



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**Escola de Engenharia de Lorena**



**NATÁLIA CALDERON NETTO**

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALORES (MFV)  
EM PROCESSOS QUÍMICOS**

Lorena – SP

2013

NATÁLIA CALDERON NETTO

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALORES (MFV)  
EM PROCESSOS QUÍMICOS**

Trabalho de monografia apresentado a Escola de Engenharia de Lorena EEL-USP como requisito parcial para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia Industrial Química.

Orientador: Professor Dr. Marco Antonio Carvalho Pereira

## **AGRADECIMENTOS**

Meus sinceros agradecimentos:

Aos meus pais pelos valores transmitidos, por sempre estarem presentes e me apoiando em todas as etapas da minha vida, pela educação que me proporcionaram, pela disciplina exigida e de sobremaneira pelo amor dedicado a mim. Pessoas fundamentais e mais importantes na minha vida, pois sem eles não teria alcançado todas as minhas conquistas até hoje.

A minha irmã Laís, que sempre me ajudou e esteve ao meu lado vibrando com as minhas conquistas, pelos momentos inesquecíveis quando estamos juntas, pela nossa amizade, pelos conselhos e apoio sempre.

Ao Márcio pelo companheirismo, força, paciência e pela felicidade que me proporciona todos os dias.

Ao meu orientador Marco Antonio pela grande dedicação, apoio, por estar sempre presente durante este trabalho, pelos conselhos e pela motivação.

Aos amigos que tornaram o período de graduação tão prazeroso, a vocês agradeço cada momento inesquecível vivido durante a faculdade, de luta, e alegria.

A todos os membros da Escola de Engenharia de Lorena, pelos aprendizados proporcionados.

E a Deus pela benção da vida.

## **RESUMO**

Este trabalho analisou a utilização de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), uma das mais relevantes ferramentas de Lean Manufacturing, em processos químicos. Para este fim foi realizado uma revisão bibliográfica sobre MFV e uma análise da situação atual e da futura em estudos realizados em indústrias de uma forma geral.. A aplicação de MFV busca a redução do lead-time de um processo, através da eliminação ou redução de fatores, tais como desperdício de tempo, atividades desnecessárias e retrabalhos em processo. A partir destas análises, foi possível analisar a grau de aplicabilidade do MFV em processos químicos, tendo sido constatado, que ele não é efetivo em processos complexos devido aos múltiplos fluxos existentes.

## **ABSTRACT**

This final paper examined the utilization of Value Stream Mapping (VSM), one of the most relevant tools for Lean Manufacturing in chemical processes. For this purpose a solid bibliographic review on MFV and an analysis of the current and the future situation in studies taken in chemical industries was accomplished. The MFV implementation aims to reduce the lead-time of any process by excluding or reducing factors, such as waste of time, unnecessary activities and rework in the process. From these analyzes, it was possible to verify the degree of applicability of MFV in chemical processes, being found that it is not effective in complex processes due to the multiple flows.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ISIC	International Standard Industry Classification
JIT	Just In Time
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
ONU	Organização das Nações Unidas
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
TPS	Toyota Production System
VSM	Value Stream Mapping

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas iniciais do MFV (Adaptado de Rother & Shook, 1999).....	18
Figura 2: Fluxo de Valor .....	18
Figura 3: Casa Lean.....	21
Figura 4: Simbologia Mapeamento de Fluxo de Valor.....	22
Figura 5: Distribuição de porcentagens das atividades (Hines; Taylor, 2000). .....	23
Figura 6: Evolução de um processo.....	30

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Setores da aplicação da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor.....	36
---	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Princípios do Lean Thinking.....	24
Quadro 2: Setores dos artigos pesquisados e os correspondentes anos.....	35
Quadro 3: Diferenças entre processos químicos e mecânicos.....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>MAPA DE FLUXO DE VALOR</b> .....	<b>14</b>
2.1	INTRODUÇÃO .....	14
2.2	MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR .....	16
2.3	CONCEITO E SIMBOLOGIAS DA FERRAMENTA MFV .....	20
2.4	OBJETIVOS DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR .....	22
2.5	BENEFÍCIOS DO MFV .....	24
<b>3</b>	<b>PROCESSOS INDUSTRIAIS</b> .....	<b>26</b>
3.2	A INDÚSTRIA QUÍMICA E SEUS PROCESSOS .....	28
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>SUGESTÕES</b> .....	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o processo da globalização em curso a busca por melhorias na qualidade e produtividade diante das competições cada vez mais acirradas, investimentos em inovações, exigências por redução de custos e busca por preços acessíveis no mundo empresarial fez-se necessário à implantação de novas ferramentas que auxiliassem o segmento corporativo a atingir um modelo produtivo eficaz.

O desafio de se estabelecer e sobreviver das organizações em um mundo empresarial, aliado ao constante crescimento tecnológico fez emergir um modelo de gestão que busca manter as organizações neste cenário de constantes mudanças.

A intensa competitividade que envolve as organizações no mercado atual requer entre diversos aspectos a constante melhoria da produtividade. Dentro deste cenário, o TPS (Toyota Production System) e suas ferramentas tornam-se um importante aliado no auxílio a resolução de problemas e melhoria contínua dos sistemas produtivos.

Esta constante busca pelo aprimoramento contínuo tem exigido das empresas a busca de atividades de processos produtivos que agreguem valor aos produtos.

Diante deste universo a metodologia Lean Manufacturing vem conquistando destaque e evidenciando os ganhos na melhoria das organizações.

O conceito Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta) baseia-se no Sistema Toyota de Produção. Ohno (1988), considerado o idealizador do Toyota Production System (TPS), define a base do sistema como a absoluta eliminação do desperdício, suportada por dois pilares: just-in-time e automação.

Just-in-time é o sistema no qual algo é somente produzido no momento necessário. Automação tem o sentido de automação com interferência humana, e abrange o aumento de produtividade através da separação dos tempos das atividades das máquinas e de seus operadores, possibilitada por mecanismos tais como a parada automática de máquina, impedindo que erros sejam produzidos em série (OHNO, 1988).

Num ambiente global, intenso e dinâmico, o desenvolvimento de novos produtos tornou-se um ponto de excelência. Empresas que conquistam mercados mais rapidamente e eficientemente com produtos que atendem às expectativas dos

clientes e as excedem, criam uma significativa alavancagem competitiva (WHEELRIGHT; CLARK, 1992).

Para minimizar os desperdícios de produção, seus efeitos e prosseguir com a busca contínua de “zero defeitos, tempo de preparação zero, estoque zero, movimentação zero, quebra zero, lead time zero e lote unitário”, a Produção Enxuta propõe algumas técnicas e ferramentas como o Lay out Celular, o Kanban e o Mapeamento do Fluxo de Valor, dentre outras (NAZARENO; RENTES; SILVA, 2002). Uma das ferramentas mais importantes do Lean Manufacturing é o Mapeamento do Fluxo de Valor (Value Stream Mapping). Trata-se de uma ferramenta bastante interessante, e tem sido uma das mais utilizadas no universo de aplicações da Produção Enxuta (LEAN SUMMIT, 1999). Entende-se por fluxo de valor o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a obtenção de matéria-prima até a entrega ao consumidor do produto final (ANVAR; IRANNEJAD, 2010).

Apesar das diversas aplicações do VSM encontrados na literatura e em diversos segmentos que foram desenvolvidos nos últimos anos, as origens do VSM concentram-se essencialmente na análise e melhoria de ambientes de produção com linhas de fluxo (ANVAR; IRANNEJAD, 2010).

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) foi criada para redesenhar sistemas produtivos e desde então tem alcançado resultados eficazes em diversos segmentos da indústria, gerando resultados significativos de redução de desperdícios. Este princípio do Lean Manufacturing tem como principal indicativo a eliminação de desperdícios e a redução do Lead Time da produção.

Portanto, o presente projeto de trabalho de conclusão de curso visa analisar a ferramenta do Lean que envolve o Mapeamento de Fluxo de Valor, colaborando dessa forma com entendimento da possibilidade de implementação do VSM em um processo químico industrial.

O objetivo deste trabalho é apresentar o Mapeamento de Fluxo de Valor, uma ferramenta do Lean Manufacturing e realizar uma análise da aplicabilidade desta ferramenta em indústrias do segmento químico sendo necessário o entendimento sólido desta ferramenta diante de um processo.

Através desta análise busca-se responder as seguintes questões:

- 1) O Mapeamento de Fluxo de Valor é aplicável em processos químicos?

- 2) Quais as adaptações seriam necessárias ao MFV para a sua aplicação em processos químicos?

## 2 MAPA DE FLUXO DE VALOR

### 2.1 INTRODUÇÃO

Mapa de Fluxo de Valor (MFV) (em inglês: Value Streaming Mapping – VSM) é uma das mais relevantes ferramentas do Lean Manufacturing (Produção Enxuta), uma abordagem de trabalho que objetiva a eliminação de desperdícios em toda ação que não agrega valor a um produto.

A abordagem Lean é regida pelo pensamento enxuto, incluindo foco no cliente, melhoria contínua e qualidade, aplicados através da redução dos desperdícios e da forte integração entre os processos (LIKER; MORGAN, 2006).

“[...] metade do esforço dos operários em fábrica, metade do espaço de fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade as horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos da metade dos estoques atuais de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos” (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

De acordo com os princípios enxutos, o objetivo principal da produção enxuta é o fluxo de valor enxuto da matéria-prima ao produto acabado, o que significa levar em conta o quadro mais amplo e não apenas os processos individuais e buscar melhorar o todo e não somente as partes isoladas (QUEIROZ; RENTES; ARAUJO, 2004).

O objetivo principal da produção enxuta é fazer fluir os materiais através dos processos, agregando valor, sem haver interrupções e desperdícios, até que este chegue ao cliente de forma a satisfazer as necessidades do mesmo. O que significa levar em conta os processos num sentido amplo, e não apenas processos individuais, e buscar melhorias no todo e não somente de partes isoladas (ELIAS; OLIVEIRA; TUBINO, 2011). Ou seja, eliminar todo e qualquer tipo de desperdício em uma produção, isto é, aquele que não agrega valor ao produto final de forma a melhorar a qualidade, aumentar a produtividade e otimizar a utilização da matéria-prima e outros recursos, contribuindo para a melhoria da competitividade nas indústrias.

Taiichi Ohno classificou os desperdícios em sete categorias (FILHO, 2007):

- I. Superprodução: produzir muito e muito cedo ou mais do que o necessário, resultado em um excesso de produto;
- II. Defeitos: problemas na qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega;
- III. Inventários desnecessários: armazenamento excessivo e esperas por informações ou produtos necessários, resultando em custo excessivo e baixo nível de serviço ao cliente;
- IV. Processamento inapropriado: executar o processo com ferramentas, procedimentos ou sistemas não apropriados;
- V. Transporte excessivo: movimento excessivo de bens ou de informação, resultando em aumento no tempo, esforço e custo;
- VI. Esperas: períodos longos de inatividade de pessoas, informação ou bens, resultando em fluxos pobres e longos lead times na produção;
- VII. Movimentos excessivos de pessoas: inclui todos os movimentos físicos desnecessários dos operadores. Organização do posto de trabalho mal feita, resultando em problemas ergonômicos e excessiva movimentação de pessoas, movendo e armazenando peças.

Para a eliminação do desperdício o Just In Time (JIT) exerce papel fundamental. O JIT significa produzir o produto certo, no tempo certo e na quantidade exata. Uma vez implantado o JIT integralmente, a empresa pode chegar ao estoque zero, eliminando-se assim uma atividade que não agrega valor (ELIAS; MAGALHÃES, 2003).

A produção enxuta possui algumas ferramentas com o intuito de otimizar o processo produtivo nas empresas, entre elas: o Mapa do Fluxo de Valor (MFV), o Heijunka Box, o Kanban, entre outros.

Just-in-time é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção (TPS), seu significado, como mencionado anteriormente, é produzir e transportar apenas o necessário, quando houver necessidade e na quantidade exata.

O objetivo desta ferramenta é a fabricação com o mínimo de estoque ou estoque zero para um lead time reduzido, beneficiando na qualidade e economia.

O Sistema Toyota de Produção é regido por quatro regras (SPEAR; BOWEN, 1999):

- I. Todo trabalho deve ser especificado, quanto ao conteúdo, sequência, tempo e resultado desejado;
- II. A relação cliente-fornecedor deve ser direta;
- III. O caminho percorrido pelo produto deve ser simples e direto;
- IV. Toda melhoria a ser realizada deve ser feita pelos envolvidos das atividades com orientação de um especialista.

## 2.2 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta estratégica que foi desenvolvida por Jones e Womack em 1990 (Womack et al., 1990) e aplicado no contexto de manufatura enxuta por Hines e Rich em 1997 e Rother e Shook em 1998 (Fearne; Martinez; Dent, 2012), relatando os primeiros passos deste processo. Este sistema de gerenciamento consiste em um conjunto de ações que agregam valor, bem como as que não agregam valor, as quais são necessárias para viabilizar o produto da matéria-prima ao cliente. A ferramenta MFV foi desenvolvida para auxiliar as empresas na redução ou remoção dos desperdícios (Hins, Rich, Brunt, & Taylor, 1998), entendendo a situação atual e encontrar potenciais de melhoria (McDonald, Van Aken, & Rentas, 2002).

É uma ferramenta da produção enxuta que auxilia no planejamento de negócio e gerenciamento de processo nas empresas (ROTHER; SHOOK, 1998).

De acordo com Jones & Womack (2004):

“... Mapeamento de Fluxo de Valores é o simples processo de observação direta do fluxo de informação e de materiais conforme eles ocorrem, resumindo-os visualmente e vislumbrando um estado futuro com melhor desempenho”.

Mapeamento de Fluxo de Valor é a separação da cadeia produtiva em três tipos de processo: aqueles que efetivamente geram valor; aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade; e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. Apesar de continuamente olharem para sua cadeia produtiva, as empresas continuam a focalizar em reduções de custos não acompanhadas pelo exame da geração de

valor. Elas olham apenas para números e indicadores no curto prazo, ignorando os processos reais de fornecedores e revendedores. As empresas devem olhar para todo o processo, desde a criação do produto até a venda final.

Essa metodologia faz-se necessário o uso de um mapeamento de fluxo atual para identificar os desperdícios associados ao processo e de um mapeamento de fluxo futuro, com foco na redução ou eliminação dos desperdícios do processo.

O mapeamento de estado atual é preparado analisando detalhadamente um processo. O mapa atual inclui os desperdícios e informações desde a matéria-prima até a entrega ao cliente. Este fornece uma clara imagem do processo atual.

O mapeamento futuro mostra como o processo será conduzido após a eliminação dos desperdícios, este mapa é feito através da análise do mapa do estado atual.

O mapeamento divide-se basicamente em quatro etapas (MAIA; BARBOSA, 2006):

- I. Escolher uma família de produtos, pois mapear todos os produtos é uma tarefa exaustiva;
- II. Mapear o fluxo atual, ou seja, como a empresa rege no momento. O mapa do estado atual é elaborado para que se obtenha uma visão global do fluxo de valor e dos desperdícios a ele associados.
- III. Mapear o fluxo futuro, uma idealização de como a empresa seria com a eliminação de desperdícios;
- IV. Estabelecer o Plano de Ação, as quais devem ter objetivos e metas necessários para se atingir ao máximo possível o estado determinado na etapa anterior.

Para uma melhor compreensão das etapas citadas acima, a Figura 1 exemplifica as etapas iniciais do Mapeamento de Fluxo de Valor.



**Figura 1:** Etapas iniciais do MFV (Adaptado de Rother & Shook, 1999).

Conforme mencionado, no Mapeamento de Fluxo de Valor deve-se escolher, inicialmente, uma família de produtos e seguir o caminho da produção porta-a-porta, do consumidor ao fornecedor e desenhar cuidadosamente o mapa do estado atual de seus fluxos de materiais e de informações e em seguida desenha-se o mapa do estado futuro, com o objetivo de contemplar as oportunidades de melhoria e representar como os materiais e as informações deveriam fluir, conforme mostrado na Figura 2 (ELIAS; OLIVEIRA; TUBINO, 2011).



**Figura 2:** Fluxo de Valor

Fonte: (ELIAS; OLIVEIRA; TUBINO, 2011- Adaptado de Rother e Shook, 2003).

As informações a serem coletadas no Mapeamento de Fluxo de Valor serão armazenadas em um banco de dados que poderão ter os seguintes itens (ROTHER; SHOOK, 2003):

- I. Tempo de Ciclo (T/C): Tempo decorrido entre um produto não acabado e o próximo passarem pelo mesmo processo;
- II. Tempo de troca (T/TR): O “setup”, ou seja, o tempo decorrido para alterar a produção de um tipo de produto para outro;
- III. Disponibilidade: Tempo disponível por jornada de trabalho, descontado os tempos de paradas e manutenções;
- IV. Índice de rejeição: Índice que determina a quantidade de produtos defeituosos provenientes do processo;
- V. Número de pessoas necessárias para operar o processo.

O Mapeamento é uma ferramenta importante porque é de fácil compreensão e auxilia a representação do fluxo de informações e do processo. Outras vantagens importantes desta ferramenta são (RENTES et al, 2003):

- I. Permite uma visão ampla de todo o fluxo e não dos processos isoladamente;
- II. Auxilia a identificação dos desperdícios considerados pela produção enxuta;
- III. Mostra simultaneamente a relação entre os fluxos de materiais e informações;
- IV. Fornece uma linguagem simples e comum para tratar os processos de manufatura;
- V. Torna as decisões mais visíveis, permitindo uma discussão prévia das possíveis alternativas de melhoria;
- VI. Forma a base de um plano de ação.

Segundo Machado (2006) em suas pesquisas sobre filosofia Lean aplicada no processo de fabricação de produtos, o conhecimento do Just in time contribui para o enriquecimento da análise do mapeamento e caracterização de processos. Na filosofia Just in time um dos principais focos é a redução de desperdícios.

O Mapeamento de Fluxo de Valor é uma ferramenta muito abrangente, com procedimentos definidos e simbologia própria, representa uma metodologia de

referência para a implantação da produção enxuta. O MFV se preocupa em mapear os fluxos de materiais e de informações de um processo ou de uma cadeia de valor, descrevendo o estado atual do processo e orientando a obtenção de um estado futuro que inclui a adoção de práticas de produção enxuta (SANTOS;GOHR;SANTOS, 2011).

### 2.3 CONCEITO E SIMBOLOGIAS DA FERRAMENTA MFV

O Sistema Toyota de Produção (TPS) foi desenvolvido por Taiichi Ohno (1912-1990) na Corporação Toyota Motor em 1950, este foi idealizado por estudiosos internacionais pelo Programa Internacional de Veículos Motorizados no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” por (Womack, Jones, & Roos, 1990). A manufatura enxuta é baseada em pensamento Lean juntamente com as ferramentas como Kaizen, Poka Yoke, Kaban.

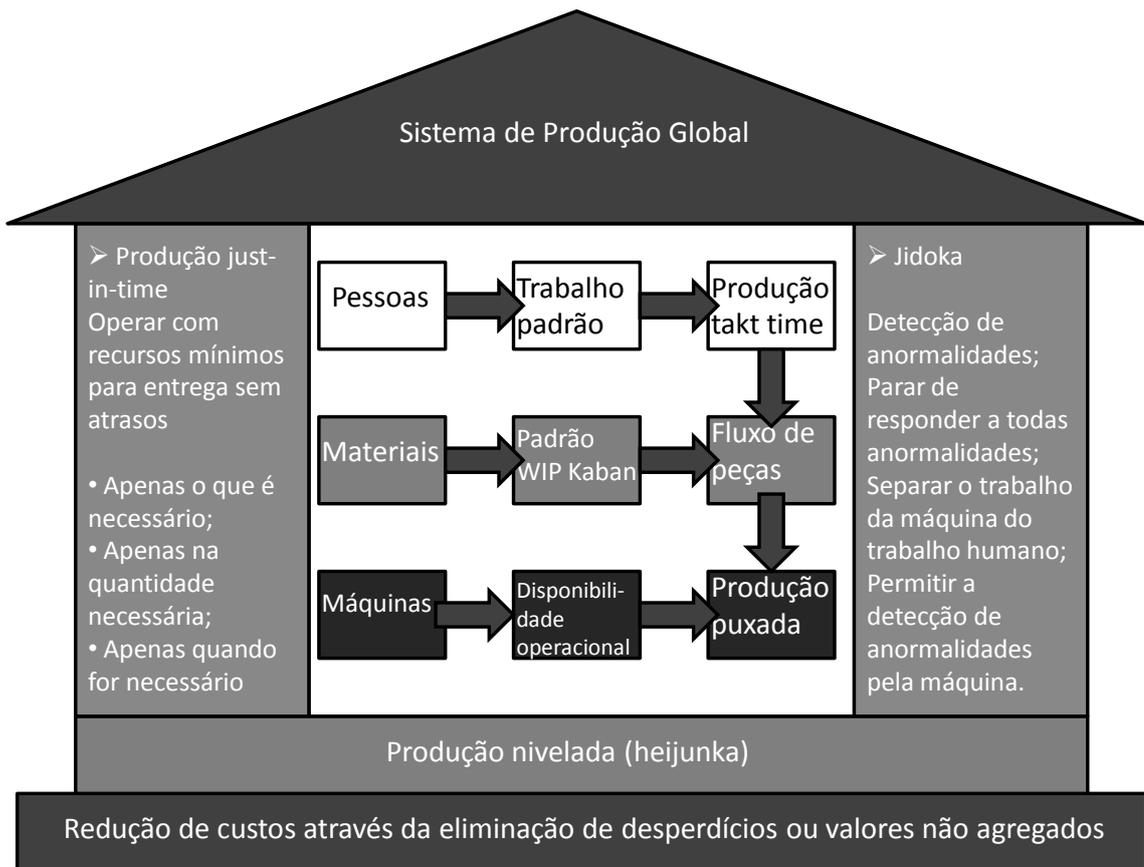
Nos primeiros escritos da Produção Enxuta o foco era nos aspectos de produção diferente de perspectivas de gestão.

O conceito Lean é metaforicamente ilustrado como uma casa, onde a fraqueza em uma das partes implica em um sistema globalmente fraco. Ela tem bases e pilares, onde os pilares estão enraizados na fundação. Existem diferentes versões da casa Lean com diferentes aparências, mas a filosofia implícita por elas são as mesmas.

Just-in-time (JIT) e Jidoka são dois pilares. JIT refere-se às entregas aos clientes, no tempo certo e em quantidades pedidas, sem gerar estoques ou atrasos. Jidoka é atribuído as melhorias dos processos, buscando a eliminação dos desperdícios. Os pilares da filosofia estão apoiados nas bases da melhoria contínua, trabalho padronizado e nivelamento de produção, os quais exigem um grau de estabilidade para se equilibrarem.

Cada componente da Casa “Lean” possui seu próprio papel e eles precisam estar conectados entre si para alcançar a parte superior desta casa (Liker J., 2004).

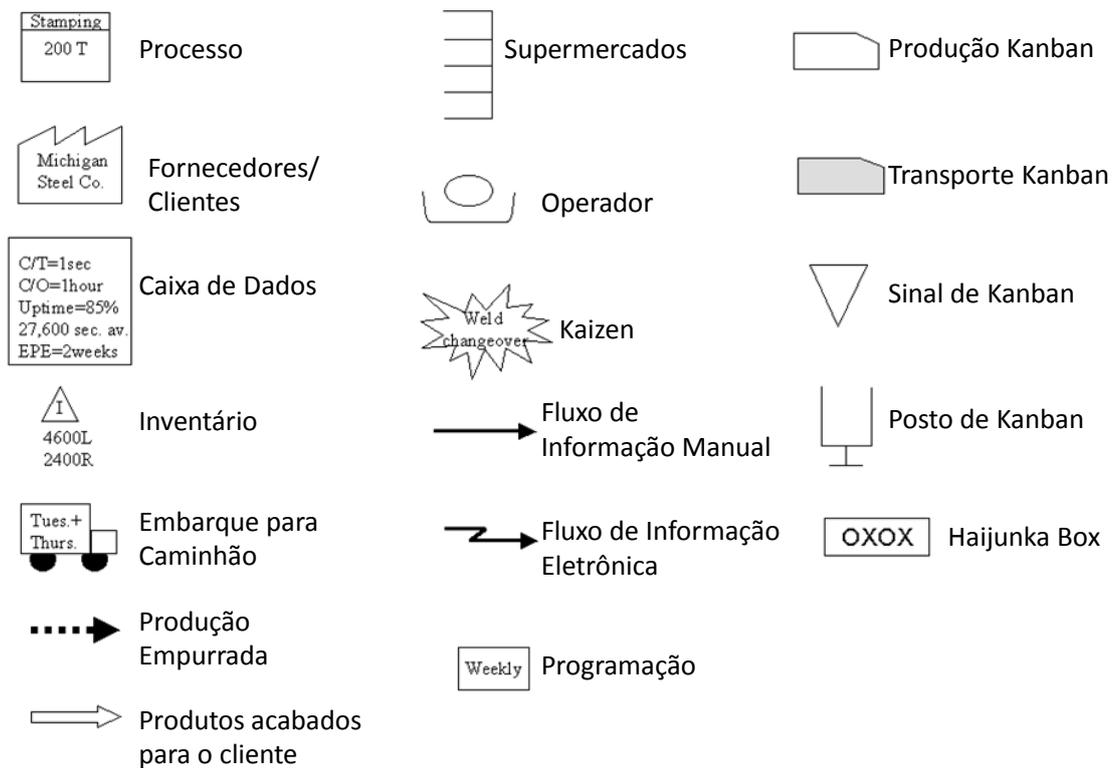
A Casa do Sistema Toyota de Produção é apresentada na Figura 3.



**Figura 3:** Casa Lean

Fonte: Black & Miller (2008).

O Mapeamento de Fluxo de Valor é usualmente empregado por um conjunto padronizado de símbolos que se compõem do fluxo de informações e do fluxo de materiais. Estas simbologias estão representadas na figura 4:



**Figura 4:** Simbologia Mapeamento de Fluxo de Valor.

## 2.4 OBJETIVOS DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

Com base no que foi exposto é possível elencar fatores de desperdício de tempo, de atividades desnecessárias e retrabalhos em um processo de desenvolvimento de produtos são essenciais para reduzir o lead time de processo.

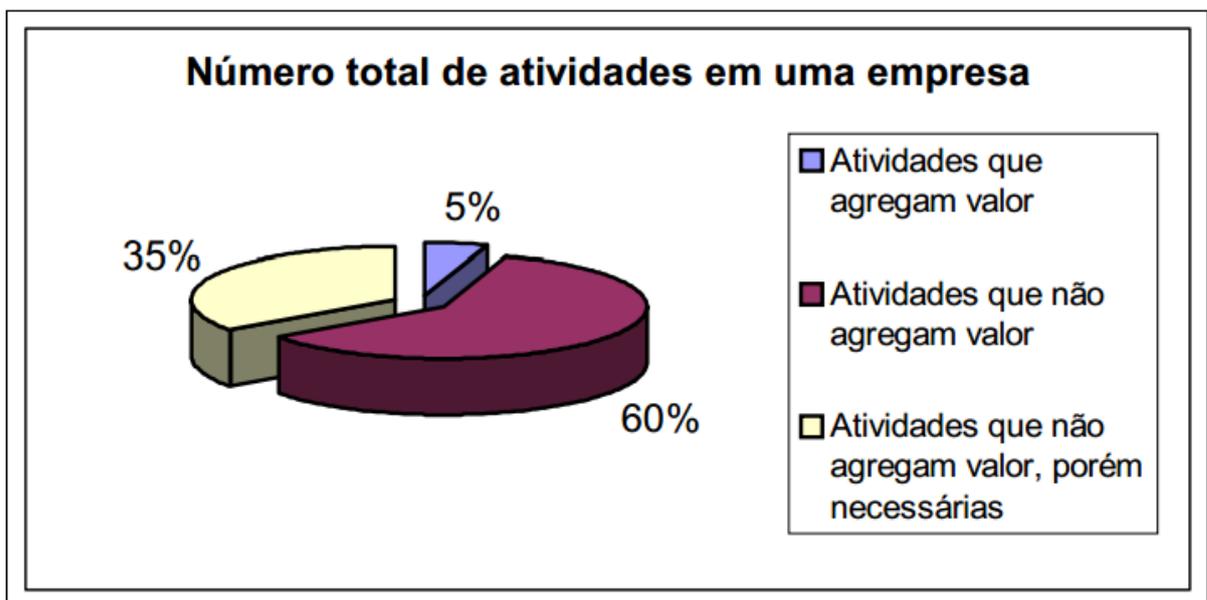
O Mapeamento ajuda na identificação dos desperdícios, este fornece uma linguagem comum para abordar processos de manufatura e serviços, tornando-os visíveis.

Através do processo de mapeamento torna-se mais simples determinar onde e como melhorar o processo. A constante reavaliação de uma estrutura, processos e mecanismos de controle, torna a organização cada vez mais autocrítica e competitiva (VILLELA, 2000).

Além da melhoria na qualidade e produtividade, o mapeamento vem promover redução de custos, redução de refugos, melhor aproveitamento dos espaços e do

grupo envolvido nos processos e conseqüentemente aumento da rentabilidade (MATOS, 2000).

Como mencionado anteriormente existem três tipos de processos em uma empresa, aqueles que geram valor, os que não geram valor e os que não agregam valor. Para Hines e Taylor (2000) estes três tipos de atividades são encontradas, em média, na seguinte proporção: 5% de atividades que agregam valor; 60% de atividades que não agregam valor; e 35% de atividades que não agregam valor, porém necessárias. Esta distribuição é exemplificada na Figura 5:



**Figura 5:** Distribuição de porcentagens das atividades (Hines; Taylor, 2000).

Fonte: Leal; 2003

Atividades que não agregam valor estão relacionadas aos trabalhos manuais, transportes sem necessidade, armazenamento de produtos intermediários, transportes para destinos errôneos, entre outros.

Realizado o Mapeamento de Fluxo de Valor devem ser encontradas maneiras de eliminar as atividades que não agregam valor e aumentar a eficiência e a eficácia das atividades que agregam valor (NAZARENO et al, 2011).

Segundo Lasa, Laburu e Vila (2008), fatores como formação e treinamento da equipe, comprometimento da direção da empresa e gestão de tempo e recursos

dedicados ao projeto são essenciais para que se tenham bons resultados com a utilização do MFV.

A aplicação desta filosofia, independente do porte ou do segmento de atuação, deve ser norteada pelos cinco princípios básicos da fundamentação desta abordagem. O quadro 1 detalha estes princípios correlacionando aos objetivos (BUZZI; PLYTIUK, 2011):

<b>Princípios</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Valor</b>	Identificar o que gera e o que não gera valor na perspectiva do cliente.
<b>Fluxo de Valor</b>	Identificar quais etapas dos processos agregam valor, eliminando etapas que não agregam, desde o momento em que cliente faz o pedido, até que ele seja entregue. Ou seja, definir todos os passos necessários para fabricar o produto ao longo da linha de produção, sem gerar desperdícios.
<b>Fluxo Contínuo</b>	Atuar de forma a garantir um fluxo de valor contínuo, sem interrupções ou esperas.
<b>Produção Pull</b>	Produzir apenas as quantidades solicitadas pelo cliente.
<b>Perfeição</b>	Buscar a perfeição por meio da melhoria contínua.

**Quadro 1:** Princípios do Lean Thinking.

Fonte: Adaptada de GRABAN (2009).

## 2.5 BENEFÍCIOS DO MFV

O Mapeamento de Fluxo de Valor traz, além da eliminação de desperdício e otimização do fluxo do processo de manufatura, uma série de outros benefícios que facilitam a administração das empresas, o conhecimento e o controle do processo produtivo. Estas vantagens são:

- Processos mais Eficientes (KIM et al., 2006; SHIVER & EITEL, 2010; AHERNE & WHELTON, 2010);
- Redução dos tempos envolvidos nos processos (PROTZMAN et al, 2011;

AHERNE & WHELTON, 2010; KIM et al, 2006);

• Elevação da Qualidade (PROTZMAN et al, 2011; SHIVER & EITEL, 2010; GRABAN, 2009; KIM et al, 2006);

• Produtos/serviços mais adequados às necessidades dos consumidores (PROTZMAN et al, 2011; AHERNE & WHELTON, 2010; KIM et al., 2006);

• Sistemas mais confiáveis (SHIVER & EITEL, 2010);

• Redução de Custos (PROTZMAN, MAYZELL, & KERPCCHAR, 2011); (SHIVER & EITEL, 2010) ; (AHERNE & WHELTON, 2010); (AHERNE & WHELTON, 2010); (GRABAN, 2009);

• Profissionais mais satisfeitos (SHIVER & EITEL, 2010; GRABAN, 2009).

### 3 PROCESSOS INDUSTRIAIS

#### 3.1 DEFINIÇÃO DE PROCESSOS

Processo é definido como uma sequência organizada de atividades que transforma entradas de fornecedores em saídas para clientes, de maneira que a unidade resultante contenha valor agregado (ROTONDARO,1998). Essas atividades devem apresentar relação dita lógica entre si, com a finalidade de atender e, preferencialmente suplantando necessidades e expectativas de clientes externos e internos da empresa (OLIVEIRA, 2006).

Desta maneira, mesmo atendendo clientes externos e internos, o processo deve sempre ter visão do cliente final. Portanto, é para ele que as atividades do processo devem agregar valor. Conforme Rotondaro (2006), podemos resumir processo com um conjunto de atividades do início ao fim, que juntas, criam valor para o cliente.

Cruz (2003) define processo como um conjunto de vários elementos capazes de guiar uma atividade do início ao fim, para atingir os objetivos estabelecidos.

Segundo Barbará (2006) os processos são resultados do sistema em ação, representados por fluxos de atividades ou eventos.

A Norma ISO 9000:2005 define processos como "conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transforma insumos (entradas) em produtos (saídas)".

Embora Gonçalves (2000) ressalte que a definição de processo como *inputs* transformados em *outputs* que gerem valor, não é considerada suficiente, pois um processo em sua natureza também abrange transformações, *feedback*, *endpoints* e repetibilidade. O autor complementa que ao observar por outro ângulo é possível perceber o processo como atividades coordenadas que envolvem tecnologia, pessoas, normas e procedimentos da organização. Davenport (1994) ressalta ainda outro elemento fundamental a definição de processos: a medição das atividades.

Um processo se divide em três ações descritas por Cruz (2003, p. 62) da seguinte maneira:

- I. Ação de Introduzir – responsável por demonstrar as entradas ou insumos do processo, este agente também pode ser caracterizado como fornecedor.
- II. Ação de Processar – esta é a ação que gera resultados, onde a transformação acontece.
- III. Ação de Enviar – fornece o resultado do processo: o produto, pós-transformação. Onde o recebedor deste produto é designado como cliente.

É possível classificar os processos em dois tipos: primários e secundários. Processo primário é caracterizado por processos que representam a atividade fim da empresa, ligados diretamente aos objetivos de entregar um bem ou serviço ao cliente. Secundário, se refere aos processos que dão suporte para que a principal atividade da empresa funcione em sua totalidade.

Cruz (2003) afirma que ambos os tipos de processo devem ser bem gerenciados, procurando melhoria contínua, o primário por ter como principal função produzir e o secundário por dar apoio aos processos de maneira geral.

Para Gonçalves não existe um produto ou serviço oferecido por uma empresa sem um processo empresarial, da mesma forma não faz sentido existir um processo empresarial que não ofereça um produto ou serviço (2000a, p. 07).

Os sistemas de produção, de acordo com Moreira (2000), são classificados em função do fluxo do produto e são agrupados em geral em três categorias:

a) Sistema de Produção contínua ou fluxo em linha, cujo processo é focalizado no produto, apresenta uma sequência linear em sua produção. Os produtos seguem uma sequência prevista com uma alta eficiência e acentuada inflexibilidade. Apresenta-se de duas formas: produção em massa (tipo linha de montagem) e processamento contínuo (indústrias de processo).

b) Sistema de Produção intermitente, cujo foco é no processo, apresenta uma produção feita em lotes ou por encomenda. O produto flui de forma irregular de um centro de trabalho a outro e o equipamento é do tipo genérico, adaptando-se as características das diversas operações que estejam sendo feitos no produto. Este sistema apresenta a flexibilidade como vantagem fundamental, mesmo perdendo em volume de produção em relação ao sistema contínuo.

c) Sistema de Produção Especial é aquele no qual não existe um fluxo do produto ou de produção, constituindo-se em geral num único produto, seguindo uma sequência de tarefas ao longo do tempo, em geral de longa duração. Existe uma profunda correlação entre o sistema de produção, seu processo, e o produto, tanto que a mudança de um desses exige a adaptação do outro de forma dinâmica. (MOREIRA, 2000).

### 3.2 A INDÚSTRIA QUÍMICA E SEUS PROCESSOS

Após quase um século de predominância da Europa, a indústria química migrou para outras regiões do mundo. Entre 1880 e a Primeira Guerra Mundial, a Alemanha dominava o setor, mas hoje a liderança cabe aos Estados Unidos. Após a Segunda Guerra Mundial, a indústria química teve grande crescimento no Japão, que se tornou, nas três últimas décadas do século 20, o segundo maior produtor mundial (CIÊNCIAHOJE; 2011).

Após os choques do petróleo, os países do Oriente Médio, em particular os que integram a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), mais o Canadá e a Venezuela, ampliaram sua participação na produção da indústria química mundial, como fabricantes de derivados do etano extraído do gás natural. Recentemente, a China, como o país emergente de maior crescimento econômico, passou a ser grande exportadora de produtos químicos (CIÊNCIAHOJE; 2011).

Apesar da retração no mercado mundial, no ano de 2011 a indústria química subiu para um novo nível recorde de vendas de produtos químicos com o faturamento de \$1,40 trilhão em vendas das 100 maiores indústrias químicas no mundo. Representando, em 2011, um crescimento de 13,4% em comparação ao ano de 2010, quando o índice de vendas apontou 24% a mais do que em 2009, frente a crise financeira. O crescimento de vendas ano a ano embora a baixo do pico em 2010 ainda é cerca de 1,5 vezes o nível médio de 9,0% de crescimento anual visto desde 2000 (ICIS Chemical Business, p. 36, 2012).

O setor químico é muito vasto e abastece diversos setores do comércio e da indústria em geral, abrangendo um fornecimento tanto para uso final como industrial. Devida a esta ampla abrangência a classificação da indústria química e de seus

segmentos foi motivo de muitas divergências, do que se poderia ou não considerar indústria química, passou por discussões até que a ONU criou uma classificação internacional para a indústria química, incluindo-a na Revisão nº 3 da ISIC (International Standard Industry Classification) e recentemente na Revisão nº 4. No Brasil, podendo-se, portanto listar as indústrias de: açúcar, álcool, alimentos, bebidas, biotecnologia, celulose, papel, corrosão e tratamento de superfície, embalagem, farmacêutica, metalurgia, mineração, siderurgia, polímeros, petroquímica, óleo, gás, tintas, entre outras (ABIQUIM, 2011).

“Indústrias de processo são aquelas que adicionam valor aos materiais através de mistura, separação, conformação ou reações químicas. O processamento pode ser tanto contínuo como em bateladas e geralmente requerem rígido controle do processo e alto investimento de capital.” (Fransoo e Rutten, 1993, p.48).

Indústrias químicas se caracterizam por apresentar reações de complexibilidade, sob este conceito deve-se compreender como reações complexas processos que envolvem procedimentos físicos e químicos para transformação de matéria-prima natural e seus derivados em produtos.

A abrangência da definição de “processo químico” é tão grande que engloba setores específicos de grande magnitude como os metalúrgicos, nucleares e farmacêuticos, ao lado de outros como os processos petroquímicos, plásticos, cerâmicos, de síntese de produtos inorgânicos, orgânicos, ou bioquímicos, etc. (SHREVE; BRINK Jr, 1997)

Processo químico é qualquer operação ou conjunto de operações coordenadas que causam uma transformação física ou química em um material ou misturas de materiais. O objetivo dos processos químicos é a obtenção de produtos desejados à partir de matérias primas selecionadas ou disponíveis. Os processos químicos são, do ponto de vista de produção industrial, desenvolvidos dentro da chamada indústria química que se divide em diversas ramificações (IFBA, 2013).

O processo químico é um método ou meio de alteração de um ou mais produtos químicos ou compostos químicos. Tal processo químico pode ocorrer por si só ou ser causada por uma força exterior envolvendo reação química de algum tipo. Na definição de “engenharia”, um processo químico é um método destinado a ser

utilizado na fabricação ou em escala industrial para alterar a composição do material químico.

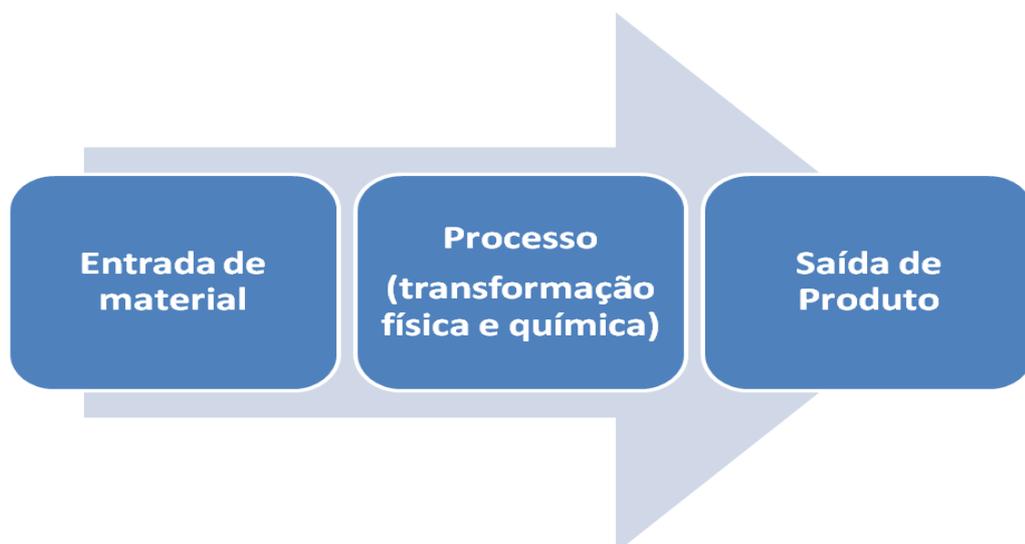
As etapas na produção de qualquer produto químico podem ser divididas em três grandes grupos (BARCZA, 2013):

I - Reator químico: com raras exceções, é a parte principal de qualquer unidade de produção química, onde ocorre a transformação dos reagentes em produtos. As reações que envolvem reator químico são conhecidas como conversões químicas ou processos unitários. Os quais compreendem um conjunto de parâmetros que processam as reações químicas que serão utilizadas nos processos, que são: mecanismo de reação, condições dos reagentes e matérias-primas, grau de pureza, composição de mistura, condição de pressão e temperatura, tipos de catalisadores e etc. Conhecidos como parâmetros químicos.

II - Etapas de preparação da carga para o reator: antes de entrarem no reator, reagentes ou matérias-primas passam através de vários equipamentos, onde pressão, temperatura, composição e fase são ajustadas para que sejam alcançadas as condições em que ocorrem as reações químicas.

III - Separação dos produtos do reator: os efluentes do reator são, em geral, uma mistura de produtos, contaminantes e reagentes não reagidos que devem ser separados em equipamentos apropriados para se obter o(s) produto(s) na pureza adequada ao mercado.

De forma geral processos químicos são resumidos como na figura 6:



**Figura 6:** Evolução de um processo.

As transformações químicas ou de conversões são definidas como processos unitários, ou seja, são processos que ocorrem mudanças qualitativas na composição química, estas mudanças estão relacionadas aos átomos ou íons, às moléculas ou à isomerização. São exemplos de processos unitários químicos (NJERI NJENGA, 1991):

Acilação	Calcinação	Desidrogenação	Hidrólise
Alcoólise	Carboxilação	Decomposição	Troca iônica
Alquilação	Causitização	Eletrólise	Isomerização
Aminação	Combustão	Esterificação	Neutralização
Amonólise	Condensação	Fermentação	Oxidação
Aromatização	Desidratação	Hidrogenação	Pirólise

Quando o processo envolve transformação física é definido como operações unitárias, que são processos que modificam a matéria prima em uma forma na qual pode reagir quimicamente ou modificar o produto de maneira adequada ao mercado sem haver transformação química. São exemplos de operações unitárias:

Agitação	Dispersão	Transferência de calor
Atomização	Destilação	Umidificação
Centrifugação	Evaporação	Mistura
Classificação	Filtração	Bombeamento
Corte	Flotação	Sedimentação
Decantação	Absorção	Redução do tamanho

Geralmente processos químicos são conduzidos com o auxílio de equipamentos complexos, como reatores, colunas de processos, trocador de calor e etc, os quais trabalham sob condições diversas das variáveis.

## 4 METODOLOGIA

O método de pesquisa adotado para esse trabalho foi a Pesquisa Bibliográfica, que conforme Gil (2010) tem o intuito de apurar informações concretas na literatura acadêmica.

A pesquisa bibliográfica utiliza fontes secundárias (quando já existem contribuições de diferentes autores analisando um tema), mas que já passaram por um crivo científico.

O objetivo desta pesquisa é específico: responder as duas questões de pesquisa propostas. Este é um trabalho exploratório que visa fornecer um quadro conceitual, limitado a amostra pesquisada, referente ao assunto tratado na monografia.

O Mapeamento de fluxo de valor tem sido aplicado com sucesso em diversas empresas e processos. A aplicação do mapeamento de fluxo de valor em indústrias de processos, de uma forma geral, foi o grande foco da pesquisa realizada.

### **Tipo de Pesquisa**

O tipo de pesquisa realizada foi uma análise da aplicabilidade da ferramenta MFV em processos químicos. Este é um método qualitativo cujo objetivo é o estudo em pesquisas já realizadas, ou seja, busca uma compreensão profunda do contexto analisado, apreender a totalidade de uma situação e interpretar a complexibilidade de um caso concreto já estudado.

Há seis modos de se realizar coleta de dados: estudo de caso a análise documental, análise de arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante, e artefatos físicos.

Trata-se do estudo documental, realizada através de trabalhos da literatura, da aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em indústrias do segmento químico. O estudo teve como objetivo responder as questões:

1. O Mapeamento de Fluxo de Valor é aplicável em processos químicos?
2. Quais as adaptações seriam necessárias a ferramenta VSM original para a aplicação em processos químicos?

O trabalho foi dividido em três etapas:

- I. Estudo do tema proposto;
- II. Levantamento dos documentos, artigos e teses pertinentes;
- III. Estudo e compreensão da dificuldade na aplicabilidade da ferramenta;

### **Primeira etapa**

A primeira etapa teve como objetivo o embasamento teórico do tema proposto, aplicação da ferramenta MFV na indústria química, para que o estudo fosse compreendido e as perguntas levantadas durante a pesquisa fossem respondidas de maneira consistente.

### **Segunda etapa**

Foi realizada uma pesquisa para encontrar materiais de base para a presente pesquisa, atentando-se às observações, desenvolvimentos e conclusões de maneira crítica para que o objetivo deste trabalho fosse alcançado de forma pertinente.

É importante atentar-se a dificuldade encontrada nesta etapa, visto que a aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor apresenta restrições quanto aos processos complexos além da pouca existência de estudos relacionados ao tema.

Optou-se em focar a pesquisa em dois dos principais *journals* de Engenharia de Produção do mundo, e nos dois principais do Brasil. Tendo em vista que é assunto bastante atual, fez-se um recorte nos últimos 5 anos.

### **Terceira etapa**

Uma vez definido o tema ora proposto e analisados o estudo anterior iniciou-se uma criteriosa investigação de dados correlacionados à aplicabilidade do VSM em indústrias que caracterizam-se por apresentar processos complexos. Para entender o porquê é tão pouco aplicada esta ferramenta do Lean foi necessário compreender

a lateralidade e a complexibilidade do processo diante destes processos não lineares.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O trabalho analisou artigos científicos relacionados à aplicabilidade do Mapeamento de Fluxo de Valor nos anos de 2008 a 2012. A pesquisa foi feita em quatro revistas científicas da área de Engenharia de Produção, sendo duas das mais relevantes do mundo: *International Journal of Operations & Production Management*, *Journal of Operations Management*, e as outras duas, as mais relevantes do Brasil: *Gestão & Produção* e *Produção*.

Foram analisados os setores de aplicação da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor e buscou-se a compreensão da limitação na aplicabilidade do MFV em indústrias de processos químicos.

Foi constatado, que nestas 4 revistas científicas, nos últimos cinco anos, foram publicados 37 artigos científicos relacionados ao Mapeamento de Fluxo de Valor, entre eles nos setores:

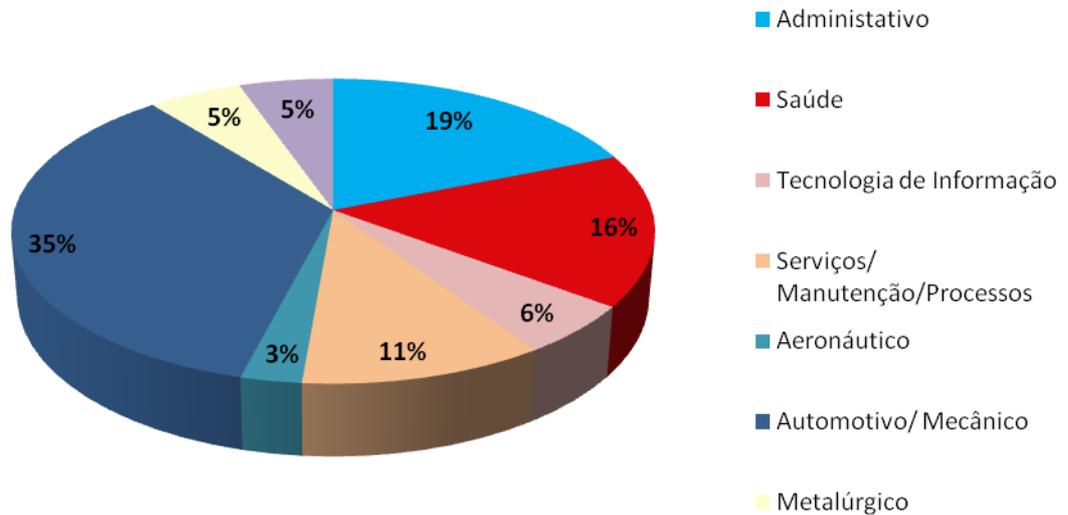
- I. Administrativo;
- II. Saúde;
- III. Tecnologia de Informação;
- IV. Serviços/ Manutenção;
- V. Aeronáutico;
- VI. Automotivo/ Mecânico;
- VII. Metalúrgico;
- VIII. Farmacêutico/ Biomedicina.

O quadro 2 retrata os setores dos artigos pesquisados e os anos correspondentes:

Setor	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Administrativo		1	1	4		1
Saúde			1	1	4	
Tecnologia da Informação				1	1	
Serviço/ Manutenção				1	1	2
Aeronáutico		1				
Automotivo/ Mecânico	3	2	2	1	3	2
Metalúrgico			1			1
Farmacêutico/ Biomedicina			1		1	

Quadro 2: Setores dos artigos pesquisados e os correspondentes anos.

O gráfico 1 ilustra a relação, em porcentagem, dos dados encontrados na literatura:



**Gráfico 1:** Setores da aplicação da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor.

## Definição dos processos em análise

### Administrativo

Os artigos científicos analisados, no presente trabalho, do segmento administrativo abordam um desenho organizacional e como as atividades executadas em uma empresa afeta na sua estrutura.

O processo administrativo é o conjunto de atividades realizadas na geração de resultados para o cliente, desde o início do pedido até a entrega do produto. Outro conceito, mais moderno, é o multidisciplinar, que é a sincronia entre insumos, atividades, infraestrutura e referências necessárias para adicionar valor para o ser humano.

Neste segmento, o processo é uma sequência de tarefas (ou atividades) que ao serem executadas transformam insumos em um resultado com valor agregado. Os

resultados são produtos ou serviços que vão ao encontro das necessidades de clientes internos ou externos.

Portanto o setor administrativo se enquadra em sistema de produção contínuo ou fluxo em linha como descrito anteriormente. (BROWNING; 2010, NAIR, MALHOTRA, AHIRE; 2011, RAY, JOHN; 2011, ARLBJORN, FREYTAG, HAAS; 2011, PIERCY, RICH; 2009, PEDERSEN, HUNICHE; 2011 LOPEZ, SANTOS, ARBOS; 2013,).

### **Saúde e Farmacêutico/ Biomedicina**

Dois dos artigos científicos relacionados à área de saúde centraram a atenção na qualidade e eficiência de seus serviços de forma contínua, objetivando a redução do tempo de espera dos pacientes em atendimentos clínicos devido a capacidade insuficiente para atender a chegada do paciente.

O fluxo da entrada do paciente para o atendimento clínico, recebimento da prescrição médica e liberação são mapeados de forma a reduzir o tempo ocioso de espera, fazendo com que o mapeamento futuro não seja fragmentado como o atual.

Os outros artigos encontrados nesta mesma área objetivam reduzir causas de variação dos processos e melhoria nos sistemas de atendimento para entregar a “saúde” como um produto, eliminando gastos em: espera, transporte, defeitos, processamento e movimentação. (BIMAL NEPAL, MALINI NATARAJARATHINAM, KRISHNA BALLA; 2010, BOYER, PRONOVOST; 2010, LAGANGA; 2011, CHIARINI; 2012 , SOUTHARD, CHANDRA, KUMAR; 2012, XIE, PENG; 2012).

### **Tecnologia de Informação**

Os artigos científicos no segmento de tecnologia da informação são relacionados as melhorias no funcionamento em sistemas de software nos processos produtivos ou atividades executadas. Estes processos estão relacionados a processos lineares, portanto reflete na implantação e execução dos softwares em estudo nas pesquisas científicas. (POWELL, SKJELSTAD; 2012, STAATS, BRUNNER, UPTON; 2012,).

## **Serviços/ Manutenção**

Os segmentos de manutenção e serviços são fragmentados do setor automobilístico e mecânico, o que o caracteriza por um processo de produção contínuo onde os produtos seguem uma sequência prevista com o objetivo de dar suporte para a melhoria da qualidade. (ANAND, WARD, TATIKONDA; 2010, GURUMURTHY, KODALI; 2011, AMIN, ATRE, VARDIA, GUPTA, SEBASTIAN; 2013, CARLBORG, KINDSTRÖM, KOWALKOWSKI; 2013).

## **Aeronáutico**

O artigo científico relacionado ao segmento aeronáutico estuda a implementação enxuta e redução de custos na produção de um tipo de aeronave. O processo no setor aeronáutico se define, assim como no mecânico, por um processo linear, este segue uma sequência de atividades definidas com fluxo em linha. (TR BROWNING, HEATH; 2009).

## **Automotivo/ Mecânico**

O Mapeamento de Fluxo de Valor foi desenvolvido através dos processos automotivo e mecânico. As aplicações do MFV, assim como os artigos científicos encontrados relacionados a eles incluem dois fluxos. Um deles é o fluxo de recursos do fornecedor para o cliente. O outro é o fluxo de comunicação do cliente de volta ao fornecedor. Os processos relacionados a estes modelos são interligados em forma de cadeia, o MFV tem como principal objetivo reduzir os custos do processo fazendo com que o mapeamento futuro se caracterize por um processo contínuo. (HOLWEG; PIL , 2008, LASA, LABURU, VILA; 2008, MATT; 2008, SINGH, SUMMARY; 2009, WEE, SIMON WU; 2009, PARRY, MILLS, TURNER; 2010, SINGH et al; 2010, BIEGE, LAY, BUSCHAK; 2012, CHIARINI; 2012, GIBBONS , KENNEDY ,

BURGESS, GODFREY ; 2012, , MING, KONG, WANG; 2012, SOUZA ET AL; 2012, H. SINGH, A. SINGH; 2013).

## **Metalúrgico**

A indústria metalúrgica é uma fragmentação da indústria mecânica, nos artigos analisados os processos são caracterizados por um sistema de produção contínuo no qual o processo é focalizado no produto. (VINODH, ARVIND, SOMANAATHAN; 2010, VINODH, SOMANAATHAN ARVIND2013).

## **Resultados obtidos pela análise**

Os processos analisados, nos artigos científicos, assemelham-se por caracterizarem processos contínuos, ou fluxo em linha, cujo processo é focado no produto e apresenta uma sequência linear em sua produção.

Por outro lado, a diferença entre os processos encontrados na pesquisa e os processos químicos, é que estes últimos representam um sistema de produção que pode ser classificado, utilizando Moreira (2000), como sistema de produção especial. No presente trabalho, um sistema de produção especial será referido por sistema de processo complexo, ou sistema de processos não lineares.

Após a análise dos artigos científicos relacionados à aplicabilidade da ferramenta MFV em processos complexos, como processos de transformação química, procurou a compreensão da lateralidade desta ferramenta e uma possível adaptação do MFV em indústrias de processos complexos como a do setor químico.

Diferente dos processos químicos os processos mecânicos não envolvem transformações nas moléculas em suas reações, portanto são processos mais simplificados. As indústrias automobilísticas, caracterizadas pela incorporação do sistema Lean de produção, não passam por reações de transformação química complexa, elas são definidas por apresentar processos mecânicos de produção além de processos automatizados.

Processos mecânicos estão relacionados aos processos de transformação física, isto é, transformações que não alteram na estrutura química de uma molécula ou átomo, como por exemplo, processos que envolvem conformação plástica, fundição, soldagem, usinagem, etc.

Um processo de transformação mecânica é mais facilmente modificado comparado ao processo químico, pois em uma pequena alteração durante um processo em que envolve transformações químicas o resultado pode ser completamente diferente do desejado e o produto obtido não será o mesmo. Já em um processo mecânico estas alterações na linha de produção não são tão impactantes, uma vez que o processo não envolve modificações qualitativas na composição química.

O quadro 3 apresenta as principais diferenças entre processos mecânicos e processos químicos.

Processos Químicos
Transformação química
Envolve transformação qualitativas
Há transformações que alteram a estrutura química de uma molécula
Processo "ramificado"
Processos Mecânicos
Transformações físicas
Facilmente modificado
Alterações na linha de produção não são tão impactantes
Processo que não envolve modificações qualitativas na composição química
Processo linear

**Quadro 3:** Diferenças entre processos químicos e mecânicos.

Por ser um processo mais próximo ao linear o processo de transformação mecânica é o que mais se adéqua as implantações das ferramentas associadas ao Lean, visto que o conceito Lean foi moldado na linha produção mecânica. O processo químico é complexo, onde há várias “ramificações”, isto é, entradas e saídas de reagentes e subprodutos, as quais não podem ser eliminadas, por serem necessárias, pois agregam valor, ou alteradas por mudar a estrutura da composição, já que é um processo muito mais sensível.

O Mapeamento de Fluxo de Valor tem uma série de limitações, restrições e problemas relacionados com o seu método para o ambiente do presente estudo. A ferramenta tem sido amplamente utilizada em diferentes contextos e provou-se

uma ferramenta eficaz em muitos casos, porém a natureza dos processos químicos obriga algumas limitações que são únicas quando se trata de um processo não linear. Alguns fatores, como especificidades de processos químicos, foram notados durante o desenvolvimento deste trabalho que os diferenciam do processo contínuo:

- I. Muitos produtos químicos deterioram-se facilmente, ou seja, possuem pouca vida útil, por isso deve ser considerado quando o estudo foca em estoques.
- II. Os armazenamentos de materiais em processos químicos geralmente possuem capacidade específica, como tanques ou recipientes. Por isso não é tão fácil aumentar ou diminuir a capacidade de armazenamentos como em processos mecânicos.
- III. Alguns produtos químicos não podem ficar parados, ou seja, precisam de suportes extras como misturas, aquecimento ou isolamento. Processos que demandam um consumo maior de tempo, energia e espaço necessários.
- IV. As reações químicas geralmente possuem interação com as outras reações do processo assim como os equipamentos estão muito interligados. Assim, aumentar ou diminuir a entrada de um processo influencia diretamente em outros processos, os quais estão associados.
- V. Em muitos casos é mais benéfico instalar novos equipamentos do que fazer manutenção em equipamentos atuais.
- VI. O transporte de matéria prima química e produtos podem enfrentar limitações que trazem algumas dificuldades e também não agregam valor aos processos tais como o pré-aquecimento, arrefecimento ou processos de destilação.

Devido ao fato de a maioria do Mapeamento do Fluxo de Valor ser implantado no planejamento de matérias primas, estocagem e inventário de produtos acabados o processo complexo sofre limitações para estas aplicabilidades como descrito anteriormente.

Outro problema relacionado ao processo químico é a divulgação de dados e de informações confidenciais, um processo químico é bastante característico nas

indústrias, o que resulta na dificuldade de encontrar dados detalhados em fontes de pesquisas.

Em particular a ferramenta MFV pode ser efetiva para sistemas produtivos caracterizados por rotas lineares de produtos, porém quando se trata em processos complexos a aplicação do MFV se limita pelo processo caracterizar-se por múltiplos fluxos.

A implantação do MFV relacionadas as indústrias químicas, isto é, os processos derivados ou ramificados do processo químico, como farmacêutica e biomédica, estão associados à melhoria no processo mecânico industrial, ao processo administrativo e ao processo de automatização. Não há na literatura a implantação da ferramenta MFV diretamente em um processo de reação química, onde ocorre a transformação na estrutura química da molécula, ou seja, em um processo não linear.

O Mapeamento de Fluxo de Valor é uma das melhores ferramentas para mapear um processo e identificar suas principais situações críticas, porém esta ferramenta só é eficaz quando aplicada a processos lineares. Em sistemas de processos de fabricação complexa a aplicabilidade do MFV fica restrita em função dos fluxos que se fundem.

Diante das pesquisas, a informação de que a ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valores não é aplicada aos processos complexos fica clara. Esta ferramenta que objetiva uma linha de produção enxuta foi desenvolvida sob linhas de produção de conceito clássico de fluxo contínuo cujo objetivo é linearizar o processo.

A principal proposta deste projeto foi encontrar respostas, através da análise na literatura, para as perguntas:

1. O Mapeamento de Fluxo de Valor é aplicável em processos químicos?
2. Quais as adaptações seriam necessárias ao MFV para a sua aplicação em processos químicos?

Como um processo químico é bastante complexo a sua linearização é muito difícil de ser atingida, uma vez que as reações químicas são integradas e dependentes entre si.

Para a aplicação do MFV em processos químicos deve-se analisar o processo mais próximo ao linear, ou cujos desperdícios não agregam valor, além de não ser

dependente ou indispensável em um processo que agrega alto valor ao produto. A criação desta ferramenta foi moldada em processos automobilísticos e mecânicos, portanto ela é facilmente aplicada em indústrias que operam com processos semelhantes ou procedentes deste segmento.

Isto explica a falta de compatibilidade ou aplicabilidade do MFV em processos químicos, onde há características difusas das indústrias automobilística e mecânica, o que as diferenciam devido à linearidade do processo.

## 6 CONCLUSÃO

De forma geral o conceito da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor foi moldado sob a indústria automobilística, caracterizada por um processo linear, ou seja, por rotas lineares de produtos. A aplicação desta ferramenta é bem sucedida em indústrias que possuem processos similares ao segmento automobilístico, uma vez que ele atende os requisitos necessários para sua implantação.

Em se tratando de processos químicos o MFV é muito pouco eficaz, pois eles não apresentam linearidade em suas rotas de produtos, limitando-se em uma série de aspectos requisitados para a efetivação desta ferramenta, como: capacidade de armazenamento, tempo, energia, espaço demandado, interação entre os processos e transporte de matérias primas ou produtos.

Ao analisar uma resposta adequada para as perguntas:

1. O Mapeamento de Fluxo de Valor é aplicável em processos químicos?
2. Quais as adaptações seriam necessárias ao MFV para a sua aplicação em processos químicos

Conclui-se que a ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor é muito pouco aplicável em processos químicos, ela deve ser localizada em um contexto específico em que está sendo utilizada, como processos que não interagem entre si e não agrega valor. O MFV é não efetivo em processos complexos devido aos múltiplos fluxos, não há adaptações imediatas nesta ferramenta visto que as características básicas, para aplicação do MFV, não são atendidas nos processos químicos.

Entretanto, é fundamental compreender que esta conclusão se limita ao universo pesquisado, não podendo ser extrapolada, sem maiores estudos.

## **7 SUGESTÕES**

Devido à relevância da temática e a complexidade do assunto, é evidente que este assunto não se esgota na pesquisa realizada. O assunto é muito mais amplo do que esse encontra neste trabalho.

Recomenda-se que o assunto desta monografia possa servir como ponto de partida para trabalhos acadêmicos mais avançados, tais como: dissertação de mestrado ou tese de doutorado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAND GURUMURTHY; RAMBABU KODALI. **Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation.** 2011.

ANDREA CHIARINI. **Lean production: mistakes and limitations of accounting systems inside the SME sector.** 2012.

ANDREA CHIARINI. **Risk management and cost reduction of cancer drugs using Lean Six Sigma tools.** 2012.

ANDREW FEARNE; MARIAN GARCIA MARTINEZ; BENJAMIN DENT. **Dimensions of sustainable value chains: implications for value chain analysis.** 2012.

BARBARÁ, S. **Gestão por Processos: Fundamentos, Técnicas e Modelos de Implementação.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006, p.24.

BARCZA M. **Processos Químicos Industriais III.** 2013. Disponível em: <http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/1285870/48/Introducao.pdf>. Acesso em: 09/04/2013.

BIMAL NEPAL; MALINI NATARAJARATHINAM; KRISHNA BALLA. **Improving manufacturing process for biomedical products: a case study.** 2010.

BHIM SINGH; S.K. SHARMA SUMMARY. **Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm.** 2009.

BHIM SINGH; S.K. GARG; S.K. SHARMA; CHANDANDEEP GREWAL. **Lean implementation and its benefits to production industry.** 2010.

BR STAATS; DJ BRUNNER; DM UPTON. **Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider.** 2011.

COPPINI, N.; BAPTISTA, E.; JUNIOR, M. **Mapeamento do Fluxo de Valor Aplicado na Implantação do ERP na Cadeia de Suprimentos de uma Empresa do Setor Metal Mecânica.** 2011. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção.

CRUZ, T. **Sistemas, Métodos e Processos: Administrando Organizações por meio de processos de negócio**. São Paulo: Atlas, 2003 p. 60-65.

DARYL POWELL; LARS SKJELSTAD. **RFID for the extended lean enterprise**. 2012.

DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de Processos: Como inovar na empresa através da tecnologia da informação**. Rio de Janeiro: Campos, 1994.

D. BUZZI; C.PLYTIUK. **Pensamento enxuto e sistemas de saúde: um estudo da aplicabilidade de conceitos e ferramentas lean em contexto hospitalar**. 2011.

D.T. MATT. **Template based production system design**. 2008.

ELIAS, S.; MAGALHÃES, L. **Contribuição da Produção Enxuta para Obtenção da Produção mais Limpa**. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção. ENEGEP 2003.

ELIAS, S.; OLIVEIRA, M.; TUBINO, D. **Mapeamento do Fluxo de Valor: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Gesso**. 2011. Revista ADMpg Gestão Estratégica v.4 n.1.

ESBEN RAHBK GJERDRUM PEDERSEN; MAHAD HUNICHE. **Negotiating lean: The fluidity and solidity of new management technologies in the Danish public sector**. 2011.

FERRO, J. **A essência da ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor”**. Lean Institute Brasil. Disponível em: [www.lean.org.br](http://www.lean.org.br) . Acesso em: 17/09/2012

FILHO, J. **Aplicação da padronização do método de trabalho segundo uma metodologia baseada na produção enxuta: um estudo de caso**. Universidade Federal de São Carlos.

G ANAND; PT WARD; MV TATIKONDA . **Role of explicit and tacit knowledge in Six Sigma projects: An empirical examination of differential project success**. 2010.

GLENN PARRY; JOHN MILLS; CELINE TURNER. **Lean competence: integration of theories in operations management practice.** 2010.

GOLÇALVES, J E. L. **As empresas são grandes coleções de processos.** RAE – Revista de Administração de Empresas – FGV, São Paulo, v.40 n.1, p.6-19, jan/mar. 2000.

HARWINDER SINGH; AMANDEEP SINGH. **Application of lean manufacturing using value stream mapping in an auto-parts manufacturing unit.** 2013.

H.M. WEE; SIMON WU. **Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company.** 2009.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean. A guide to implementation.** Lean Enterprise Research Center. 2000. Cardiff, UK.

HINS P.; RICH N.; BRUNT D.; TAYLOR D. **Value Stream Management.** The International Journal of Logistics Management. 1998.

IBON SERRANO LASA; CARLOS OCHOA LABURU; RODOLFO DE CASTRO VILA. **An evaluation of the value stream mapping tool.** 2008.

Jan Stentoft Arlbjorn; Per Vagn Freytag; Henning de Haas. **Service supply chain management: A survey of lean application in the municipal sector.** 2011.

JONES, D. T.; WOMACK, J. P. **Enxergando o todo: mapeando o fluxo de valor estendido.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

KK BOYER; P PRONOVOST. **What medicine can teach operations: What operations can teach medicine.** 2010.

LASA, I. S.; LABURU, C. O.; VILA, R. C. **An evaluation of the value stream mapping tool.** *Business Process Management Journal*, v. 14, n. 1, p. 39-52, 2008.

L. WANG; X.G. MING; F.B. KONG; D. LI; P.P. WANG. **Focus on implementation: a framework for lean product development.** 2012.

LEAN SUMMIT. **Anais de Conferência sobre Lean Production. Lean Summit.** 1999. Atlanta, GA, USA.

LEE, B. **Value Stream Mapping- Lean Manufacturing-** Spring 2001. IMfgE at Wichita State University.

LIMA, M.; Dr. ZAWISLAK, P. **A produção enxuta como fator diferencial na capacidade de fornecimento de PMEs.** 2003. Revista Produção v.13 n.2.

LR LAGANGA. **Lean service operations: Reflections and new directions for capacity expansion in outpatient clinics.** 2011.

MAIA, M.; BARBOSA, W. **Estudo da utilização da ferramenta mapeamento do fluxo de valor (MFV) para eliminação dos desperdícios da produção.** 2006. Dissertação- Faculdade Federal de Viçosa.

MAIRA ISABELA COSTA; ELVIS MAGNO DA SILVA; VLADAS URBANAVICIUS JÚNIOR. SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **Mapeamento do Fluxo de Valor da Linha de Produção de Anéis Fofo Nodular.** 2011. Disponível em: [http://www.aedb.br/seget/artigos09/368\\_Artigo\\_Fluxo.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos09/368_Artigo_Fluxo.pdf). Acesso em: 06/05/2013.

MATOS,L. **Avaliação e Análise do Desempenho dos Processos de Serviço, numa Agência Bancária, sob a ótica de seus Clientes e Funcionários da “Linha de Frente”.** Dissertação (Mestrado em Eng. Produção) Programa de Pós–Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC. 2000.

MCDONALD T.; VAN AKEN E. M.; RENTES A. **Utilizing simulation to enhance value-stream mapping: a manufacturing case application.** International journal of logistics: Research and Applications. 2002.

MEYSAM MALEKI ANVAR; PANTI PIRZADEH IRANNEJAD. **Value Stream Mapping in Process Industry: A Case Study in AkzoNobel Surface Chemistry Europe.** 2010.

MORGAN, J.; LIKER, J. K. **The Case of Lean Product Development: Following the Toyota Way to Professional Service Operations.** 2006. Academy of Management Perspectives, n. 20, v.2, p.5-20.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** 5. ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

M HOLWEG, FK PIL. **Theoretical perspectives on the coordination of supply chains.** 2008.

NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F.; SILVA, A. L. **Implantada técnicas e conceitos da produção enxuta integradas à dimensão de análise de custos.** ENEGEP 2001, Salvador/BA.

NAZARENO, R.; RENTES, A.; SILVA, A., **Implantando Técnicas e Conceitos da Produção Enxuta Integradas à Dimensão de Análise de Custos.** 2002. EESC-USP.

NAIR A.; MK MALHOTRA; SL AHIRE. **Toward a theory of managing context in Six Sigma process-improvement projects: An action research investigation.** 2011.

NIALL PIERCY; NICK RICH. **Lean transformation in the pure service environment: the case of the call service centre.** 2009.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997. 152p.

OLIVEIRA, D.P.R. **Administração de processos.** São Paulo: Atlas, 2006. p.291.

PATXI RUIZ DE ARBULO LOPEZ; JORDI FORTUNY SANTOS; LUIS CUATRECASA SARBOS. **Lean manufacturing: Costing the value stream.** 2013.

PAUL M. GIBBONS; COLIN KENNEDY; STUART C. BURGESS; PATRICK GODFREY. **The development of a lean resource mapping framework: introducing an 8th waste.** 2012.

PETER B. SOUTHARD; CHARU CHANDRA; SAMEER KUMAR. **RFID in healthcare: a Six Sigma DMAIC and simulation case study.** 2012.

PER CARLBORG; DANIEL KINDSTRÖM; CHRISTIAN KOWALKOWSKI. **A lean approach to service productivity improvements: Synergy or oxymoron?** 2013.

PICCHI, F., **Oportunidades da Aplicação do Lean Thinking na Construção.** Universidade de Campinas.2003.

QUEIROZ, J. **Produção enxuta: Uma síntese dos aspectos teóricos e práticos.** 2011. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção.

QUEIROZ, J.; RENTES, A.; ARAUJO, C. **Transformação enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real.** 2008. EESC- USP.

QUEIROZ, J. A.; RENTES, A. F.; ARAUJO C. A. C. **Transformação enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor de uma situação real.** 2004. Disponível em: [www.hominiss.com.br/artigos.asp](http://www.hominiss.com.br/artigos.asp). Acesso em: 30/09/2012.

RAJEEV CHADHA; AMITA SINGH; JAY KALRA. **Lean and queuing integration for the transformation of health care processes.** 2012.

RENTES, A.; SILVA, A.; SILVA, V.; CASTRO, S. **Aplicando os conceitos de Lean Production em uma indústria de calçados: um estudo de caso.** Escola de Engenharia de São Carlos,2003.

RICARDO PIRES DE SOUZA; HÉLIO ROBERTO HEKIS; LUCAS AMBRÓSIO BEZERRA OLIVEIRA; JAMERSON VIEGAS QUEIROZ; FERNANDA CRISTINA BARBOSA PEREIRA QUEIROZ; RICARDO ALEXSANDRO DE MEDEIROS VALENTIM. **Implementation of a Six Sigma project in a 3M division of Brazil.** 2012.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

ROTHER, M.; SHOOK, J.. **Learning to See - Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda**. 1998. The Lean Enterprise Institute- MA, USA.

ROTONDARO, R. G.; CARVALHO, M.M. (Coord.); PALADINI, E.P. (Coord.) et al. **Gestão da Qualidade: Teria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006, p. 209-237.

ROTONDARO, R. G. Gerenciamento por processos. In: CONTADOR J.C.(coord.). **Gestão de operações**. 2ed. São Paulo: Blücher, 1998. p.593.

SABINE BIEGE; GUNTER LAY; DANIELA BUSCHAK. **Mapping service processes in manufacturing companies: industrial service blueprinting**. 2012.

SANJIT RAY; BOBY JOHN. **Lean Six-Sigma application in business process outsourced organization**. 2011.

SANTOS, L.; GOHR, C.; SANTOS, E. **Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor para a Implantação da Produção Enxuta na Fábrica de Fios de Cobre**. 2011. Revista Gestão Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p.118-139.

SEKAR VINODH; SOMANAATHAN M; ARVIND KR. **Development of Value Stream Map for achieving leanness in a manufacturing organization**. 2013.

SHIVDASINI SINGH AMIN; RAKESH ATRE; ANKUR VARDIA; VAIBHAV D.K. GUPTA; BOBY SEBASTIAN. **Indigenous development amongst challenges: Munjal Showa Limited and the implementation of total productive maintenance**. 2013.

S. VINODH; K.R. ARVIND; M. SOMANAATHAN. **Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organization**. 2010.

SPEAR, S.; BOWEN,K. **Decoding the DNA of the Toyota Production System**. 1999. Harvard Business Review.

TR BROWNING. **On the alignment of the purposes and views of process models in project management**. 2010.

TR BROWNING; RD HEATH. **Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program.** 2009.

VILLELA, C. **Mapeamento de Processos como Ferramenta de Reestruturação e Aprendizado Organizacional.** Dissertação Mestrado em Eng. Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2000.

WHEELRIGHT, B.; CLARK, C.. **Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency and quality.** New York, The free press, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 3.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIKUN XIE; QINGJIN PENG. **Integration of value stream mapping and agent-based modeling for OR improvement.** 2012.

[...] **INTRODUÇÃO AOS PROCESSOS QUÍMICOS** [...]. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA). 2013. Disponível em: [http://www.ifba.edu.br/professores/iarasantos/IEQ/PROCESSOS%20QU%3%8DMICOS%20\\_literaturas/Processo%20Qu%3%ADmico.pdf](http://www.ifba.edu.br/professores/iarasantos/IEQ/PROCESSOS%20QU%3%8DMICOS%20_literaturas/Processo%20Qu%3%ADmico.pdf). Acesso em: 07/05/2013

[...] **Cost cutting and high quality in pharmaceuticals production** [...]. Strategic Direction. vol. 28 nº 5, pp. 12-15. 2012.