanban* de cada tipo de produto. Neste sistema o *kanban* indica não só a quantidade a ser produzida, mas também quanto tempo leva para produzir esta quantidade (baseado no *takt time*). Os *kanbans* são colocados (carregados) no quadro de nivelamento na sequência do *mix* desejado por tipo de produto conforme pode-se observar na Figura 32. O responsável pela

movimentação de materiais retira esses *kanbans* e os leva até o Processo Puxador, um de cada vez, no incremento *pitch* (Rother e Shook, 2003).

Um exemplo didático que mostra como funciona o *Heijunka Box* pode ser encontrado no vídeo “Quadro Heijunka Box | Nivelamento da produção | Gestão à vista”, no YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=CwPs59bwKmg>).

Abaixo segue um exemplo de uma retirada compassada desses *kanbans*, onde a partir do pedido do cliente o próximo *kanban* é retirado, deixado no processo. Posteriormente pega-se uma quantidade “*pitch*” pronta e move as peças acabadas para o Supermercado ou Expedição.

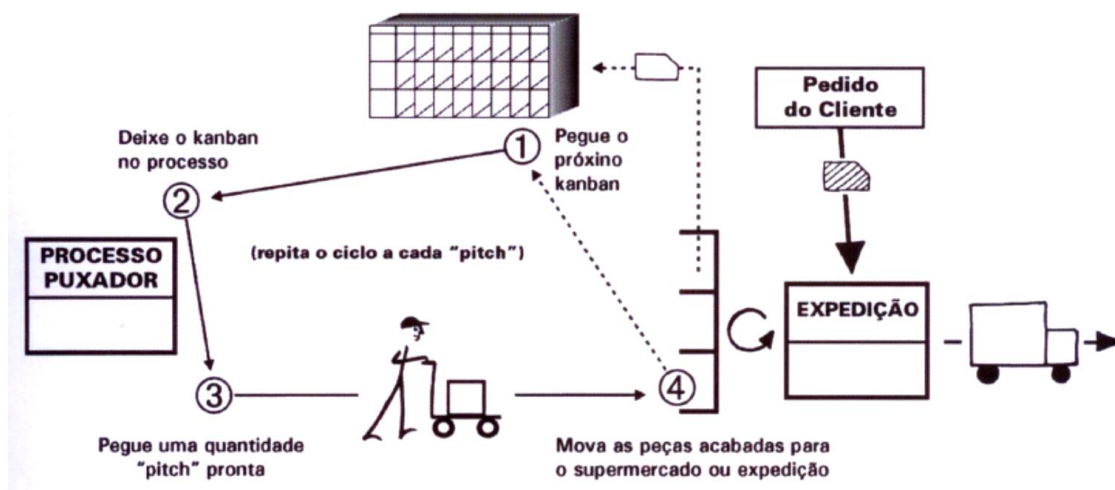


Figura 32 – Exemplo de retirada compassada

Fonte: Rother e Shook (2003)

Dentre os exemplos já citados para os procedimentos anteriores, destaca-se para este procedimento, Puxada Inicial, o estudo de Sullivan, McDonald e Aken (2002), no qual dentre outros procedimentos do MFV utilizou-se também o nivelamento de carga ou nivelamento do volume de produção, através de *kanbans* para indicar aos processos anteriores quando o nível do supermercado estiver baixo, contribuindo para as melhorias obtidas, e já citadas, dentre elas uma redução de 93% no *lead time*.

No artigo de Lima e Zawislak (2003) analisou-se diferentes linhas de produção em diferentes indústrias de transformação, dentre as quais destacaram-se as principais: borracha, ferro e cabo. Estas linhas apresentavam

problemas na cultura de ter elevados estoques de segurança e elevados tempos de *setup* de máquina. Entre outros procedimentos, utilizou-se um sistema de *kanban* interno, como fluxo de informação, para nivelar o volume de produção e para que fosse criada uma “puxada inicial”, isto é, foi utilizada a técnica de envio da programação para o primeiro processo da cadeia produtiva. Com a aplicação desse e dos demais procedimentos, foram obtidas diversas melhorias, entre elas uma grande redução no *lead time*, porém não foram obtidos dados quantitativos para este exemplo.

Um caso ainda não citado neste trabalho é o artigo de Hines, Rich e Nick (1998), o qual analisou um proeminente distribuidor de componentes mecânicos, elétricos e eletrônicos. Neste estudo, aplicou-se os procedimentos do MFV convencionais e também as ferramentas de mapeamento de desperdícios expostas no trabalho de Hines e Rich (1997). Aplicando estas ferramentas, o autor identificou pontos de melhoria e traçou um plano para implantação do MFV e seus procedimentos bem como as demais ferramentas utilizadas em conjunto ao MFV. Este plano foi dividido em cinco fases. Neste tópico, o foco se dará na quarta fase, a qual foi chamada de Fase Puxada, onde foi criado um sistema *kanban* para nivelar o volume de produção, organizar, coordenar e finalizar a implementação de processos puxados de produção. Isto possibilitou diversas melhorias para esta empresa, como reduções drásticas no *lead time*, redução de estoques a níveis extremamente baixos, entre outras.

4.1.7 Desenvolver a habilidade de fazer “toda peça todo dia” (depois a cada turno, a cada hora ou palete ou *pitch*) nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador

Através da redução dos tempos de troca (*setup*) e produzindo lotes menores nos processos anteriores, esses processos serão capazes de responder às mudanças posteriores mais rapidamente. Por sua vez, eles requererão ainda menos estoque nos supermercados (ROTHER; SHOOK, 2003).

Em geral o que é feito é registrar o tamanho dos lotes ou “TPT” nas caixas de dados. O “TPT” significa “toda peça todo ...”, onde as reticências representam

um determinado tempo que pode ser definido como dia, semana, turno, hora, *pitch*, ou *takt*. Isto é utilizado para descrever a frequência com que um processo é modificado para produzir todas as variações de uma peça. Em muitas indústrias, para peças com lotes numerosos, um objetivo inicial é fazer ao menos “toda peça todo dia”.

Rother e Shook (2003), cita um exemplo de um método utilizado para determinar os tamanhos dos lotes iniciais nos processos de fabricação, baseando-os no tempo disponível para dedicar-se às trocas. Se há 16 horas disponíveis por dia e são necessárias 14,5 horas para atender os pedidos, então resta 1,5 hora disponível para trocas. O ideal é utilizar aproximadamente 10% do tempo disponível para as trocas. Para este exemplo, se o tempo atual das trocas é de 15 minutos, então podem ser feitas 6 trocas por dia. Se a necessidade for produzir lotes pequenos com maior frequência, deve-se então reduzir o tempo de troca e/ou melhorar o tempo de utilização das máquinas. A Figura 33 ilustra isto.

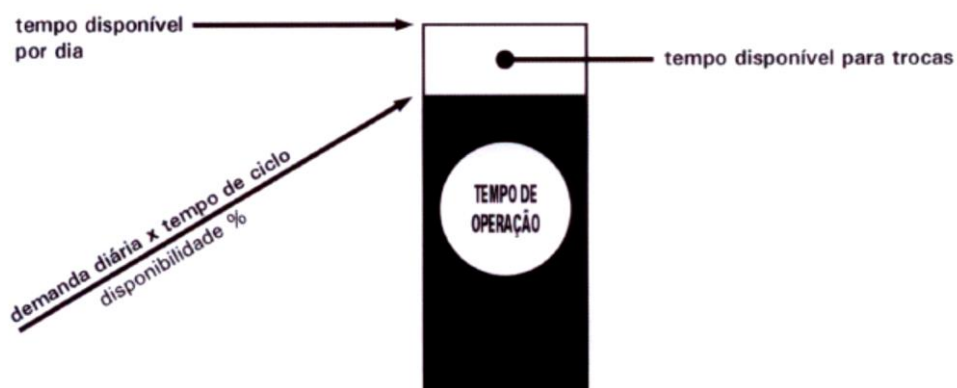


Figura 33 – Exemplo de método para determinação do tamanho dos lotes iniciais

Fonte: Rother e Shook (2003)

No trabalho de Rahani e al-Ashraf (2012) foi analisada uma indústria de autopeças da Malásia que era incapaz de atender a demanda diária de uma linha diária de discos frontais. Essa incapacidade se dava por diversos motivos, dentre eles pode-se citar elevados tempos de trocas, elevados tempos de utilização das máquinas, pois este procedimento do MFV em questão não era do conhecimento da empresa. Então, os autores analisaram a situação e propuseram a aplicação deste procedimento para reduzir os desperdícios e ineficiências de modo que

esta linha fosse capaz de produzir de acordo com o *takt time*. Calculando-se o tamanho dos lotes iniciais nos processos de fabricação, aliado a aplicação de outros procedimentos do MFV, conseguiram-se diversas melhorias, dentre elas a redução do tempo das máquinas e no tempo de troca, possibilitando uma redução no *lead time* de aproximadamente 15%. Assim, esta linha tornou-se capaz de atender a demanda.

4.1.8 Síntese dos artigos, trabalhos acadêmicos, vídeos, empregados nos sete procedimentos

Procedimentos	Artigos e Trabalhos Acadêmicos	Vídeos	Autores
Produza de acordo com o <i>takt time</i>	2		Rahani e Al-Ashraf (2012) Lima e Zawislak (2003)
Fluxo contínuo	5		Sullivan, McDonald e Aken (2002) Rahani e Al-Ashraf (2012) Lima e Zawislak (2003) Marodin e Zawislak (2005) Queiroz (2004)
Supermercados	2	1	Sullivan, McDonald e Aken (2002) Fernandes (2006)
Evitar a programação do cliente para apenas um processo	3		Sullivan, McDonald e Aken (2002) Fernandes (2006) Moraes <i>et al.</i> (2011)
Nivelar o <i>mix</i> de produção	2		Fernandes (2006) Elias, Oliveira e Tubino (2011)

Procedimentos	Artigos e Trabalhos Acadêmicos		Autores
Nivelar o volume de produção	3	1	Sullivan, McDonald e Aken (2002) Lima e Zawislak (2003) Hines, Rich e Nick (1998)
Desenvolver a habilidade de “fazer peça todo dia”	1		Rahani e Al-Ashraf (2012)

Tabela 3 – Síntese dos artigos, trabalhos acadêmicos e vídeos utilizados

Fonte: Autoria própria

4.2 Software para auxiliar a aplicação do MFV e seus procedimentos na prática

Aplicar o MFV e seus procedimentos na prática parece algo simples, porém nem sempre é tão simples quanto aparenta ser. Demanda tempo de trabalho e dedicação de todos numa indústria, desde gestores, diretores, supervisores, até os operários do chão de fábrica. Para auxiliar a implantação do MFV e seus procedimentos na indústria existem ferramentas que facilitam o trabalho de implantar e testar o MFV mais rapidamente na linha de produção.

Um tipo de ferramenta que pode auxiliar na implantação do MFV na indústria é algum tipo de software que seja desenvolvido com este intuito e de fácil utilização e aplicação. Como exemplo, existe o software FlexSim VSM, para fazer o mapeamento de fluxo de valor. Este software permite que seja feita o mapa atual da planta, bem como todos os indicadores necessários para analisar a situação atual e perceber quais melhorias são necessárias no processo. A partir disso, aplicando os procedimentos do MFV, ele mostra possibilidades da situação futura da planta, já com as melhorias feitas, com resultados quantitativos e qualitativos. Na figura 34 pode-se notar como é o *software*.

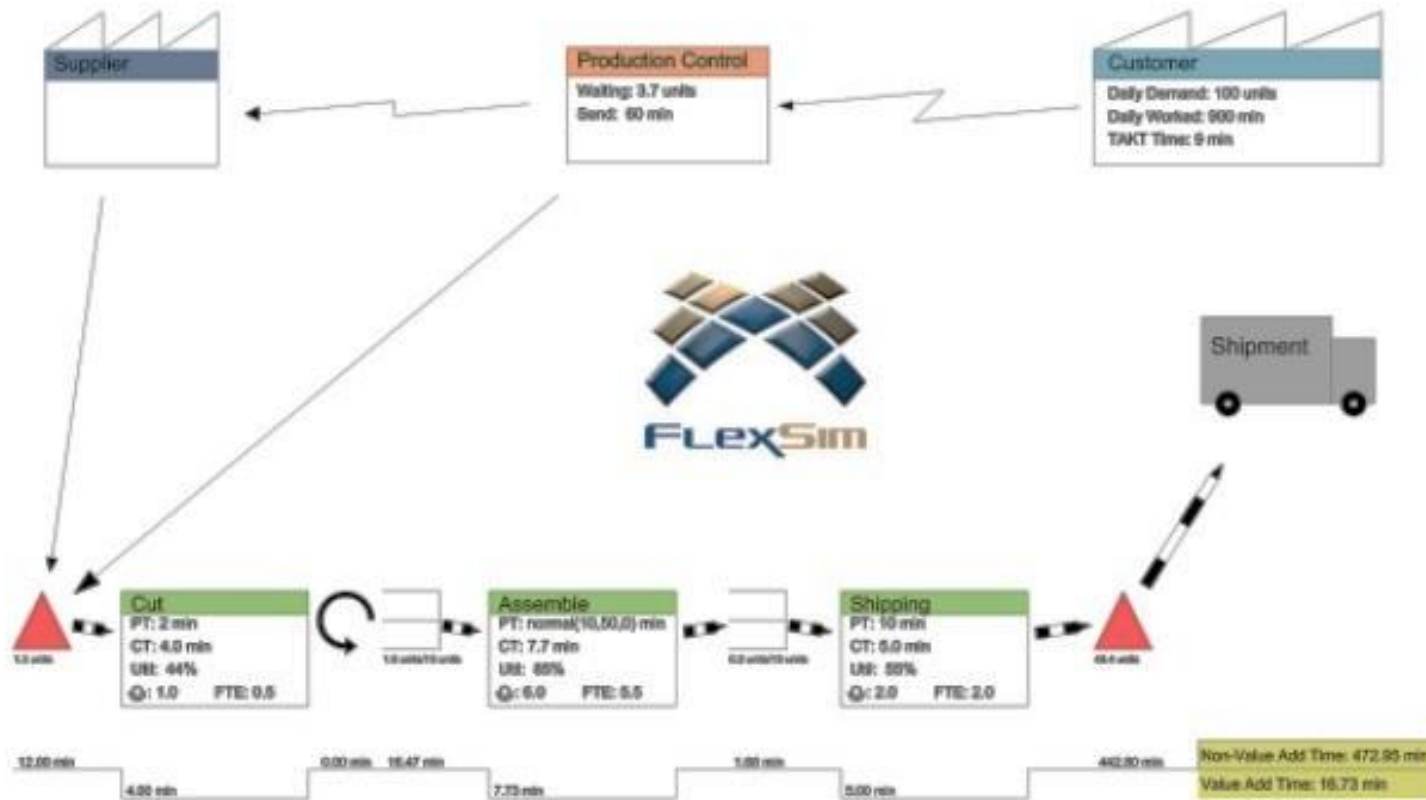


Figura 34 – MFV feito com FlexSim VSM

Fonte: FlexSim BR

4.3 Exemplo de Mapa Atual e Mapa Futuro após os procedimentos

No artigo de Lacerda, Xambre e Alvelos (2016) foi feito um estudo de caso onde aplicou-se o MFV para eliminação de desperdícios de um equipamento originário de uma indústria produtora de componentes automotivos. Esta empresa apresentava o mapa atual mostrado na Figura 35.

Os maiores problemas apresentados por esta indústria eram os desperdícios, estoques intermediários, alto *lead time* e, diversos outros problemas, destacando-se a questão dos desperdícios. Para solucioná-los implementou-se o MFV e seus procedimentos. Foram feitas melhorias para reduzir o *lead time*, atender o *takt time*, que é o primeiro procedimento do MFV; também foi implantado o fluxo contínuo onde foi possível, este o segundo procedimento; onde não foi possível implantar o fluxo contínuo foram utilizados supermercados, implementando assim o terceiro procedimento; também implementou-se o quinto e o sexto procedimento, que vem a ser o nivelamento do *mix* de produção e do volume de produção.

Portanto, implementando estes procedimentos do MFV, foi possível obter diversas melhorias na produção, como eliminação dos desperdícios, redução do *lead time*, eliminação ou redução drástica dos estoques intermediários, entre outras. Na Fig. 36 pode-se verificar como ficou o Mapa Futuro, já com as melhorias implantadas, bem como verificar a redução nos tempos e a eliminação dos desperdícios.

4.4 Conclusão

Neste capítulo foram abordados os procedimentos do MFV por meio de um guia didático contendo diversos exemplos de artigos, estudos de caso e trabalhos acadêmicos, cumprindo assim o objetivo principal deste trabalho de TCC.

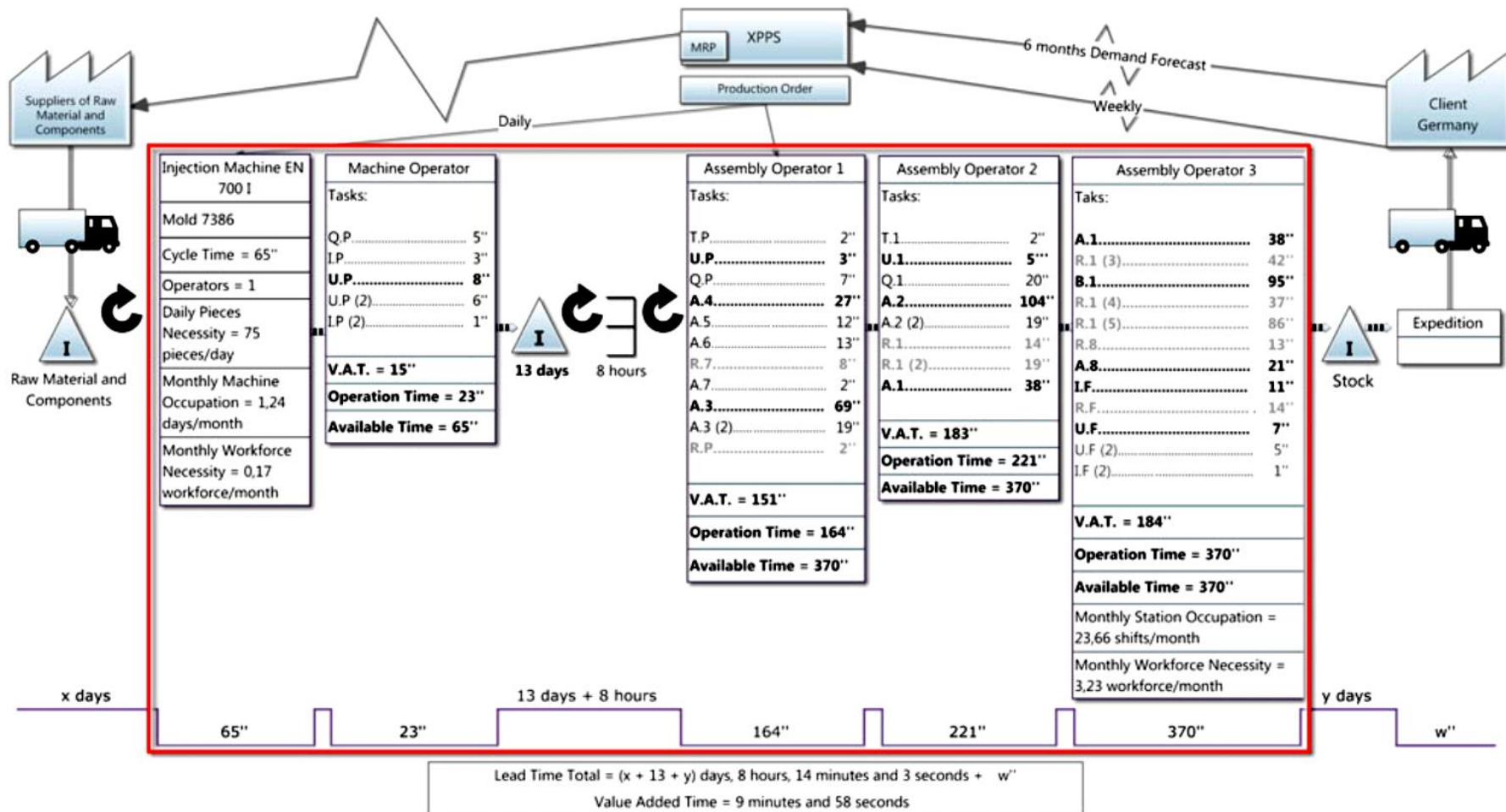


Figura 35 – Mapa atual da empresa

Fonte: Lacerda et al (2016)

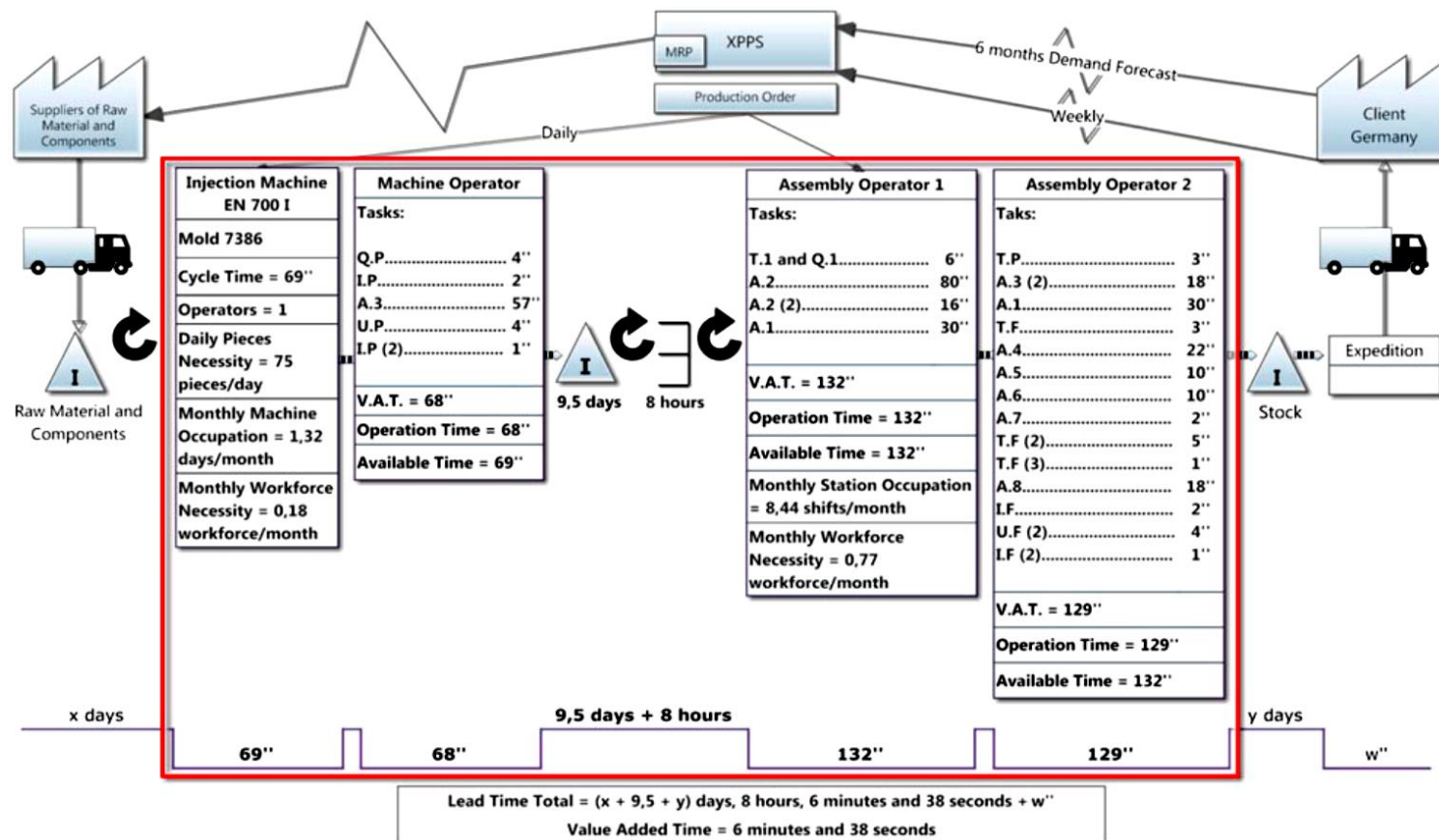


Figura 36 – Mapa futuro após implementação do MFV e seus procedimentos

Fonte: Lacerda et al (2016)

CONCLUSÕES

Neste trabalho de TCC elaborou-se uma proposta de um guia prático e didático para empresas que desejem implantar o MFV possam fazê-lo com uma maior facilidade com auxílio deste trabalho. Este trabalho também propicia que professores possam utilizar este guia sobre implantação dos procedimentos do MFV para suas aulas sobre este assunto.

Portanto, com este trabalho o aluno teve uma ótima oportunidade de crescimento profissional, aprofundamento nesta área e, oportunidade de publicar artigo e também seguir pesquisa nesta área.

Foram levantados diversos artigos, trabalhos acadêmicos, vídeos, entre outros, que fomentaram e fundamentaram este trabalho, contribuindo para que os objetivos estabelecidos, gerais e específicos, fossem atingidos.

Constatou-se também que o MFV não é uma ferramenta tão complexa como muitas empresas acreditam e até por isso não o implementam. Porém, com este trabalho isto foi desmistificado, propiciando as empresas um maior conhecimento a respeito desta ferramenta e uma implementação menos complexa da mesma.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. O. **Representação e análise de cadeias de suprimentos: uma proposta baseada no mapeamento do fluxo de valor**. 2002. 123 f. Dissertação (mestrado em produção) - Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos, São Carlos, 2002.

BORCZ, Adriano. **Proposta e implantação de melhorias em um empresa do setor metalúrgico, com base nos conceitos de manufatura enxuta**. 2003. Monografia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Tecnologia em Gestão da Manufatura, Curitiba, 2003.

ELIAS, Sérgio José Barbosa; OLIVEIRA, Mauro Macedo de; TUBINO, Dálvio Ferrari. Mapeamento do Fluxo de Valor: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Gesso. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, v. 4, n. 1, 2011

FERNANDES, Fernando Alvares. **Implementação do sistema de produção enxuta em indústrias de cosméticos: um estudo de caso**. 2006. [98] f. : Monografia (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Especialização em Gestão da Manufatura, Curitiba, 2006.

Flex Sim. Disponível em <www.flexsim.com/pt/> Acesso em: 15 de maio de 2018.

HINES, Peter; RICH, Nick. The Seven Value Stream Mapping Tools. **International Journal of Operations and Production Magement**, Vol. 17. No. 1, 1997, p. 46-64.

HINES, Peter; RICH, Nich; ESAIN, Ann. Creating a Lean Supplier Network: A Distribution Industry Case. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, Volume 4, 1998, p. 235 – 246.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

LACERDA, A.P.; XAMBRE, A.R.; ALVELOS, H.M. **Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry**, **International Journal of Production Research**, 2016; 54:6, 1708-1720, DOI: 10.1080/00207543.2015.1055349.

LIMA, Maria Leticia Sousa Correia; ZAWISLAK, Paulo Antônio. A produção enxuta como fator diferencial na capacidade de fornecimento de PME's. **Revista Produção** v. 13, n. 2, 2003.

MARODIN, Giuliano; ZAWISLAK, Giuliano. Mapeamento do Fluxo de Valor em Empresa Madeireira. **XII SIMPEP**, Bauru – SP, Brasil, 7 a 9 de Novembro de 2005.

MORAES, Monica Nogueira de; ARPINI, Bruno Passos; SCARDUA, Rayane Florentina; CHA, Fernanda U.S; **Utilização do mapeamento de fluxo de valor para a eliminação de desperdícios: estudo de caso em uma empresa de confecção**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte MG, 4 a 7 de Outubro de 2011.

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

QUEIROZ, J. A.; RENTES, A. F.; ARAUJO, C. A. **Transformação enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep0101_0361.pdf>. Acesso em 20 de novembro de 2015.

RAHANI, Ar.; AL-ASHRAF, Muhammad. Production Flow Analysis Through Value Stream Mapping: a Lean Manufacturing Process Case Study. **International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors**, 2012.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SANTOS, Daniel Gonçalves dos. **Introdução de ferramentas lean no chão de fábrica através de workshops: estudo de caso na empresa Electrolux do Brasil s/a unidade Guabirota**. 2007. [50] f. : Monografia (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Especialização em Gestão da Manufatura, Curitiba, 2007.

SCHONBERGER, Richard J. **World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied**, 2006.

SULLIVAN, William G.; MCDONALD, Thomas N.; AKEN; Eileen M. Van. Equipment Replacement Decisions and Lean Manufacturing. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, Volume 18, Number 3, 2002, p. 255 – 265.

WOMACK, James. P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.