**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

GEANDRA ALVES QUEIROZ

**Recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta
considerando os propósitos da Produção mais Limpa**

**São Carlos
2015**

GEANDRA ALVES QUEIROZ

**Recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando
os propósitos da Produção mais Limpa**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Processos e Gestão de Operações

Orientador: Prof. Dr. Kleber Francisco Esposto.

**São Carlos
2015**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

A3r Alves Queiroz, Geandra
Recomendações para a implantação da Manufatura
Enxuta considerando os propósitos da Produção mais
Limpa / Geandra Alves Queiroz; orientador Kleber
Francisco Esposto. São Carlos, 2015.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção e Área de Concentração em
Processos e Gestão de Operações -- Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2015.

1. Manufatura Enxuta. 2. Produção mais Limpa
(PmaisL). 3. Implantação. 4. Recomendações. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **GEANDRA ALVES QUEIROZ**.

Título da dissertação: "Recomendações para a implantação da manufatura enxuta considerando os propósitos da produção mais limpa".

Data da defesa: 04/05/2015

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. **Kleber Francisco Espôsto (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Dr. **Moacir Godinho Filho**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Profa. Dra. **Juliana Veiga Mendes**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar - Campus Sorocaba)

Aprovada

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:

Profa. Associada **Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

*Ao meu pai (in memoriam)
meu eterno exemplo de vida e fonte de motivação.*

A realização deste trabalho contou com a ajuda e o apoio de muitos, os quais merecem os meus sinceros agradecimentos:

Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Kleber Francisco Esposto pela orientação no desenvolvimento deste trabalho e na minha carreira profissional. Além de disso, foi fundamental contar com seu apoio, compreensão e incentivos nos momentos difíceis da pesquisa e, principalmente, no momento mais complicado da minha vida;

Agradeço ao Prof. Dr. Moacir Godinho Filho e à Prof^a. Dra. Juliana Veiga Mendes pelas valiosas contribuições e conselhos no exame de qualificação e defesa desta dissertação, indispensáveis para a conclusão deste trabalho;

Agradeço à empresa que abriu as portas para a realização desta pesquisa, sendo fundamental para os resultados alcançados;

Agradeço ao Prof. Dr. Aldo Roberto Ometto, Prof. Dr. Antonio Freitas Rentes e ao Prof. Dr. Alceu Gomes Alves Filho pelos aprendizados adquiridos durante o curso das disciplinas, pois contribuíram muito para minha formação e para o desenvolvimento desta pesquisa;

Agradeço ao meu pai José Vivaldo por, enquanto em vida, nunca medir esforços para que eu realizasse meus sonhos e atingisse meus objetivos e por todo carinho, amor, conselhos e incentivos até os últimos momentos de sua vida. Hoje, agradeço pelos exemplos que me deixou e que me motivam a continuar buscando meus sonhos;

Agradeço a minha mãe Maria Aparecida pelo amor incondicional, carinho, apoio, conselhos, orações, pela companhia e força nos momentos difíceis;

Agradeço ao meu noivo e companheiro Marcelo pela compreensão, amor, paciência e incentivos em todos os momentos desta trajetória;

Agradeço ao meu pequeno irmão Lucas Henrique e a minha madrastra Renilda pelo carinho, amor e alegrias proporcionadas;

Agradeço também os meus sogros Percival e Isabel pelo apoio, companhia, ajuda, consideração e incentivos de sempre;

Agradeço a todos os meus amigos pessoais, mais próximos ou distantes, que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, em especial àqueles que tiverem presentes nesta caminhada. Os amigos do laboratório de Gestão de Operações, Camila, José Augusto, Carlos, Paula, Raphael, Mariana, Fábio, Ana Laura, André e a todos os outros, que peço desculpas por não conseguir citá-los. Os meus atuais colegas de profissão e antigos professores pelo incentivo para o ingresso no mestrado e apoio durante esta jornada;

Agradeço aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção da EESC-USP pelas ajudas prestadas durante toda essa caminhada, principalmente à secretária Jéssyca Duarte por toda atenção e auxílio;

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro concedido.

Por fim, agradeço a Deus, que de algum lugar, nos acompanha, ampara e dá força para que possamos superar as dificuldades e construir nossos caminhos.

*“O que prevemos raramente ocorre; o
que menos esperamos geralmente
acontece.” (Benjamin Disraeli)*

RESUMO

QUEIROZ, G. A. **Recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da Produção mais Limpa**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

As empresas operam em um ambiente cada vez mais dinâmico e competitivo, tornando imprescindível atender adequadamente às necessidades dos consumidores. Na atualidade, estas demandas foram ampliadas e, além de custo, qualidade, velocidade de entrega e flexibilidade, identifica-se um mercado que passa a cobrar pela redução dos impactos ambientais gerados pelos produtos e processos. Deste modo, esta pesquisa defende a proposição de que a Manufatura Enxuta, uma filosofia de gestão da produção, somada aos propósitos da Produção mais Limpa (PmaisL), uma estratégia de gestão ambiental para sistemas produtivos, pode ser uma solução para o alinhamento de seus objetivos, visto que ambas buscam o aumento de produtividade e a eliminação dos desperdícios. Para a implantação da Manufatura Enxuta não foi determinado um método que oriente como realizar este processo e quais são as práticas essenciais, além de ter poucas pesquisas que buscam compreender os fatores disto. Do mesmo modo, pesquisas que abordem a Manufatura Enxuta e a PmaisL ainda são preliminares. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi propor recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da PmaisL, estruturadas no ciclo de melhoria contínua do método DMAIC. O método de pesquisa utilizado para alcançar o objetivo proposto foi o estudo de caso único em uma empresa de referência e o embasamento teórico foi pautado em uma revisão bibliográfica sistemática (RBS). Os resultados gerados com o desenvolvimento dessa pesquisa permitiram observar que não existe um método padrão para a implantação e que a literatura, de modo geral, aborda a implantação da Manufatura Enxuta como um processo de ciclos de melhoria contínua envolvendo as atividades definir, medir, analisar, melhorar e controlar e também aborda o processo de implantação a ordem que as ferramentas e práticas devem ser implantadas. No que tange a RBS sobre PmaisL e manufatura enxuta foi possível extrair da literatura as compatibilidades e divergências entre as abordagens, recomendações para melhorar o desempenho ambiental dos sistemas enxutos, como os recursos humanos interferem na integração destas áreas e, além disso, como as práticas enxutas podem ser utilizadas para atingir os objetivos da PmaisL. Além disso, o estudo de caso permitiu observar empiricamente como o meio ambiente pode ser ponderado em um sistema de Manufatura Enxuta. Assim, com base nas evidências teóricas e práticas, gerou-se as recomendações, as quais poderão orientar as empresas de manufatura que desejam implantar as abordagens da Manufatura Enxuta e da PmaisL de maneira conjunta e obterem, simultaneamente, desempenho ambiental e econômico em suas melhorias. Ainda, foi possível concluir que apesar de existirem alguns *trade-offs*, estas abordagens são em grande parte convergentes.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta. Produção mais Limpa (PmaisL). Implantação. Recomendações. DMAIC.

ABSTRACT

QUEIROZ, G. A. Recommendations for the implementation of Lean Manufacturing considering proposals for Cleaner Production. MSc Dissertation. Engineering School of Sao Carlos – University of Sao Paulo, Sao Carlos, 2015.

Companies are operating in an ever more competitive and dynamic environment, making it essential to fulfil the consumer's needs. Currently, these demands have expanded, and in addition to cost, quality, delivery speed and flexibility, it is possible to identify a market that requires reduction in the environmental impact of their products as well as procedures. Thus, this research supports the proposition that Lean Manufacturing, a production management philosophy, combined with Cleaner Production, the environmental management strategy for industrial systems, can be a solution for aligning goals, as both seek increased productivity and the elimination of wastage. In the implementation of Lean Manufacturing, there is as yet no method for guiding one to carry out this procedure, and to know what the essential operations are, as well as only having a few studies aimed to understand the factors involved. Similarly, the research addressing Lean Manufacturing and Cleaner Production remains at its initial stages. Thus, the objective of this research was to provide recommendations for the implementation of Lean Manufacturing considering Cleaner Production proposals, using the continuous improvement cycle structure from the DMAIC method. The research method used to achieve the proposed objective was a single case study in a notable company, and the theoretical framework was developed through a systematic literature review. The results, obtained through the development of this research, allowed us to observe that there was no standard method for deployment, and that the literature, in general, addressed the implementation of Lean Manufacturing as a process of cycles of continuous improvement, involving the defining, measuring, analyzing, improving and controlling activities; and also addressed within the implementation process the order in which the tools and operations should be implemented. With respect to RBS on Cleaner Production and Lean Manufacturing, it was possible to extract, from the literature, compatibilities and differences between the approaches; recommendations to improve the environmental performance of Lean systems, and how human resources interfered with the integration of these areas and, moreover, how the Lean operations could be used to achieve the objectives of Cleaner Production. In addition, the case study allowed the empirical observation of how the environment could be balanced in a Lean Manufacturing system. Thus, based on theoretical and practical evidence, the results generated recommendations, which could guide manufacturing companies that wanted to deploy in conjunction the approaches of Lean Manufacturing and Cleaner Production, and achieve both environmental and economical performances in their improvements. Furthermore, it was concluded that, although there are some trade-offs, these approaches are largely convergent.

Keywords: Lean Manufacturing. Cleaner Production. Implementation. Recommendations. DMAIC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Roteiro para condução do estudo de caso.....	32
Figura 2- Estrutura do Estudo de Caso.....	35
Figura 3- Os cinco princípios do Pensamento Enxuto	39
Figura 4- Enfoque da Manufatura Enxuta	41
Figura 5- "4Ps" do Modelo Toyota.	43
Figura 6- O Sistema Toyota de Produção.....	45
Figura 7- Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor.....	46
Figura 8 - Exemplo de um MFV da situação atual.....	46
Figura 9 - Exemplo de um MFV da situação futura.	47
Figura 10 - Ilustração de um gráfico de balanceamento de operador.....	53
Figura 11- Processo de solução prática de problemas da Toyota.....	57
Figura 12 - Proposta de metodologia para implementação do Lean.	66
Figura 13 - Modelo de implantação da Manufatura Enxuta.....	67
Figura 14 - Lean Manufacturing Techniques and their Logical Flow of Application.	68
Figura 15 - Esboço da abordagem Lean Six Sigma.	72
Figura 16 - <i>Framework</i> para a implantação da Manufatura Enxuta.....	78
Figura 17 - <i>Framework</i> para a implantação da Manufatura Enxuta.....	79
Figura 18 - Estratégia de adoção da Manufatura Enxuta em um pequeno centro de fabricação.....	82
Figura 19 – Fases para um projeto de sustentabilidade da Manufatura Enxuta.	87
Figura 20- Ciclo da transformação Lean.	93
Figura 21 - Proposta de framework para a implantação do Lean.....	94
Figura 22 – Níveis de implantação da PmaisL.	107
Figura 23 - Etapas da PmaisL.....	112
Figura 24 - “Pontos cegos” do Lean: Riscos e impactos ambientais.	123
Figura 25 - MFV atual com dados ambientais.	126
Figura 26 - Organograma do setor de manufatura da Empresa A.	134
Figura 27 - Ciclo PDCA de resolução de problemas da Empresa A.....	135
Figura 28 - Esquema de certificação das estações de trabalho Empresa A.....	138
Figura 29 - Posicionamento do Meio ambiente no organograma da organização.....	142
Figura 30 - Posicionamento do Meio ambiente no organograma da Empresa A.	142
Figura 31 – Processo de formulação das Recomendações	158
Figura 32 - Roteiro de RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”	187
Figura 33 - Roteiro de RBS “Manufatura Enxuta e PmaisL”	192

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fases e Atividades do DMAIC.....	59
Quadro 2 - Resumo dos dados da RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”.	61
Quadro 3 - Referências da RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”.....	64
Quadro 4 - Prazo para o Salto Enxuto.	90
Quadro 5 - Análise dos Resultados da RBS "Implantação da Manufatura Enxuta".	98
Quadro 6 - Resumo dos dados da RBS "Manufatura Enxuta e PmaisL".	117
Quadro 7 - Referências da RBS “Manufatura Enxuta e PmaisL”.	119
Quadro 8 - Desperdícios da Manufatura Enxuta e possíveis impactos ambientais.	121
Quadro 9 - Propósitos da PmaisL.....	129
Quadro 10 - Evidências do caso sobre as práticas da Manufatura Enxuta.....	153
Quadro 11 - Recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da PmaisL.	160
Quadro 12 - Recomendações na fase “Define”.	160
Quadro 13 - Recomendações na fase “Measure”	162
Quadro 14 - “Recomendações na fase “Analyse”	164
Quadro 15 - Soluções oferecidas e possíveis <i>trade-offs</i> das práticas da Manufatura Enxuta com o desempenho ambiental.....	165
Quadro 16 - Recomendações na fase “Melhorar”	166
Quadro 17 - Recomendações na fase “Control”	167
Quadro 18 – Referências primárias da RBS Implantação da ME.	188
Quadro 19 – Palavras-chave RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”.	188
Quadro 20 - <i>Srtrings</i> utilizadas nas bases de dados RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”.	189
Quadro 21 - Base de dados para RBS "Implantação da Manufatura Enxuta".....	190
Quadro 22 - Resultados da filtro 1 RBS "Implantação da Manufatura Enxuta".	191
Quadro 23 – Referências primárias RBS “Manufatura Enxuta e PmaisL”	193
Quadro 24 - Palavras-chave RBS “Manufatura Enxuta e PmaisL	193
Quadro 25 - <i>Srtrings</i> utilizadas nas bases de dados da RBS “Manufatura Enxuta e PmaisL”.	194
Quadro 26 - Base de dados utilizadas na RBS "Manufatura Enxuta e PmaisL"	195
Quadro 27 - Resultados do Filtro 1 RBS "Manufatura Enxuta e PmaisL"	196

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
DMAIC	<i>Define (Definir) Measure (Medir)/Analyze (Analisar)/Improve (Melhorar)/ Control (Controlar)</i>
EHS	<i>Environment, Health and Safety</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
GBO	Gráfico de Balanceamento do Operador
<i>JIT</i>	<i>Just in Time</i>
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
P2	<i>Pollution Prevention</i>
PmaisL	Produção mais Limpa
RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
<i>SMED</i>	<i>Single-minute Exchange of Dies</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	25
1.1- Contextualização do trabalho	25
1.2- Problema de pesquisa	27
1.3- Objetivo da Pesquisa.....	27
1.4- Justificativa do trabalho	28
1.5- Caracterização da Pesquisa e Método Científico	28
1.4.1- Abordagem da Pesquisa	29
1.4.2- Propósito da Pesquisa	30
1.4.3- Método de Pesquisa	30
CAPÍTULO 2 - MANUFATURA ENXUTA.....	37
2.1 - Origem e princípios da Manufatura Enxuta	37
2.2 - Práticas da Manufatura Enxuta	44
2.2.1 - Mapeamento do Fluxo de Valor.....	45
2.2.2 - Programa 5S	47
2.3.4 - Trabalho Padronizado	49
2.3.5 - Fluxo Contínuo.....	50
2.3.6 - Autonomiação (Jidoka)	51
2.3.7 - Just-in-time.....	51
2.3.8 - Kanban	52
2.3.9 - SMED.....	52
2.3.10 - Células de Manufatura	52
2.3.11 - Balanceamento das Operações	53
2.3.12 - Gestão Visual	54
2.3.13 - Total Productive Maintenance - TPM.....	54
2.3.14 - Operário Multifuncional.....	55
2.3.15 - Poka-Yoke - Dispositivo à prova de erros	55
2.3.16 - Produção Nivelada	56
2.3.17 - 5W (5 Porquês)	56
2.3.18 - DMAIC	58
2.3 - Implantação da Manufatura Enxuta.....	60
2.3.1 - Resultados da RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”	61

2.3.2 -	Análise dos Resultados da RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”	95
2.4 -	Considerações finais sobre o capítulo	102
CAPÍTULO 3 -	PRODUÇÃO MAIS LIMPA (PmaisL).....	105
3.1 -	Origem e conceitos da PmaisL.....	105
3.2 -	Etapas da PmaisL	110
3.3 -	A PmaisL e a Manufatura Enxuta	116
3.3.1 -	Compatibilidades entre a PmaisL e a Manufatura Enxuta	120
3.3.2 -	Divergências entre a PmaisL e a Manufatura Enxuta	122
3.3.3 -	Recomendações para melhorar o desempenho ambiental dos sistemas enxutos	123
3.3.4 -	Recursos Humanos	124
3.3.5 -	Práticas da Manufatura Enxuta para a melhoria do desempenho ambiental	125
3.4 -	Considerações finais sobre o capítulo	128
CAPÍTULO 4 -	ESTUDO DE CASO	131
4.1	Relato do Caso.....	131
4.1.1 -	A Manufatura Enxuta na Empresa A	132
4.1.2 -	Medidas de PmaisL na Empresa A.....	139
4.1.3 -	A Manufatura Enxuta e a PmaisL na Empresa A.....	147
4.2	Análise do caso e considerações finais sobre o capítulo.....	151
CAPÍTULO 5 -	RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA CONSIDERANDO OS PROPÓSITOS DA PmaisL	157
5.1 -	Processo de Formulação das Recomendações.....	157
5.2 -	Recomendações	159
5.3 -	Considerações finais sobre o capítulo	168
CAPÍTULO 6 -	CONCLUSÕES.....	171
REFERÊNCIAS		175
APÊNDICE A		187
APÊNDICE B		192
APÊNDICE C		198

CAPÍTULO 1 -INTRODUÇÃO

Tendo como tema central a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da Produção mais Limpa (PmaisL), o presente capítulo visa, nas subseções a seguir, contextualizar o tema, apresentar o objetivo e a questão que direcionam a pesquisa, as justificativas para sua execução, além do método de pesquisa e a estrutura de apresentação do texto.

1.1- Contextualização do trabalho

As empresas operam em um ambiente cada vez mais dinâmico e a competitividade entre elas aumenta a necessidade de respostas rápidas e adequadas às exigências dos consumidores. Para responder a estas demandas elas buscam continuamente aumentar a qualidade de seus produtos, ser ágil, reduzir os custos e, recentemente, reduzir os impactos ambientais causados por seus processos e produtos.

Um meio que estas organizações encontram para atingir alguns destes objetivos é a adoção da Manufatura Enxuta, uma filosofia de gestão da produção reconhecida e praticada mundialmente por empresas dos mais diversos setores que desejam melhorar seus resultados e se tornarem mais competitivas, pois pode proporcionar melhores resultados de custo, produtividade, qualidade, prazo de entrega e flexibilidade. Tem como princípios entender o valor sob a perspectiva do cliente, eliminar os desperdícios de toda a cadeia produtiva, entregar para o cliente o que, quando, o quanto e como ele deseja e buscar sempre a perfeição por meio da melhoria contínua (WOMACK; JONES, 2004; LIKER, 2005).

No que tange a busca pela redução dos impactos ambientais, este objetivo ocorre devido à crescente escassez de recursos, da poluição e das mudanças climáticas, que são gerados pelas atividades humanas, oriundos em sua maioria da industrialização que se intensificou desde a Revolução Industrial. Em razão disso, as legislações ambientais têm se tornando mais rígidas e os consumidores mais conscientes e exigentes por produtos que causem menor impacto ambiental. Assim, as organizações precisam buscar melhorar o desempenho

ambiental¹, ou seja, buscar a redução no consumo de materiais, água e energia, redução de emissões, redução na geração de resíduos e o uso eficiente dos recursos e atentar para a alteração do valor na perspectiva não só do cliente, mas também da sociedade, acionistas e governo.

Neste contexto, as organizações podem vivenciar *trade-offs*, pois se focarem apenas na melhoria da qualidade, redução de custos, velocidade de entrega e produtividade sem considerar o meio ambiente, os processos produtivos podem gerar o aumento dos impactos ambientais. Por outro lado, reduzir estes impactos pode significar aumento nos custos e prejudicar o desempenho em produtividade, qualidade ou agilidade de suas atividades. Contudo, Porter e Linde (1995) alegam que é possível atender os objetivos econômicos e ambientais dos produtos e processos, tornando-os ambientalmente e economicamente sustentáveis.

Diante disso, surge a Produção mais Limpa (PmaisL), uma estratégia de gestão ambiental também voltada para a produção que visa prevenir a poluição, encontrar a fonte de desperdícios e emissões, fazer mais com menos recursos, gerar menos resíduos e eliminar substâncias tóxicas dos processos produtivos (FRESNER, 1998; UNEP, 2004).

Autores, como Florida (1996), King e Lenox (2001), Rothenberg, Pil e Maxwell (2001), Larson e Greenwood, (2004), Bergmiller e McCright (2009a), Bergmiller e McCright (2009b), Bergmiller e McCright (2009c), EPA (2007a), Miller, Pawloski e Standridge (2010), Yang, Hong e Modi (2011), Jabbour et al. (2012) e Dües, Tan e Lim (2013) inferem que a Manufatura Enxuta, além de promover melhorias significativas dos indicadores de produção pode colaborar para a redução dos impactos ambientais. Contudo, a melhoria do desempenho ambiental ainda não é mensurada nem é um objetivo direto proposto por esta abordagem, observa-se que esta melhoria ocorre em reflexo da busca pela eliminação dos desperdícios, tais como estoques, movimentação desnecessária, superprocessamento, defeitos, entre outros (EPA, 2010). Já a PmaisL tem por objetivo a redução dos impactos ambientais na fonte e o uso eficiente dos recursos como sua principal finalidade e mede o desempenho ambiental alcançado pelas melhorias implantadas (UNEP, 2004).

Deste modo, esta pesquisa defende a proposição de que a Manufatura Enxuta somada aos propósitos da PmaisL pode ser uma solução para o alinhamento destes objetivos, visto que ambas buscam o aumento de produtividade e a eliminação dos desperdícios. Sob esse contexto, o tópico a seguir apresenta a oportunidade de pesquisa identificada.

¹ Expressão traduzida do *Environmental Performance* utilizada por autores, como: Fresner (1998); Berkel (2000); CNTL (2003); e UNEP (2004); para se referir a melhorias ambientais, como o uso eficiente dos recursos e redução de impactos ambientais.

1.2- Problema de pesquisa

Diante da temática Manufatura Enxuta e PmaisL identificou-se duas lacunas de pesquisa. No que tange a Manufatura Enxuta foi possível observar, por meio da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) a inexistência de um método consolidado ou de práticas² essenciais para estruturar a implantação desta abordagem. Do mesmo modo, como exposto por Saurin, Ribeiro e Marodin (2010), existe uma carência de pesquisas que buscam compreender os fatores e interface deste processo de implantação.

Com relação à PmaisL, por meio de uma RBS sobre a integração da Manufatura Enxuta com a PmaisL, identificou-se que esta estratégia ainda não é abordada de maneira conjunta à Manufatura Enxuta e as pesquisas que tratam das duas abordagens ainda são preliminares.

Neste sentido, o problema de pesquisa definido para esta dissertação foi entender o que é necessário alterar no processo de implantação da Manufatura Enxuta para a consideração dos propósitos da PmaisL. Deste modo, o desenvolvimento deste trabalho foi orientado pela seguinte questão de pesquisa:

“O que é alterado no processo básico de implantação da Manufatura Enxuta para a inclusão dos propósitos da PmaisL?”

Sob este contexto, o tópico a seguir apresenta o objetivo desta dissertação.

1.3- Objetivo da Pesquisa

Esta pesquisa teve como objetivo principal propor recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da PmaisL, estruturadas no ciclo de melhoria contínua do método DMAIC.

Deste modo, para que o objetivo geral possa ser atingido, o trabalho teve os seguintes objetivos específicos:

- Consolidar as práticas essenciais para a implantação da Manufatura Enxuta por meio de propostas disponíveis na literatura;
- Delimitar os propósitos da PmaisL a partir do referencial teórico;
- Entender como a Manufatura Enxuta e a PmaisL estão sendo abordadas de maneira integrada;

² Neste trabalho o termo “práticas” será utilizado para se referir a ferramentas, técnicas, abordagens, características organizacionais e métodos utilizados na Manufatura Enxuta.

- Investigar empiricamente, por meio de um estudo de caso, como os propósitos da PmaisL são inseridos na Manufatura Enxuta em uma empresa de referência.

1.4- Justificativa do trabalho

Segundo Miller, Pawloski e Standridge (2010) uma diferença da Manufatura Enxuta para as estratégias que focam na melhoria do desempenho ambiental é o modo como são implantados e gerenciados, uma vez que para a implantação e gestão das melhorias da Manufatura Enxuta não foi estabelecido um método ou regras e para a implantação da PmaisL ou de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) existe uma norma, padrão ou modelo definido. Contudo, Feld (2000) e Womack e Jones (2004) ressaltam que a falta de orientação na condução do processo de implantação da Manufatura Enxuta pode prejudicar a efetividade dos resultados a serem alcançados. Do mesmo modo, Mostafa, Dumrak e Soltan (2013) salientam que a falha no gerenciamento do processo de implantação da Manufatura Enxuta pode atrapalhar a compreensão de seus princípios e conceitos.

A realização deste trabalho se pauta também no fato de que as pesquisas que apresentem a PmaisL integrada à Manufatura Enxuta ainda são preliminares e porque as organizações precisam estar cientes que a realização de melhorias visando somente redução de custo e aumento nos níveis de qualidade, flexibilidade ou velocidade de entrega, podem não ser suficientes para garantir a competitividade.

Assim, destaca-se a importância de se desenvolver pesquisas que mostrem como devem ser implantadas e gerenciadas as melhorias propostas pela Manufatura Enxuta lidando com o *trade-off* entre a melhoria dos aspectos ambientais e os outros objetivos de desempenho. Portanto, pretende-se com essa pesquisa evidenciar a aplicabilidade da implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da PmaisL e os potenciais benefícios desta integração para a melhoria do desempenho ambiental e econômico das empresas. Espera-se também contribuir na orientação das empresas de manufatura que desejam aplicar estes conceitos de maneira conjunta.

1.5- Caracterização da Pesquisa e Método Científico

Gil (2007, p.17) define pesquisa como “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”. O autor alega

que a pesquisa deve ser realizada quando não se tem solução para um determinado problema, ressaltando que é imprescindível conduzir a pesquisa por um método científico.

O objetivo do pesquisador é avançar os conhecimentos existentes em novos conhecimentos para o meio acadêmico ou científico por meio do que já foi publicado, além disso, a construção da teoria é de grande importância para responder a pergunta de pesquisa. Além disso, para que o resultado final seja classificado como pesquisa científica ou acadêmica é preciso ter um rigor metodológico. Sendo assim, a escolha do método de pesquisa é uma das decisões fundamentais na condução do processo de pesquisa (FLEURY, 2010).

A seguir serão apresentadas a abordagem, o propósito e o método de pesquisa utilizados para a elaboração desta dissertação de mestrado.

1.4.1- Abordagem da Pesquisa

Com relação às abordagens da pesquisa, estas podem ser quantitativa, qualitativa ou combinada (MARTINS, 2010).

Na abordagem qualitativa os fenômenos são interpretados e são atribuídos significados. Ainda, não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas, a coleta de dados é fornecida diretamente pelo ambiente natural, é uma abordagem de caráter descritivo e os pesquisadores são o instrumento chave e tendem a analisar seus dados indutivamente. Entretanto, este tipo de abordagem pode encontrar alguns problemas como o acesso às informações, interpretação e análise dos dados (SILVA; MENEZES, 2005).

A pesquisa quantitativa considera que tudo pode ser quantificável, ou seja, esta abordagem objetiva traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Nesta abordagem é necessário o uso de recursos e de técnicas estatísticas (média, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, entre outros). Outra característica é que o pesquisador não interfere ou pouco interfere nas variáveis de pesquisa (SILVA; MENEZES, 2005; MARTINS, 2010).

Uma terceira modalidade é a abordagem combinada. Este tipo de abordagem proporciona vantagens que compensam os pontos fracos de ambas as abordagens, pois fornece evidências mais abrangentes para o estudo de um problema de pesquisa do que cada abordagem forneceria isoladamente. Além disso, fornece suporte para responder às questões que não podem ser respondidas por cada abordagem separadamente (MARTINS; 2010).

Nesta pesquisa será adotada a abordagem qualitativa, em razão da necessidade de descrever e compreender conhecimentos encontrados na literatura e no estudo de caso.

1.4.2- Propósito da Pesquisa

As pesquisas são classificadas com base em seus objetivos gerais, as quais são classificadas por Gil (2007) em três grupos: exploratórias, descritivas e explicativas.

As pesquisas exploratórias, conforme o autor, tem o objetivo de aprimorar o conhecimento, permitir maior familiaridade com o problema, descobrir intuições e levantar hipóteses. Este tipo de pesquisa envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas vivenciaram o problema a ser pesquisado e investigação de exemplos que auxiliem na compreensão da questão de pesquisa.

Já nas pesquisas descritivas, o autor afirma que estas têm como foco principal descrever e estudar as particularidades de determinado grupo de pessoas ou fenômeno, ou também para se estabelecer relações entre variáveis. Uma das características mais relevantes está relacionada com a adoção de técnicas padronizadas de coleta de dados, como o questionário.

Segundo o autor, o terceiro grupo, as pesquisas explicativas, tem a finalidade de encontrar as causas para que determinados fenômenos ocorram. Este tipo de pesquisa é o que explica a razão das coisas, sendo o que mais aprofunda o conhecimento da realidade, tornando-se o mais complexo.

Assim, esta pesquisa se caracteriza como exploratória e descritiva nas diferentes fases. Exploratória, por buscar identificar as práticas essenciais do processo de implantação da Manufatura Enxuta e os como os propósitos da PmaisL podem ser inseridos nesse processo, por meio dos estudos teórico e empírico. Descritiva, pois o objetivo principal será apresentar e descrever as recomendações para a inclusão dos propósitos da PmaisL nas etapas essenciais do processo de implantação de melhorias da Manufatura Enxuta.

1.4.3- Método de Pesquisa

Na literatura é possível encontrar vários métodos de pesquisa utilizados em Gestão de Operações (GIL, 2007; SILVA; MENEZES, 2005; MIGUEL, 2010; CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011; BERTO; NAKANO, 2012) que auxiliam o pesquisador a responder aos questionamentos e atingir o objetivo do estudo, tais como:

- Pesquisa experimental;
- Pesquisa-ação;
- *Survey*;

- Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS);
- E estudo de caso.

Para o desenvolvimento desta pesquisa de mestrado foi utilizado o estudo de caso e na etapa de mapeamento da literatura que este método propõe utilizou-se a RBS.

A RBS objetiva responder questionamentos teóricos por meio da análise do conhecimento gerado pelos pesquisadores em artigos de uma determinada área da ciência. Além disso, este método busca compreender o “estado da arte” do tema pesquisado e deve responder uma questão de pesquisa específica (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011).

O estudo de caso é um método utilizado quando a pesquisa envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de modo que permita o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2007). Segundo Yin (2005) e Miguel (2010) é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno contemporâneo, dentro de um contexto em que ele se insere (real de vida), quando os limites entre eles não são claramente definidos.

Este método baseia-se em várias fontes de evidências e beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise de dados. A principal tendência em todos os tipos de estudos de caso é que estes tentam esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou conjunto de decisões foram tomadas, como foram implantados e quais os resultados alcançados. Além disso, são utilizados para contribuir com o conhecimento que temos dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais, políticos e de grupo (YIN, 2005).

Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) recomendam que o estudo de caso deve ser utilizado quando o fenômeno pode ser estudado em seu ambiente natural e pode ser gerada uma teoria significativa a partir da compreensão adquirida por meio da observação empírica. Além disso, os autores apontam que este método comporta questões do tipo “Por que?” “O que?” e “Como?”, as quais devem ser respondidas com uma compreensão completa da natureza e do fenômeno estudado. Ainda, segundo estes autores, este método permite, inicialmente, investigar de maneira exploratória onde as variáveis ainda são desconhecidas e o fenômeno não pode ser completamente compreendido.

Deste modo, para o desenvolvimento desta pesquisa será adotado o estudo de caso, visando um maior aprofundamento na investigação, identificando na literatura e na prática como ocorre o processo de implantação da Manufatura Enxuta e como os propósitos da PmaisL podem ser inseridos nesse processo. Deste modo, os resultados teóricos e empíricos serão complementados e confrontados para a elaboração das recomendações. No próximo tópico será apresentado como o estudo de caso foi conduzido e estruturado, descrevendo as etapas em detalhes.

1.4.4- Etapas do trabalho e organização do texto

Esta pesquisa foi conduzida conforme o roteiro proposto por Miguel (2007) para a condução do Estudo de Caso, como mostra a Figura 1.

Figura 1- Roteiro para condução do estudo de caso.

Fonte: Miguel (2007).

1.4.4.1 - Definição da estrutura conceitual

A primeira etapa envolveu a definição de uma estrutura conceitual. Inicialmente, foi levantado o referencial teórico, que envolve os conceitos básicos e fundamentos acerca do tema de pesquisa, relacionados à Manufatura Enxuta e à PmaisL. Em seguida, foi realizada uma revisão da literatura que corresponde a uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), buscando encontrar o estado da arte na literatura relacionado com as práticas essenciais para a implantação da Manufatura Enxuta e também para identificar como a Manufatura Enxuta e a PmaisL estão sendo abordadas de maneira integrada. Os protocolos de RBS são apresentados no Apêndice A e no Apêndice B.

De acordo com Miguel (2007) com base na definição da estrutura conceitual é possível identificar lacunas para justificar a pesquisa e verificar os conceitos que devem ser verificados empiricamente. O autor recomenda que a partir destes conceitos devem ser estabelecidas proposições e delimitadas as fronteiras sobre o que será pesquisado. Deste modo, depois de construído o embasamento teórico para a pesquisa com base nos principais

fundamentos acerca dos temas “Manufatura Enxuta” e “PmaisL” esta pesquisa defende a proposição apresentada na introdução desta dissertação.

Ainda, foi possível delimitar as fronteiras do que será investigado. Esta pesquisa se concentrará em estudar as práticas essenciais para a implantação da Manufatura Enxuta, isto diz respeito às práticas imprescindíveis para a introdução de qualquer melhoria desta filosofia de gestão da produção. Este trabalho de mestrado se limitará também em explorar apenas os propósitos da PmaisL, os quais serão delimitados no Capítulo 3 desta dissertação.

1.4.4.2 - Planejamento dos casos

A segunda etapa envolveu o planejamento do caso. Primeiramente, foram definidos os seguintes critérios para a seleção da unidade de análise:

- A empresa deveria possuir o *Lean Manufacturing* implantado;
- Ter iniciativas de PmaisL;
- Ser referência em gestão ambiental e redução de impactos ambientais;
- Disponibilizar acesso às informações e visitas *in loco*.

Ressalta-se que o terceiro critério foi analisado com base na certificação da empresa em algum sistema de gestão ambiental, como a ISO14001, e em dados de divulgação pública da empresa, como o relatório anual de sustentabilidade.

Em seguida foi contada uma empresa que apenas possuía a Manufatura Enxuta implantada e certificada por um sistema de Gestão Ambiental. No entanto, esta empresa ainda não pratica PmaisL e não é referência em redução dos impactos ambientais. Paralelamente, contatou-se uma empresa que possuía a Manufatura Enxuta implantada, realizava PmaisL e é reconhecida como referência em gestão ambiental. Deste modo, acordou-se com esta última empresa para a realização do estudo de caso.

Posteriormente, determinou-se os métodos e técnicas para coleta de dados conforme recomendado por Miguel (2007). Assim, definiu-se o uso de múltiplas fontes de evidência mediante contato direto e interativo da pesquisadora com a situação objeto de estudo realizando visitas *in loco*, observações do chão de fábrica e entrevista semiestruturada com os funcionários da unidade de análise, relacionados com a Manufatura Enxuta e com a Gestão Ambiental. A entrevista semiestruturada foi conduzida com base em um protocolo que pode ser visualizado no Apêndice C e que foi elaborado com base nas recomendações Miguel (2007), Yin (2005) e Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002).

Segundo Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) é fundamental que o protocolo seja composto por um conjunto de questões usados na forma de entrevista, para descrever os assuntos a serem tratados, as perguntas a serem feitas e indicar os dados específicos necessários. Os autores ainda salientam que é recomendável iniciar a entrevista com perguntas amplas e abertas e os assuntos mais específicos e perguntas mais detalhadas devem vir por último.

Yin (2005) aponta que o protocolo de pesquisa vai além de instrumento, ele é uma ferramenta básica para tornar o estudo de caso confiável e auxilia na orientação do pesquisador. O autor destaca que o protocolo deve conter: uma visão geral do projeto do estudo de caso; sequencia do que será feito *in loco* e as fontes gerais de informação, questões do estudo de caso e deve ser feito como um guia esboçando o formato para narrativa.

Ainda, de acordo com Miguel (2007) as entrevistas para o estudo de caso devem considerar diferentes indivíduos em uma perspectiva diversificada em termos de áreas funcionais, níveis hierárquicos, ou qualquer outra característica importante. Do mesmo modo, o autor destaca que o protocolo deve conter: procedimentos, indicação da origem das fontes de informação (tipo de fontes, indivíduos, locais, etc.), preceitos gerais da pesquisa para a sua condução e indicação da origem das fontes de informação (tipo de fontes, indivíduos, locais, etc.).

1.4.4.3 - Teste piloto, coleta e análise de dados

Após elaborado protocolo de pesquisa foi conduzido o teste piloto, a terceira etapa proposta por Miguel (2007), o qual foi realizado na própria unidade de análise do caso visando testar o protocolo de pesquisa e otimizar o tempo para coleta de dados visto que os sujeitos participantes da pesquisa possuíam restrição de tempo. Deste modo, o teste piloto compôs parte da pesquisa e funcionou como coleta de dados, proporcionando o levantamento de dúvidas e a realização dos ajustes necessários no protocolo para atingir o objetivo desta pesquisa.

Posteriormente à validação final do protocolo de pesquisa, foram coletados os outros dados e, assim, todos os dados foram registrados e analisados com base nas observações e na transcrição das entrevistas realizadas durante as visitas e, por fim, foi gerada uma narrativa das evidências encontradas.

Com base no que foi encontrado na literatura e no estudo de caso foram propostas as recomendações, objetivo principal desta pesquisa e que serão apresentados no Capítulo 5 desta dissertação de mestrado. A seguir pode ser visualizada a Figura 2, com o

resumo das etapas do trabalho, construída com base no modelo de Miguel (2007).

Figura 2- Estrutura do Estudo de Caso.
Fonte: Baseado em Miguel (2007).

1.4.4.4 - Estrutura e organização do texto

Com base nos passos seguidos, para o desenvolvimento da pesquisa foi definido que a estrutura e organização do texto desta dissertação será da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução: apresentou o tema abordado nesta dissertação, a justificativa, os objetivos, o problema de pesquisa, a caracterização da pesquisa e o método utilizado;
- Capítulo 2 – Manufatura Enxuta: Neste capítulo foi exposto o referencial teórico acerca do tema, apresentando os fundamentos e principais conceitos. Além disso, foi apresentada uma revisão da literatura sobre a Implantação da Manufatura Enxuta.
- Capítulo 3 – PmaisL: Este capítulo descreveu os principais conceitos sobre o tema e delimitou seus propósitos. Ainda, foi apresentado o estado da arte encontrado na literatura relacionado a PmaisL e Manufatura Enxuta.
- Capítulo 4 – Estudo de caso: reportou o estudo de caso e as análises feitas sobre a empresa estudada.

- Capítulo 5 – Recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da PmaisL: neste capítulo foram descritas as recomendações e o respectivo processo de formulação.
- Capítulo 6 – Conclusões: nesse capítulo foram apresentadas as conclusões alcançadas com a realização desta pesquisa, bem como outras considerações necessárias para seu total entendimento.
- Referências – Apresentou-se as obras consultadas para desenvolvimento da dissertação.
- Apêndices – Foram expostos os conteúdos complementares que deram suporte para o trabalho.

CAPÍTULO 2 -MANUFATURA ENXUTA

Este capítulo apresenta o referencial teórico sobre Manufatura Enxuta, abordando suas origens, princípios, principais práticas e uma revisão da literatura na busca por consolidar as práticas essenciais expondo as etapas essenciais para a implantação desta filosofia de gestão em ambientes de manufatura.

2.1 - Origem e princípios da Manufatura Enxuta

A Manufatura Enxuta, no inglês *Lean Manufacturing*, foi introduzida pela Toyota no Japão como o “Sistema Toyota de Produção –STP” no final da década de 1940 e na década de 1980 passou a despertar o interesse de outras organizações por apresentar desempenho muito superior na qualidade de seus produtos e na eficiência de seus processos com relação aos outros fabricantes de automóveis (LIKER, 2005).

A expressão “*Lean*”, que no português significa enxuto, foi apresentada por Krafcik (1988) em seu artigo “*Triumph of the Lean Production System*”, resultado das pesquisas do IMVP (*International Motor Vehicle Program* - Programa Internacional de Veículos automotores) no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). No programa era estudado o desempenho superior das empresas praticantes da Manufatura Enxuta e no qual foi dada a origem, em 1990, à primeira edição do livro “*The Machine that changed the World – A máquina que mudou o mundo*”, escrito por Womack, Jones e Ross. Esta obra popularizou os conceitos e mostrou o desempenho superior da Manufatura Enxuta perante as 36 fabricantes de automóveis localizadas em várias partes do mundo.

De acordo com Womack, Jones e Ross (2004) o termo “*Lean*” deve-se ao fato de que a natureza da Manufatura Enxuta é a busca constante pela utilização de menores quantidades de tudo, ou seja, produzir mais com menos recursos. Os autores mostram que a implantação de um novo sistema de produção pela Toyota ocorreu em uma época em que os recursos eram limitados, a demanda por automóveis no Japão era baixa e variada, a força de trabalho não podia ser substituída facilmente e, além disso, havia a ameaça de outras indústrias

automobilísticas que desejavam operar no Japão. Assim, buscava-se melhoria do processo de manufatura diante das dificuldades socioeconômicas em que o país se encontrava no pós-guerra para que a Toyota fosse mais competitiva.

Krafcik (1988) expõe que a Toyota adaptou a produção em larga escala, os altos níveis de eficiência e o fluxo contínuo, utilizados pela produção em massa de Henry Ford, para uma produção em menor escala de uma maneira mais adequada e interessante para a situação vivenciada pela Toyota na época. Assim, o sistema desenvolvido pelos japoneses permitia alcançar flexibilidade produzindo uma grande variedade de produtos, em pequena quantidade e usando os princípios do fluxo contínuo.

A Manufatura Enxuta tornou-se a maneira mais viável de se organizar a produção para se conseguir, simultaneamente, altos níveis de produtividade, qualidade e complexidade dos produtos (KRAFCIK, 1988). Pois, como afirma Holweg (2007), esta abordagem não só desafiou as práticas de produção em massa aceitas na indústria automotiva, como também alterou significativamente os *trade-offs* entre a produtividade e a qualidade e elaborou uma nova maneira de pensar para as operações.

O *Lean Manufacturing* é uma estratégia de gestão da produção que tem como objetivo principal o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade por meio da eliminação sistemática e sustentável dos desperdícios na cadeia produtiva, os quais são definidos como as atividades que não agregam valor ao produto (SHINGO, 1996; OHNO, 1997; WOMACK; JONES, 2004).

Do mesmo modo, Shah e Ward (2007, p. 791) após extensa revisão sobre o tema, propõem a seguinte definição: “A Manufatura Enxuta é um sistema sócio técnico integrado cujo principal objetivo é eliminar os desperdícios por redução ou minimização simultânea de variabilidade do fornecedor, interna ou do cliente”. Complementarmente, Mostafa, Dumrak e Soltan (2013) afirmam que se trata de um conjunto de princípios para eliminar todas as formas de desperdício dentro de uma organização.

Para Godinho Filho (2004) a Manufatura Enxuta é um modelo estratégico e integrado de gestão que busca auxiliar às organizações a atingir determinados objetivos de desempenho, como qualidade e produtividade. O autor destaca que este modelo é composto por ideias, fundamentos, regras, ferramentas, tecnologias e metodologias.

Em resumo, a Manufatura Enxuta vai além de um sistema de produção, atualmente é considerado um modo de pensar para as organizações, as quais tem progressivamente o adotado em seus sistemas produtivos almejando serem mais competitivas

(WOMACK JONES, 2004; WOMACK; JONES; ROOS, 2004; SCHONBERGERM, 2007; KARIM; ZAMAM, 2013).

No que diz respeito aos seus princípios, Womack e Jones (2004) consideram que para que esta filosofia de gestão seja implantada de maneira efetiva é necessário resumi-la em cinco princípios do “Pensamento Enxuto” (*Lean Thinking*), como apresentado na Figura 3, ainda, segundo os autores, este pensamento é aplicável a todos os setores da empresa, não somente na manufatura.

Figura 3- Os cinco princípios do Pensamento Enxuto
Fonte: Womack e Jones (2004).

A explicação desses princípios é dada pelos mesmos autores:

- Especificar o valor: compreender as reais necessidades do consumidor final e o que ele está disposto a pagar;
- Identificar o fluxo de valor: entender para cada família de produtos quais as etapas e processos são realmente necessárias para que o produto ou serviço seja produzido e entregue para o consumidor final;
- Estabelecer um fluxo contínuo: depois de verificadas e eliminadas as etapas que são desnecessárias e os desperdícios, é necessário fazer com que as etapas que criam valor fluam sem esperas e interrupções. Para isto é importante mudar o foco das máquinas e equipamentos para os produtos e suas necessidades.
- Puxar a produção: este princípio visa fazer o que o cliente deseja (interno ou externo) no momento certo, ou seja, deixar que o cliente dispare a

produção, permitindo que o produto seja produzido somente quando necessário e na quantidade solicitada pelo consumidor.

- Buscar a perfeição: buscar a eliminação contínua dos desperdícios por meio da interação cíclica dos quatro princípios anteriores visando a melhoria contínua.

Ainda, os autores em concordância com Hines e Taylor (2000) alegam que os processos que transformam as matérias primas em produtos finais são compostos por três tipos de atividades:

- *Atividades que agregam valor (AV)*: são aquelas atividades que, aos olhos do cliente final, tornam o produto ou serviço mais valioso, ou seja, são atividades que o consumidor ficaria feliz em pagar;
- *Atividades que não agregam valor (NAV)*: são aquelas atividades que, sob a ótica do consumidor final não agregam valor ao produto ou serviço, sendo desnecessárias, as quais são os desperdícios visíveis que devem ser eliminados imediatamente;
- *Atividades necessárias, mas que não agregam valor*: atividades que, aos olhos do cliente final, não aumentam o valor do produto ou serviço final, contudo são necessárias para a execução das atividades que realmente agregam valor ao produto final.

Hines e Taylor (2000) alegam que as empresas que não adotam o pensamento enxuto focam em melhorias nas atividades que agregam valor (AV), enquanto as atividades que não agregam valor (NAV) são inalteradas. Na Figura 4 é possível visualizar a ilustração dos autores mostrando a diferença de enfoque dado pela abordagem tradicional e pela Manufatura Enxuta nas melhorias nos processos de produção. Ainda, nota-se pela Figura 4, simplificada, que as possibilidades de ganho pela segunda abordagem são muito maiores quando comparada à tradicional.

Figura 4- Enfoque da Manufatura Enxuta
Fonte: Hines e Taylor (2000, p. 86).

Ainda, segundo Hines e Taylor (2000), nas empresas manufatureiras que não são de classe mundial estes três tipos de atividades foram observados, em média, na seguinte dimensão, entre todas as atividades realizadas por elas: 5% de atividades que agregam valor; 60% de atividades que não agregam valor; e 35% de atividades necessárias, mas que não agregam valor.

Estas atividades que não agregam valor geram os desperdícios, os quais têm sido classificados em sete tipos, como mostram Shingo (1996), Hines e Taylor (2000), Womack e Jones (2004) e Liker (2005):

- *Superprodução:* Produzir além da demanda ou muito cedo, resultando em excesso de estoque. Este desperdício pode ocasionar consumo desnecessário de matérias primas, ocupação do espaço físico para o armazenamento de produtos acabados e pode necessitar de mais mão-obra para controlá-los.
- *Defeitos:* Representa os erros frequentes no processamento de materiais ou informações. Isto pode gerar produtos rejeitados no final da linha de produção, retrabalho para recuperação dos produtos defeituosos, custos elevados e insatisfação dos clientes.
- *Transporte excessivo:* Movimento excessivo de bens ou informações, resultando em aumento no tempo, esforço e custo. Os materiais deverão fluir de uma etapa do processo para a seguinte o mais rápido possível, sem interrupções e sem armazenamento intermediário.
- *Excesso de estoque:* É qualquer material ou produto em quantidade superior ao imediatamente necessário para o processo ou para o cliente, resultando em: custo excessivo, utilização excessiva de mão de obra e

equipamentos para movimentação e controle, necessidade de mais espaço físico e podendo gerar problemas de qualidade por deterioração dos produtos armazenados em excesso.

- *Superprocessamento ou processamento inadequado*: está relacionado com a execução do processo utilizando procedimentos, ferramentas ou sistemas não adequados ou desnecessários em detrimento a abordagens mais simples e eficientes. Além disso, pode estar relacionado com projeto de baixa qualidade do produto ocasionando defeitos e processamento desnecessário. Em resumo, este desperdício pode gerar esforços redundantes que não agregam valor a um produto ou serviço;
- *Espera (tempo sem trabalho)*: Longos períodos de inatividade de pessoas, informações ou bens, resultando em fluxos pobres e longos *lead-times*, ou seja, funcionários que não tem trabalho para fazer devido aos atrasos no processamento, falta de materiais ou informações, gargalos da produção, layout deficiente, entre outras causas;
- *Movimentação desnecessária*: Diz respeito ao movimento desnecessário de materiais ou pessoas por longas distâncias e transportes ineficientes devido à organização mal feita do posto de trabalho e/ou de toda a fábrica. Isto pode resultar em perdas frequentes de itens e ser prejudicial para os aspectos ergonômicos;

Ainda, Liker (2005, p.48) acrescenta o oitavo “*Desperdício da criatividade do funcionário*”, que segundo o autor é “a perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir os seus funcionários”.

Na obra de Liker (2005) é apresentado o “Modelo Toyota” baseado em 20 anos de estudo sobre a empresa em que o autor descreve 14 princípios de gestão como a base do Sistema Toyota de Produção (STP), tais princípios esboçam as características da Toyota e o diferencial na maneira de atuação da empresa em todo o mundo. Segundo o autor, o Modelo Toyota e o STP “constituem a hélice dupla do DNA da empresa”, os quais definem a sua maneira de administrar, que é única dela. O autor apresenta e explica como aplicar o Modelo Toyota em qualquer organização. Na Figura 5 são apresentados os 14 princípios deste modelo dividindo em quatro categorias.

Figura 5- "4Ps" do Modelo Toyota.
Fonte: Liker (2005).

As quatro seções apresentadas na Figura 2-3 foram chamadas por Liker (2005) dos 4 P's em razão da letra inicial dos nomes dados a essas categorias na versão original, em inglês: Filosofia (*Philosophy*), Processo (*Process*), Pessoal e Parceiros (*People and Partners*) e Solução de Problemas (*Problem Solving*).

Este mesmo autor destaca que para que as empresas implantem a filosofia *Lean* é preciso compreender e adotar os “4Ps”, pois assim as melhorias serão implantadas em toda a organização e de maneira sustentável. Pois segundo Liker (2005) esta filosofia baseada no modelo Toyota está relacionada a uma transformação cultural profunda e que é essencial o comprometimento administrativo com o investimento nos seus colaboradores e no cumprimento de uma cultura de melhoria contínua.

Bowem e Spear (1999), ao estudar as regras não expressas que garantem uma vantagem competitiva à Toyota, observaram que o STP não se limita a um conjunto de ferramentas, salientam que o grande diferencial deste sistema é o modo como as coisas são feitas e encaradas.

Deste modo, Liker (2005) ressalta que para implementar um legítimo sistema de Manufatura Enxuta é fundamental que toda a organização esteja comprometida com o pensamento de longo prazo. Contudo, o autor alega que pode ser difícil disseminar totalmente essa cultura de imediato, porém esta filosofia precisa estar amplamente difundida na alta

administração e em suas decisões, uma vez que isso motiva e mostra comprometimento aos níveis subordinados.

Complementarmente, Henderson e Larco (2000) também expõem os princípios do *Lean Production*. De acordo com os autores a Manufatura Enxuta é baseada em:

- Local de trabalho seguro, organizado e limpo;
- Produção somente de acordo com a demanda;
- Excelência na qualidade de produtos e processos;
- Autonomia de tomadas de decisões para as equipes do chão de fábrica;
- Gestão Visual para realizar a gestão do desempenho e apresentar a todos da empresa;
- Buscar sempre a perfeição.

Os autores ainda ressaltam que o objetivo primário para a transformação *Lean* é fornecer o “valor”. Além disso, alegam que essa transformação não ocorrerá sem um forte comprometimento dos gestores visto que para tornar-se enxuto é necessário alterar o pensamento tradicional destes líderes.

Para compreender melhor o funcionamento e os conceitos da Manufatura Enxuta, serão descritas a seguir as suas principais práticas.

2.2 - Práticas da Manufatura Enxuta

O sistema Toyota de Produção (STP) que fundamentou a Manufatura Enxuta é composto, além dos princípios já apresentados, por algumas práticas, envolvendo técnicas e ferramentas. Liker (2005) caracterizou o STP em um esquema conhecido como a “Casa do STP” na Figura 6, resumindo o STP de maneira clara e fácil de entender, de modo que pudesse ensinar aos funcionários da Toyota e aos fornecedores como as práticas funcionavam.

Segundo o autor, foi utilizada a casa como representação, visto que a uma casa é um sistema estrutural e estável, assim é importante que todos os elementos que compõe a casa devem estar bem conectados visto que todo o sistema pode ficar fragilizado se as partes tiverem conexões fracas. O autor salienta que existem várias versões da casa, porém os princípios fundamentais são os mesmos.

Figura 6- O Sistema Toyota de Produção.
Fonte: Liker (2005).

Portanto, o propósito deste tópico é apresentar uma visão geral das principais práticas, técnicas e ferramentas frequentemente utilizadas nos ambientes de Manufatura Enxuta. Esposto (2008) salienta que para que algumas práticas sejam implantadas são necessárias condições específicas, ao mesmo tempo outras são facilmente aplicáveis a qualquer sistema de produção. Baseando nos estudos de revisão bibliográfica de Godinho Filho e Fernandes (2004) e Shah e Ward (2005), algumas dessas práticas serão descritas, detalhadamente, a seguir sem estabelecer ordem de prioridade.

2.2.1 - Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), no inglês *Value Stream Mapping* (VSM), é uma técnica apresentada por Rother e Shook (1999) que permite entender o fluxo de material, pessoas e informações e apresenta as etapas necessárias para a produção de um produto, que vai desde o consumidor até o fornecedor. Esta técnica é fundamental para auxiliar na identificação dos desperdícios e principalmente na identificação das origens dos desperdícios no fluxo de valor. Ainda, colabora para auxiliar na implementação de práticas e ferramentas da Manufatura Enxuta e para evitar a implementação de técnicas isoladas, pois reúne os conceitos

e as técnicas do Lean Manufacturing. Na Figura 7 podem ser visualizadas as etapas básicas do Mapeamento do Fluxo de Valor.

Figura 7- Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor.
Fonte: Rother e Shook (1999).

Segundo os autores a primeira etapa é selecionar a família de produtos, ou seja, um conjunto de produtos que passam pelas mesmas etapas de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos. A etapa de desenhar o estado atual envolve a coleta de dados no chão de fábrica, estes dados fornecerão as informações necessárias para desenvolver um estado futuro. Na Figura 8 pode ser visualizado um exemplo de um MFV atual.

Figura 8 - Exemplo de um MFV da situação atual
Fonte: Rother e Shook (1999).

No desenho do estado futuro, como exemplificado na Figura 9, busca-se projetar e introduzir um fluxo de valor enxuto. Rother e Shook (1999) ainda ressaltam que uma situação atual sem a situação futura não é muito válida e que as ideias sobre o estado futuro podem surgir durante o mapeamento do estado atual, do mesmo modo que ao mapear o estado futuro poderão surgir algumas informações importantes do estado atual que não haviam sido destacadas.

Figura 9 - Exemplo de um MFV da situação futura.

Fonte: Rother e Shook (1999).

Esta ferramenta ainda pode colaborar para a medição de indicadores de desempenho como o tempo de atravessamento e o tempo de agregação de valor (MENEZES, MARTINS, 2010).

2.2.2 - Programa 5S

Para efeitos práticos o Programa 5S representa tarefas simples para o ambiente de trabalho, auxiliam a gestão visual e a implementação do *Lean*. Estas tarefas são representadas por palavras em japonês iniciadas pela letra “S”, as quais no português são traduzidas e acrescentadas pela palavra *senso* (HENDERSON; LARCO, 2000; FELD, 2000; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003):

- *Seiri* (senso de utilização): separar e classificar os objetos em útil/inútil, o que for desnecessário deve ser descartado;
- *Seiton* (senso de organização): organizar os itens necessários, identificando e colocando cada objeto no seu devido lugar;
- *Seiso* (senso de limpeza): manter o ambiente limpo, seguro e agradável;
- *Seiketsu* (senso padronização): manter a organização, arrumação e limpeza obtidas através dos três primeiros “Ss”;
- *Shitsuke* (senso de disciplina): compromisso e disciplina pessoal para manter os padrões definidos.

Ainda, como exposto por Lean Enterprise Institute (2003), o sexto “s” de segurança é acrescentado por alguns praticantes da Manufatura Enxuta, visando realizar e estabelecer processos seguros em toda a empresa.

2.2.3 - Kaizen

O *Kaizen*, que significa Kai (mudança) e Zen (Melhor), é uma prática do *Lean Manufacturing* que busca a melhoria contínua de um único processo ou de todo fluxo de valor visando agregar valor e eliminar os desperdícios (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE; 2003; ARAUJO; RENTES, 2006).

Araujo e Rentes (2006) ainda reforçam que esta prática envolve esforços de melhoria contínua, executados por todos, sendo que o seu objetivo principal é a busca pela eliminação dos desperdícios. Com relação ao “Evento *Kaizen*” os mesmos autores expõem que se trata de uma equipe dedicada a uma rápida implantação de uma melhoria por meio de ferramentas ou método da Manufatura Enxuta, em uma área em particular e em um curto período de tempo, normalmente cinco dias.

De acordo com Rother e Shook (1999), existe o *Kaizen de fluxo* que foca melhorias no fluxo de valor, dirigido ao gerenciamento, fluxo de material e informação, e o *Kaizen de processo* que foca em processos individuais, orientado às equipes de trabalho e líderes de equipe, visando a eliminação de desperdício no chão de fábrica. Segundo os autores ambos são necessários para a empresa e a melhoria de um é a melhoria do outro.

Wittenberg (1994, p. 13) expõe dez regras básicas para se praticar o *kaizen* no *gemba*³, as quais são:

³ Gemba: palavra japonesa que significa chão de fábrica (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE; 2003).

1. Rejeite as ideias tradicionais e fixas relacionadas à produção;
2. Pense sobre como fazer, não por que isso não pode ser feito;
3. Não produza desculpas. Inicie questionando as práticas atuais;
4. Não busque a perfeição. Siga em frente, mesmo se por apenas 50% do objetivo pretendido;
5. Corrija os erros de uma vez por todas;
6. Não gaste dinheiro para o *Kaizen*;
7. O bom senso aparece quando se depara com as adversidades;
8. Questione “por que?” cinco vezes e procure as causas raízes (esse assunto será tratado de forma mais detalhada no tópico 2.3.17);
9. Encontre o bom senso de dez pessoas ao invés do conhecimento de uma;
10. As ideias para os *Kaizens* são inúmeras.

O mesmo autor ainda ressalta que a padronização é um elemento essencial do *Kaizen*, a qual será abordada no próximo tópico.

2.3.4 - Trabalho Padronizado

O Trabalho Padronizado é uma prática da Manufatura Enxuta, que visa estabelecer procedimentos precisos para o trabalho de cada funcionário em um processo de produção, o qual é baseado em três elementos: na taxa em que os produtos devem ser produzidos para atender à demanda do cliente (tempo *takt*); na sequência exata de trabalho em que são executadas as tarefas do tempo *takt*; e no estoque exigido para manter o processo operando suavemente (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE; 2003).

Segundo Spear e Bowen (1999) esta prática é a regra número um do STP, uma vez que toda e qualquer atividade deve ter uma especificação rigorosa com relação ao conteúdo, tempo, sequência e resultado. De acordo com os autores esta regra garante que se alcance o resultado especificado de todo o sistema e mostra que o desempenho do sistema não está no uso de ferramentas, mas sim na especificação das atividades e na precisão que as variações são tratadas.

Esta prática também pode promover benefícios como a redução na variabilidade, documentação do processo atual para todos os turnos, aprendizagem organizacional, treinamento mais fácil para os novos operadores, redução de acidentes e riscos e uma base comum para a realização de melhorias (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003; DENNIS,

2007). Lean Enterprise Institute (2003) destaca que usualmente são utilizados três documentos básicos na criação do trabalho padrão:

- Quadro de capacidade do processo: calcula a capacidade de cada máquina da célula, com o objetivo de confirmar a capacidade real, identificar e eliminar os gargalos;
- Tabela de combinação de trabalho padronizado: mostra a combinação dos tempos (operação manual, transporte entre máquinas/processos, processamento em máquina) para cada operador em uma sequência de produção;
- Diagrama de trabalho padronizado: exhibe a movimentação do operador e a localização do material com relação à máquina e ao layout do processo total.

Junto a estes documentos é adicionada a “folha de instruções de trabalho” dos operadores que reportam as instruções do modo de fabricar o produto conforme as especificações do projeto. Após estabelecido o trabalho padronizado e exposto nas estações de trabalho, ele se torna objeto de melhoria contínua do *kaizen* (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE; 2003).

2.3.5 - Fluxo Contínuo

Segundo Rother e Shook (1999) Fluxo Contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o processo subsequente sem nenhuma parada (e muitos outros desperdícios). Em concordância com Lean Enterprise Institute (2003, p. 24) também alega que Fluxo Contínuo representa “produzir e movimentar um item por vez (ou um lote pequeno de itens) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte”.

Esta mesma referência ainda alega que o fluxo contínuo pode ser obtido de muitas maneiras, desde a utilização de linhas de montagem até células de manufatura. Ainda, de acordo com Rother e Harris (2002) o Fluxo Contínuo é o foco principal do Lean Manufacturing, os autores ainda alegam que alcançar o fluxo contínuo tem sido o objetivo de vários projetos Kaizen visto que para Rother e Shook (1999) esta prática pode ser considerada o modo mais eficiente de produzir e deveria ser usada muita criatividade para implementá-la.

2.3.6 - Automação (Jidoka)

A Automação, conhecida também com Jidoka, significa automação com inteligência humana, pois ela fornece aos equipamentos a habilidade de distinguir as peças boas das ruins automaticamente, eliminando a necessidade do monitoramento contínuo dos operadores, ocasionando aumento de produtividade e possibilitando melhores níveis de qualidade (LEAN INSTITUTE ENTERPRISE, 2003). A qual, segundo Ohno (1997) é um dos pilares que dá sustentação à Manufatura Enxuta.

De acordo com Shingo (1996), esta prática separa completamente os trabalhadores das máquinas devido ao uso de mecanismos sofisticados capazes de detectar defeitos e parar a máquina automaticamente, permitindo a operação simultânea de várias máquinas uma vez que os operadores deslocavam-se entre elas, fixava e removia produtos e dava partia a elas.

2.3.7 - Just-in-time

Just-in-time (JIT) quer dizer “no momento certo”, segundo Ohno (1997) esta é outra prática necessária à sustentação do STP, o autor ainda expõe:

“*Just-in-time* significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero.” (OHNO, 1997, p. 3).

Esta prática visa o controle da produção para que tudo seja produzido e entregue somente quando necessário e na quantidade necessária. Ainda, objetiva eliminação dos desperdícios buscando atingir a melhor qualidade possível, o menor custo e o menor tempo de produção e *lead time* de entrega (CORRÊA; GIANESI, 1993; SHINGO, 1996; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE; 2003).

De acordo com Corrêa e Gianesi (1993) o JIT busca atingir esses objetivos por meio por meio da redução de estoques que, segundo os autores, tendem a esconder os problemas e são utilizados para evitar descontinuidades do processo produtivo quando há problemas de produção, como paradas para manutenção corretiva ou retrabalho. Assim, a redução dos estoques pode facilitar a visualização e eliminação dos problemas ocultos e esta redução é alcançada mediante a eliminação das causas geradoras da necessidade de manter os estoques.

2.3.8 - Kanban

O Kanban, termo japonês que significa “sinal” ou “cartão”, é uma ferramenta que funciona como um sinal de demanda do cliente, ou seja, autoriza o início da produção ou a retirada de itens em um sistema de trabalho. Esta ferramenta controla o nível de trabalho em processo e o prazo de entrega para os produtos, além disso, pode facilitar um feedback imediato sobre anormalidades (OHNO, 1997; FELD, 2000; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE; 2003; LIKER, 2005).

Ohno (1997) expõe que é o método de operação de todo o Sistema Toyota de Produção e o qual deve funcionar efetivamente para manter o *Just in Time* na fábrica. No entanto, o autor ressalta que para o funcionamento efetivo desta ferramenta é fundamental a estabilidade e a sincronia dos processos. O mesmo autor ainda alega que se a ferramenta for utilizada incorretamente pode gerar vários problemas.

2.3.9 - SMED

O SMED (*Single-minute Exchange of Dies*) conhecido também como Troca Rápida de Ferramentas é uma prática da Manufatura Enxuta que visa reduzir o tempo de setup, ou seja, se refere ao processo para troca de equipamento de produção de uma peça para outra no menor tempo possível. O SMED busca reduzir os tempos de troca a um único dígito, ou seja, menos de dez minutos (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

Além disso, segundo Feld (2000), essa prática vai além da redução do tempo total perdido para realização de setups, busca-se também a possibilidade de se fazer mais setups num mesmo intervalo de tempo. O autor ainda destaca que reduzir o tempo de troca de ferramentas entre um processo e outro é fundamental para garantir a flexibilidade, ou seja, para cumprir os programas nivelados de produção. Segundo este autor o SMED pode proporcionar: Tempo de troca de equipamento em menos de 10 minutos; Tempo mínimo para começar a sair peças fabricadas nos equipamentos; Possibilidade de executar a fabricação de um grande mix de produção em um recurso; e Fabricar hoje somente o que é necessário hoje.

2.3.10 - Células de Manufatura

As Células de Manufatura, também conhecidas como Arranjo Celular, segundo

Rother e Harris (2002) e Lean Enterprise Institute (2003), dizem respeito à localização dos equipamentos e estações de trabalho por produtos similares em uma sequência que permite o fluxo contínuo de materiais e componentes pelo processo, com mínimo transporte ou demora. Usualmente os recursos são dispostos em forma de “U” para evitar que o funcionário percorra longas e possibilitar combinações de diferentes de tarefas para os operadores, além disso, permite a realização da primeira e da última operação do processo pelo mesmo operador, colaborando para manutenção do ritmo e do fluxo de trabalho.

Ainda, segundo Liker (2005), utilizar este tipo de *layout*, além de contribuir para o fluxo contínuo, ele permite eliminar departamentos e criar células de trabalho agrupadas por produtos e não mais por processos.

2.3.11 - Balanceamento das Operações

Segundo Tapping, Luyster e Shuker (2002) o balanceamento das operações busca dividir a carga de trabalho entre os operadores em uma linha de produção de modo a atender o tempo *takt time*, ou seja, produzir de forma sincronizada acompanhando a demanda. Para isto, utiliza-se o Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO), que se trata de uma ferramenta usada em processos que envolvem múltiplas etapas e múltiplos operadores e busca distribuir os elementos das tarefas do operador em relação ao “tempo *takt*” ou “*takt time*”, nivelando a carga de trabalho e auxiliando na criação do fluxo contínuo (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE; 2003).

Figura 10 - Ilustração de um gráfico de balanceamento de operador.
Fonte: Rother e Shook (1999).

Ainda, segundo Esposto (2008, p. 52) esta ferramenta:

“[...] tem como objetivo sincronizar os tempos de operação, nivelando-se as cargas de trabalho, bem como a redução dos tempos que não agregam valor,

como os tempos de espera ou de movimentação desnecessária ou exagerada dos operadores. Assim, pode-se ter impactos positivos quanto à eliminação dos desperdícios de inventário desnecessário, processos inadequados, espera e movimentação desnecessária.”

2.3.12 - Gestão Visual

A Gestão Visual, de acordo com o Lean Enterprise Institute (2003), está relacionada com a melhoria no acesso visual dos funcionários às ferramentas, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção, de maneira que a situação do sistema seja entendida rapidamente por todos os envolvidos. Segundo Henderson e Larco (2000) fábricas *Lean* fazem uso intensivo desta técnica, o objetivo é fazer com que todas as pessoas vejam o fluxo de trabalho, o desempenho dos processos, os problemas e as oportunidades de melhoria.

De acordo com Greif (1991) comunicar visualmente mostra a descentralização das informações e tomada de decisão nas organizações. Segundo o autor as responsabilidades de gestão têm sido ampliadas e difundidas pelos vários setores da organização, assim, o autor considera que é importante incentivar esta difusão e a gestão visual é essencial para levar e apresentar as informações de maneira que as decisões sejam tomadas adequadamente.

Um exemplo de gestão visual nos ambientes fabris são os quadros informativos que apresentam os métodos de trabalho padrão, objetivos e indicadores de desempenho, os quais auxiliam na comunicação entre os operadores do chão-de-fábrica e os demais níveis e funcionários da organização e é a maneira mais utilizada para a gestão de desempenho das operações no chão de fábrica (HERNDERSON; LARCO, 2000; ESPOSTO, 2008). De acordo com Lean Institute Enterprise (2003) estes quadros podem ser essenciais na fase inicial de implantação da Manufatura Enxuta.

2.3.13 - Total Productive Maintenance - TPM

O TPM (*Total Productive Maintenance*), no português conhecido como “Manutenção Produtiva Total”, é outra abordagem fundamental para o bom funcionamento de um ambiente de Manufatura Enxuta. Segundo Lean Enterprise Institute (2003) é um conjunto de técnicas que começaram a serem implantadas em uma empresa japonesa do grupo Toyota, para garantir a confiabilidade de todas as máquinas do processo de produção.

A mesma referência descreve que o termo “total” está relacionado com um programa que necessita da participação de todos os funcionários, “*Productive*” diz respeito à eliminação das perdas sofridas pela máquina, como quebra, tempo de troca, pequenas paradas, refugo, e “total” por atentar à todo o ciclo de vida do equipamento, ou seja, realizar medidas conforme o estado que o equipamento encontra em seu ciclo de vida.

Segundo Feld (2000), o TPM aborda três aspectos principais: manutenção preventiva; manutenção corretiva; e manutenção preditiva, os quais tem o objetivo de garantir a confiabilidade e a produtividade total dos equipamentos. O autor aponta que o equipamento é parte integrante de qualquer ambiente produtivo e a confiabilidade dos equipamentos é essencial para a implantação bem sucedida do Lean Manufacturing. O autor explica que em um ambiente enxuto os níveis de estoque são reduzidos, assim o tempo de operação das máquinas torna-se ainda mais importante. Uma vez que existe pouco estoque para suprir as paradas de máquinas não planejadas, quando uma máquina quebra, toda a linha de produção para, e, portanto, torna-se necessário que as máquinas sejam confiáveis.

2.3.14 - Operário Multifuncional

O Operário Multifuncional é uma abordagem que está relacionada com as práticas de trabalho em que os operadores manuseiam múltiplas máquinas e múltiplos processos em um *layout* em ilhas por processo, ou em mais de um processo em um *layout* orientado para o fluxo dos produtos. Ainda, em um ambiente de Manufatura Enxuta os funcionários têm responsabilidade pela qualidade do produto e, sempre, devem ter como objetivo a eliminação sistemática dos desperdícios (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003; OHNO, 1997).

2.3.15 - Poka-Yoke - Dispositivo à prova de erros

O Poka-Yoke ou Dispositivo à prova de erros, segundo Feld (2000) e Lean Enterprise Institute (2003) são métodos que auxiliam os operadores a evitar erros em seu trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, esquecimento de um componente ou até mesmo em um projeto de produto com formas físicas que tornam impossível a montagem incorreta. Feld (2000) ainda ressalta que esta técnica foi concebida para concentrar-se na busca da qualidade e capturar feedback sobre defeitos o mais próximo possível da causa raiz.

Desta forma, como alega Esposto (2008), estes dispositivos colaboram para a melhoria das atividades de inspeção e podem garantir que os erros e defeitos sejam identificados e eliminados o mais rápido possível em seu processo de fabricação, contribuindo significativamente para a eliminação do tipo de desperdício “defeitos”.

2.3.16 - Produção Nivelada

Dennis (2007) expõe que Produção Nivelada, tratada também com o nome de *Heijunka*, significa a distribuir e combinar uniformemente ao longo do tempo o volume de produção. O autor exemplifica que: em vez de reunir todos os produtos do tipo A no período da manhã e todos os produtos tipos B no período da tarde, a Produção Nivelada alternava pequenos lotes de A e B em cada período. Segundo o autor esta prática pode auferir alguns benefícios, tais como a redução no lead time e a necessidade de menores quantidades de estoques. Ainda, ressalta que o nivelamento de produção também colabora para determinar melhor a quantidade necessária de equipamentos, materiais e pessoas.

Do mesmo modo Lean Enterprise Institute (2003) expõe que esta prática envolve o nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período fixo de tempo, permitindo que a produção atenda de maneira eficiente a demanda, evitando excesso de estoques, reduzindo custos, mão de obra e lead time de produção em todo o fluxo de valor.

2.3.17 - 5W (5 Porquês)

Ohno (1997) propõe que ao enfrentar um problema é preciso questionar “Por que?” cinco vezes, ele exemplifica isto em uma situação considerando-se que uma máquina parou de funcionar:

1. Por que a máquina parou? Por que houve uma sobrecarga e o fusível queimou.
2. Por que houve uma sobrecarga? Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.
3. Por que não estava suficientemente lubrificado? Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.
4. Por que não estava bombeando suficientemente? Porque o eixo da bomba estava gasto e vibrando.
5. Por que o eixo estava gasto? Porque não havia uma tela acoplada de proteção e entrava limalha.

Figura 11- Processo de solução prática de problemas da Toyota.
Fonte: Liker (2005).

De acordo com Liker (2005), esta prática integra o *Kaizen*, a qual analisa os cinco porquês para um determinado problema, objetivando chegar à causa raiz dele. Ainda, Liker (2005, p.247) salienta: “Os 5 porquês” é um método para encontrar as causas mais profundas e sistemáticas de um problema com o objetivo de encontrar soluções igualmente

profundas”. O mesmo autor ainda apresenta como é realizada a análise dos cinco porquês na Toyota, como mostrado na Figura 11.

O processo de solução práticas de problemas deve ser iniciado com a compreensão do problema, que se começa por meio de observação e comparação com a situação padrão, em seguida deve ser localizado onde estão os problemas, classificá-los, estabelecer metas para melhoria, descobrir a causa raiz do problema por meio dos cinco porquês, gerar e implantar uma solução para o problema, avaliar a melhoria e por fim, padronizar o novo processo (LIKER, 2005).

2.3.18 - DMAIC

Uma prática bastante difundida para estruturar processos de melhoria e para a implantação da Manufatura Enxuta é o DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*), assim como apontam Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Vinodh, Gautham e Ramiya (2011), Kumar et al. (2006), Chowdary e George (2011), Silva et al. (2011) e Prasanna e Vinodh (2013). De acordo com Werkema (2004) este método é utilizado como base para o desenvolvimento de projetos do programa Seis Sigma. Este programa nasceu na Motorola em 1987 com o objetivo de auxiliar as empresas a produzirem produtos de melhor qualidade a um custo mais baixo por meio de ferramentas estatísticas, as quais são utilizadas para buscar a eliminação de defeitos em todos os processos e para atingir os resultados estratégicos da empresa.

Mast e Lokkerbol (2012) expõem que o DMAIC é aplicado na prática como um método genérico para resolução de problemas e para a realização de melhorias nas organizações. Ainda, os autores expõem que este método é aplicável a uma ampla gama de problemas, dos bem estruturados aos semiestruturados. Além disso, revelam que as vantagens do método são as poderosas técnicas estatísticas para constatar e verificar os fatos empiricamente e também como as fases no DMAIC estruturam o problema a ser resolvido. Werkema (2004) descreve as atividades que ocorrem em cada fase do DMAIC, que podem ser observadas no Quadro 1.

Werkema (2004) ressalta que caso o resultado da avaliação na etapa *Control* seja desfavorável, a equipe deve retornar a etapa *M* do DMAIC para um maior aprofundamento da análise. Além disso, salienta que é essencial em definir e implantar um plano para a medição do desempenho do processo e do alcance da meta, pois é extremamente importante evitar que o problema já solucionado se repita no futuro por ficar fora dos padrões estabelecidos.

Fases	Atividades
Define	Descrever o problema do projeto e definir a meta.
	Avaliar o histórico do problema, retorno econômico, impacto sobre clientes/ consumidores e estratégias da empresa.
	Avaliar se o projeto é prioritário para a unidade de negócio e se será patrocinada pelos gestores envolvidos.
	Definir os participantes da equipe e suas responsabilidades, as possíveis restrições e suposições e o cronograma preliminar.
	Identificar as necessidades dos principais clientes do projeto.
	Definir o principal processo envolvido no projeto
Measure	Decidir entre as alternativas de coletar novos dados ou usar dados já existentes na empresa.
	Identificar a forma de estratificação para o problema.
	Planejar a coleta de dados.
	Preparar e testar os sistemas de Medição/Inspeção.
	Coletar dados.
	Analisar o impacto das várias partes do problema e identificar os problemas prioritários.
	Estudar as variações dos problemas prioritários identificados.
Analyze	Estabelecer a meta para cada problema prioritário.
	Analisar o processo gerador do problema prioritário.
	Analisar os dados do problema prioritário e de seu processo gerador.
	Identificar e organizar as causas potenciais do problema prioritário.
	Priorizar as causas potenciais do problema prioritário.
Improve	Quantificar a importância das causas potenciais prioritárias (determinar as causas raízes).
	Gerar ideias de soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais do problema prioritário.
	Priorizar as soluções potenciais.
	Avaliar e minimizar os riscos das soluções.
	Testar em pequena escala as soluções selecionadas, caso necessário.
Control	Elaborar e executar um plano para a implementação das soluções em larga escala.
	Avaliar o alcance da meta em larga escala.
	Padronizar as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas.
	Transmitir os novos padrões a todos os envolvidos.
	Definir e implementar um plano para monitoramento da performance do processo e do alcance da meta.
	Definir e implementar um plano para tomada de ações corretivas caso surjam problemas no processo.
	Sumarizar o que foi aprendido e fazer recomendações para trabalhos futuros.

Quadro 1 - Fases e Atividades do DMAIC.

Fonte: Werkema (2004).

Werkema (2004) ainda afirma que nas etapas do DMAIC ocorre a integração de várias ferramentas, as quais fazem com que o método ocorra de maneira sistemática baseado em dados e no uso de ferramentas estatísticas a fim de atingir os resultados estratégicos almejados pela empresa. O mesmo autor ressalta que no DMAIC é dada grande ênfase ao planejamento, ou seja, antes de ser executada qualquer ação é dedicado tempo e atenção ao seu planejamento.

Estas práticas e os princípios anteriormente apresentados são implementados nas empresas por meio de um processo de implantação objetivando melhorias em seus sistemas produtivos. Na sequência serão apresentadas propostas encontradas na literatura para a condução do processo implantação de melhorias da Manufatura Enxuta.

2.3 - Implantação da Manufatura Enxuta

No referencial teórico estudo até este ponto da pesquisa sobre Manufatura Enxuta não foi encontrado um método convencional, ou padrão, para implantação de melhorias baseadas em seus conceitos e práticas. Uma justificativa encontrada pra isto é apontada por Lewis (2000), que ressalta que o modo como as empresas implantam a Manufatura Enxuta são únicas, na maioria dos casos, uma vez que há necessidade de adequação para cada contexto organizacional, ambiente externo e tecnológico da empresa.

Saurin, Ribeiro e Marodin (2010) expõem que existe uma carência de pesquisas que buscam compreender os fatores e interface deste processo de implantação. Os autores acreditam que isto pode ser decorrente dos seguintes motivos: a vontade de muitas empresas em manter sigilo de seus dados; o fato de que muitas das implantações são realizadas com apoio de consultorias, o que normalmente não resulta na divulgação destes trabalhos no meio acadêmico; as principais implantações ocorrem em empresas de médio e grande porte, tornando mais difícil o levantamento de dados; os três fatores anteriores podem dificultar o uso de métodos de pesquisa que permitiriam o aprofundamento qualitativo.

Deste modo, buscou-se encontrar na literatura, por meio de uma RBS, métodos e propostas de modelos que direcionam a implantação baseada nos princípios, anteriormente apresentados, por Womack e Jones (2004) e Liker (2005).

Segundo Womack e Jones (2004) muitos gestores têm encontrado bastante dificuldade ao tentar implantar partes isoladas de um sistema enxuto sem entender o todo e, portanto, ficam sem orientação de como deve ser desenvolvido, implantado e avaliado um processo de transformação enxuta em suas empresas. Feld (2000) complementa que uma das razões para os projetos de Manufatura Enxuta darem errado é a falta de uma definição das etapas e o conhecimento limitado quanto à forma de conduzir a implantação

Desta forma, entende-se ser muito importante que a implantação e a gestão das práticas da Manufatura Enxuta ocorram por meio de um processo estruturado. Neste sentido foi realizada a RBS “ Implantação da Manufatura Enxuta”, buscando artigos científicos que

apresentassem como ocorre o processo de implantação da Manufatura Enxuta, destacando as etapas e ferramentas essenciais.

2.3.1 - Resultados da RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”

Na sequência, é apresentado o Quadro 1 com o resumo dos principais dados da RBS.

Palavras-chave	<i>Lean Manufacturing; lean manufactur* (manufacture, manufacturing); lean thinking; lean production; lean system* (system, systems); toyota production system* (system, systems). implementation; implementation steps; implementation process; sequence of implementation; implementation process; sequence of implementation.</i>
Base de dados	SCOPUS, ISI Web of Knowledge.
Objetivo	Identificar as etapas essenciais para a implantação da Manufatura Enxuta.
Número de artigos encontrados	1190
Número de artigos pertinentes	47
Referências cruzadas	1 artigo e 2 livros

Quadro 2 - Resumo dos dados da RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”.

Este quadro somente resume os principais dados desta RBS. Os artigos foram selecionados por meio de filtros, em que para cada um foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão. Assim, dos 1190 artigos encontrados a partir das palavras-chaves foram selecionados 47 além de 3 referências cruzadas, totalizando 50 artigos. No protocolo de pesquisa apresentado no APÊNDICE A é descrito em detalhes como foi conduzida esta RBS.

Desta forma, este tópico irá discorrer sobre os resultados encontrados nos 50 estudos analisados pertinentes a esta pesquisa. No Quadro 2 pode ser visualizada a relação dos trabalhos encontrados, o setor de manufatura que a pesquisa foi desenvolvida, método de pesquisa empregado e a estrutura do processo de implantação. A estrutura de apresentação não estabelece nenhuma ordem de prioridade, a sequência foi resultante do título dos artigos em ordem alfabética.

Referência/ Ano	Sector	Método de Pesquisa	Estrutura do processo de implantação
Motwani (2003)	Não especificou	Estudo de Caso	framework conceitual
Mortimer (2006)	Indústria de Produtos Eletrônicos	Estudo de Caso	descrição das etapas
Karim e Zaman (2013)	Indústria de Produtos Elétricos	Estudo de Caso	framework sequencial
Quddus e Ahsan (2014)	Indústria têxtil	Estudo de Caso	narrativa do caso
Hodge et al. (2011)	Indústria têxtil	Estudo de Caso	narrativa e framework
Narang (2004)	Não especificou	Teórico	framework conceitual
Bhasin (2012)	Não especificou	Survey	descrição das etapas
Singh et al. (2006)	Indústria de Aço	Estudo de Caso	descrição das etapas
Wang (2008)	Indústria óptica	Estudo de Caso	descrição das etapas
Srinivasaraghavan e Allada (2006)	Indústria Aeroespacial	Survey	framework sequencial
Chen e Chen (2014)	Indústria de remanufatura de discos de embreagem agrícola	Estudo de Caso	descrição das etapas
Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010)	Indústria de comando de válvulas	Estudo de Caso	descrição das etapas
Das, Venkatadri e Pandey (2014)	Indústria de bobina de ar condicionado	Estudo de Caso	descrição das etapas
Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009)	Indústria de assentos especiais para a indústria automotiva e aeroespacial	Estudo de Caso	DMAIC
Deflorin e Scherrer-Rathje (2012)	Não especificou	Estudo de Caso	descrição das etapas
Gurumurthy e Kodali (2011)	Indústria de portas e janelas	Estudo de Caso	descrição das etapas
Gurumurthy e Kodali (2010)	Não especificou	Teórico	framework conceitual
Vinodh, Somanaathan e Arvind (2010)	Indústria metal-mecânica	Estudo de Caso	descrição das etapas
Chen, Li e Shady (2010)	Indústria de Produtos Elétricos	Estudo de Caso	descrição das etapas
Saurin, Ribeiro e Marodin (2010)	Várias empresas de manufatura	Survey	descrição das etapas
Macedo et al. (2014)	Indústria de fundição	Estudo de Caso	descrição das etapas
Vinodh, Gautham e Ramiya (2011)	Indústria de componentes automotivos	Estudo de Caso	DMAIC

Continua

Kumar et al. (2006)	Indústria de componentes automotivos	Estudo de Caso	DMAIC
Chowdary e George (2011)	Indústria farmacêutica	Estudo de Caso	descrição das etapas
Cudney e Elrod (2010)	Várias empresas de manufatura	<i>Survey</i>	descrição das etapas
Silva et al. (2011)	Indústria de autopeças	Estudo de Caso	DMAIC
Djassemi (2014)	Indústria de Produtos Elétricos	Estudo de Caso	framework sequencial
Dopp e Moran (2010)	Indústria química	Estudo de Caso	descrição das etapas
Simmons et al. (2010)	Indústria automotiva	Estudo de Caso	descrição das etapas
Muslimen, Yshof, Abidin (2011)	Indústria de componentes automotivos	Estudo de Caso	descrição das etapas
Zahraee et al. (2014)	Indústria de componentes automotivos	Estudo de Caso	descrição das etapas
Bertolini e Romagnoli (2013)	Indústria de máquinas para embalagens de bebidas	Estudo de Caso	descrição das etapas
Metzinger e Latif (2003)	Indústria de próteses ortopédicas	Estudo de Caso	descrição das etapas
Aulakh e Gill (2008)	Indústria de componentes automotivos	Estudo de Caso	descrição das etapas
Sahoo, Singh e Shankar (2008)	Indústria de forjados	Estudo de Caso	descrição das etapas
Votto e Fernandes (2014)	Indústria de Bens de Capital sob Encomenda	Pesquisa-ação	descrição das etapas
Deffense e Cachadinha (2011)	Indústria de pré-fabricadas de concreto	Estudo de Caso	descrição das etapas
Prasanna e Vinodh (2013)	Não especificou	Teórico	DMAIC
Turesky e Connell (2010)	Indústria de componentes automotivos	Estudo de Caso	descrição das etapas
Rahani e Ashraf (2012)	Indústria de componentes automotivos	Estudo de Caso	descrição das etapas
Liu e Qian (2011)	Não especificou	Teórico	descrição das etapas
Åhlström (1998)	Indústria da equipamentos para escritório	Estudo de Caso	descrição das etapas
Kasul e Motwani (1997)	Indústria de componentes automotivos	Estudo de Caso	descrição das etapas
Marudhamuthu, Krishnaswamy e Pillaic	Indústria têxtil	Estudo de Caso	descrição das etapas
Vedat, Akçagün e Yilmaz (2013)	Indústria têxtil	Estudo de Caso	descrição das etapas
Singh e Sharma (2009)	Indústria metal-mecânica	Estudo de Caso	descrição das etapas
Boppana e Damian, (2011)	Indústria farmacêutica	Estudo de Caso	descrição das etapas

Continua

Conclusão

Mostafa, Dumrak e Soltan (2013)	Não especificou	Teórico	framework sequencial
Womack e Jones (2004)	Várias empresas de manufatura	Estudos de caso	descrição das etapas
Henderson e Larco (1999)	Várias empresas de manufatura	Estudos de caso	descrição das etapas

Quadro 3 - Referências da RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”.

Motwani (2003) expõe que o processo de implantação deve ser iniciado com uma equipe multifuncional, posteriormente deve ser mapeado o fluxo de material e informação. O autor salienta que a gestão visual deve ser usada como consultoria na comunicação e tornar disponível todos os padrões dos processos. Além disso, devem ser fornecidos treinamentos, começando com os líderes e supervisores visando torna-los especialistas nos princípios enxutos.

Ainda, para este autor, o mapeamento deve ser usado pelas empresas como uma ferramenta que determina onde devem ser realizadas as melhorias e apontam que o “Programa 5s” pode ser um bom começo para iniciar o processo de melhoria visto que esta prática é a base para as outras melhorias a serem implantadas. Recomenda-se também que após a implantação devem levantadas e registradas as lições aprendidas. Por fim, esta referência destaca que o que funciona bem deve ser padronizado e o que não funciona deve ser corrigido, ressaltando que a aplicação das melhores práticas deve ser de responsabilidade de todos.

Mortimer (2006) descreve a jornada de implantação da Manufatura Enxuta em uma fábrica de eletrônicos. No caso apresentado pelo autor as ferramentas enxutas foram incluídas no programa de melhoria contínua da empresa estudada e o processo de implantação se iniciou com a elaboração de um MFV, posteriormente aplicou-se o SMED, balanceamento de linha, o *layout* foi alterado para celular buscando-se o fluxo o contínuo e implantou-se a gestão visual por meio de quadros no chão de fábrica com os principais indicadores dos processos.

Segundo Karim e Zamam (2013) implantar estratégias enxutas de maneira inapropriada pode aumentar o desperdício, o custo e o tempo de produção. Segundo os mesmos autores, isto ocorre devido à seleção inapropriada de ferramentas da Manufatura Enxuta a serem implantadas. Diante disso, os autores alegam que é necessário desenvolver um método para implantar as estratégias da Manufatura Enxuta adequadamente em conjunto com uma estrutura para avaliar o continuamente o desempenho alcançado pelas melhorias. Os autores ressaltam que a escolha apropriada das ferramentas enxutas e das medidas de desempenho dependem da

maneira como o problema é identificado, do processo de manufatura e do contexto organizacional.

Diante disto, Karim e Zamam (2013) buscaram desenvolver um método para a implantação das Manufatura Enxuta e, nele, uma medida de avaliação para avaliar o desempenho continuamente, medindo a eficiência e a eficácia da produção. Os autores resumiram todos os elementos essenciais da implantação da Manufatura Enxuta em uma única estrutura, baseando-se nos princípios básicos, considerando o contexto organizacional e integrando a medição de desempenho contínua no método proposto, como mostrado na Figura 12.

A primeira etapa proposta pelos autores é entender os detalhes do processo, como o tipo de produção, volume de pedidos e a quantidade de produtos demandada. Posteriormente, baseando na política da empresa, comprometimento da gerência e no planejamento para o futuro deve ser iniciada a formação de uma equipe, composta por especialistas e gestores de diferentes departamentos, os quais devem ser devidamente treinados sobre as técnicas e filosofia da Manufatura Enxuta.

Na sequência Karim e Zamam (2013) propõem que a equipe Lean deve definir e avaliar os indicadores de desempenho baseado nos detalhes do processo determinados na primeira fase. A quarta etapa envolve mapear o processo e identificar os fluxos de valor por meio do MFV, representando os desperdícios e o fluxo de informações e materiais ao longo do processo. A etapa seguinte envolve a medição do estado atual do processo em termos de produtividade, eficiência, eficácia, a quantidade de desperdícios, tempo de agregação de valor e taxa de defeitos, utilizando diferentes técnicas de avaliação da Manufatura Enxuta.

A sexta etapa está relacionada com a seleção de ferramentas apropriadas do Lean Manufacturing tendo como principal objetivo a minimização dos desperdícios e a melhoria dos indicadores de desempenho do processo. Além disso, de acordo com o quarto princípio do Lean, o processo de produção deveria ser organizado em um sistema puxado, os desperdícios eliminados a partir do processo e o fluxo do produto sendo regular e com o mínimo de atividades que não agregam valor. Por fim, os autores alegam que o objetivo do método apresentado na Figura 12 e descrito acima é implantar as ferramentas Lean no processo de manufatura bem como desenvolver a técnica de melhoria contínua para as organizações.

Figura 12 - Proposta de metodologia para implementação do Lean.

Fonte: Karim e Zamam (2013).

Quddus e Ahsan (2014) buscaram mostrar o impacto de utilizar a filosofia de melhoria do Kaizen em uma indústria têxtil. O processo de implantação iniciou-se com o

treinamento para os operadores, supervisores e demais funcionários relacionados com o processo. Posteriormente foram coletados os dados do processo, aplicação do “programa 5s”, identificação dos problemas, busca das causas raízes dos principais problemas e planos de ação para eliminar as causas raízes. Ainda, foram elaborados *checklists* diários para monitoramento hora-hora da linha de produção e para ações de manutenção pelos próprios operadores e técnicos responsáveis visando reduzir o índice de quebras inesperadas e qualidade ruim.

Hodge et al. (2011) conduziram uma pesquisa para determinar quais princípios da Manufatura Enxuta são apropriados para a implantação na indústria têxtil e desenvolveram um modelo para a implantação que pode ser visualizado na Figura 13. De acordo com os autores, a implantação da Manufatura Enxuta deveria começar com uma política de desenvolvimento de ferramentas visando iniciar uma mudança cultural pois identificaram que resistência à mudança pela gerência e funcionários de chão de fábrica foi com frequência a maior barreira para implantação.

Figura 13 - Modelo de implantação da Manufatura Enxuta
Fonte: Hodge et al. (2011)

Para estes autores, é muito importante o desenvolvimento de métodos para envolver os funcionários no processo de mudança. Neste sentido, propõem para o próximo nível do modelo a implantação da gestão visual por meio de: Andons, que mostram o estado das operações em tempo real e avisa alguma anormalidade; projetos 5s, os quais podem ser usados em todas as áreas da empresa; e um programa de TPM.

O terceiro nível proposto por Hodge et al. (2011) é desenvolver projetos baseados em melhoria contínua, ou seja, tornar o pessoal de chão de fábrica aptos a identificar áreas de melhoria e utilizar ferramentas, como análise da causa raiz para identificar problemas e propor soluções. O nível subsequente envolve a padronização dos processos e o último nível é aplicação de ferramentas, tais como kanbans e SMED, para atingir o Just-in-time. Ainda destacam que o MFV está representado fora da pirâmide porque pode ser usado em todos os níveis do modelo de implantação.

Narang (2004) apresentam uma abordagem voltada para a implantação da Manufatura Enxuta a partir de uma produção em massa já existente. Para o autor a implantação consiste em uma série de atividades e projetos de melhoria, que podem ser visualizadas na Figura 14, que necessitam ser feitos do começo ao fim e repetidos novamente, ressaltando que alguns projetos são pré-requisitos para o início de outros.

Figura 14 - Lean Manufacturing Techniques and their Logical Flow of Application.

Fonte: Narang (2004).

Este autor ainda alega que a razão de muitas empresas não conseguirem implantar a Manufatura Enxuta pode ser devido à falta de compromisso organizacional de melhorar, que é imprescindível para alcançar bons resultados. Neste sentido, o autor defende que o compromisso de gestão e envolvimento dos colaboradores é fundamental na implantação

de qualquer melhoria da Manufatura Enxuta. Ainda, destaca que as práticas enxutas: SMED e Operário multifuncional devem ser praticadas no início do processo de implantação.

A pesquisa de Bhasin (2012) se trata de um levantamento em empresas para identificar o que é essencial para garantir o sucesso na implantação da Manufatura Enxuta. Os resultados encontrados pelo autor mostraram que os especialistas em Manufatura Enxuta e a alta direção são os maiores responsáveis por iniciar a implantação e que as falhas neste processo ocorrem devido a cultura organizacional e ao processo de mudança.

Assim, o autor recomenda que, previamente, a empresa deve ser mapeada e devem ser levantadas e analisadas as características dos processos para facilitar a implantação e aumentar a probabilidade de sucesso visto que, para o autor, cada organização é única e tem suas características específicas não sendo possível replicar a mesma estratégia enxuta de uma empresa para outra. Além disso, salientam que nas implantações que obtiveram melhores resultados existia um grupo multifuncional responsável por promover a Manufatura Enxuta. Do mesmo modo, ressaltou-se a importância de treinamentos, do desenvolvimento de indicadores de desempenho e da atribuição de responsabilidades visando a participação de todos.

Singh et al. (2006) descreveram as complexidades encontradas na aplicação dos princípios da Manufatura Enxuta por meio do MFV em uma indústria siderúrgica. Para os autores o primeiro passo para implantar a Manufatura Enxuta em uma organização é, em conjunto com a alta direção, desenvolver o entendimento da direção estratégica da empresa, missão, requisitos dos consumidores e identificar quais são os processos chaves do negócio.

Para estes autores o MFV é uma maneira sistemática de implantar a filosofia *Lean*, além de ser essencial no processo de implantação. Assim, durante a elaboração do MFV devem ser identificados os desperdícios que tem maior impacto na organização, coletar as informações relacionadas com estes desperdícios e selecionar uma equipe para conduzir o processo de implantação das melhorias. No que tange a seleção e a utilização de outras ferramentas os autores propõem a utilização do AHP⁴ e abordagem *fuzzy*⁵, que não serão abordadas nesta pesquisa de mestrado.

Wang (2008) analisou a eficiência da implantação da Manufatura Enxuta e resume, em concordância com Womack e Jones (2004), que os fatores de sucesso para alcançar

⁴ Método de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process, AHP): “O AHP (Analytic Hierarchy Process) é uma metodologia de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD), que propõe o tratamento de problemas de escolha complexos de forma simples” (COSTA, H. G.; MOLL, R. N. Emprego do método de análise hierárquica (AHP) na seleção de variedades para o plantio de cana-de-açúcar. In: **Gest. Prod. [online]**. 1999, vol.6, n.3, pp. 243-25;p.246)

⁵ Abordagem *fuzzy* ou lógica *fuzzy* modela modos de raciocínio aproximados ao invés de precisos (<http://www.cos.ufrj.br/~mario/logica/logicaFuzzy.pdf>)

bons resultados neste processo são: a empresa estar sob uma crise; utilizar uma consultoria externa como auxílio na condução do processo de melhoria; organizar a empresa por família de produtos; encorajar os profissionais no chão de fábrica para tomadas de decisão; e aprimorar a participação dos gerentes nas ações de melhoria.

Para Srinivasaraghavan e Allada (2006) uma sequência de implantação auxilia no planejamento e implantação das atividades da Manufatura Enxuta e é usada para diminuir os riscos pertinentes aos recursos humanos, finanças e tempo. Estes autores apresentam um modelo para a transformação *Lean* nas operações baseada na proposta de Womack e Jones (2014). Os autores iniciam o processo na fase zero que é composta pelas seguintes atividades: adoção da filosofia de aprendizagem; construção de uma visão futura do negócio; estabelecimento das necessidades do negócio; treinamentos sobre Manufatura Enxuta; e comprometimento de todos os funcionários.

A fase 1 os autores nomeiam de “preparar” e envolve a integração dos níveis da empresa, formação de uma equipe para a implantação, desenvolvimento de uma estratégia de implantação e para lidar com as mudanças dos funcionários, treinamento do pessoal-chave, e, por fim, estabelecimento dos objetivos a serem atingidos.

Na sequência Srinivasaraghavan e Allada (2006) propõe a fase “Definir o valor” em que se define o escopo inicial de implantação, o cliente, qual é o valor em qualidade, a programação e o custo alvo. Para a fase 3, denominada de “identificar o fluxo de valor”, estes autores propõem registrar o fluxo de valor atual mapeando o fluxo de informação e do produto, o movimento dos operadores, as ferramentas de gestão e coletar os demais dados atuais do processo.

Na fase 4, esta referência expõe que seja desenvolvido um mapa de fluxo de valor futuro e que sejam identificados os requisitos de tempo, revisados as decisões de fazer ou comprar, planejar um novo layout, integrar os fornecedores, projetar um sistema de gestão visual, estimar e justificar os custos e planejar um sistema de TPM. Posteriormente, os autores propõe a fase 5 “Implantar o fluxo” que está relacionada com a padronização das operações, implantação de dispositivos a prova de erro, controlar o processo, implantar o TPM e a auto inspeção, eliminar os desperdícios, reduzir tempos de setup, implantar a manufatura celular e implantar os controles visuais.

Na penúltima fase, a fase 6, os autores sugerem a implantação de um sistema puxado abrangendo a seleção de um mecanismo de controle da produção, buscar o fluxo único de peça, nivelar e balancear o fluxo de produção, aproximar dos fornecedores, diminuir os estoques, realocar pessoas, redistribuir ou eliminar os ativos. Para a última fase, assim como

Womack e Jones (2014) os autores propõem a busca pela perfeição por meio do desenvolvimento de equipes, otimização da qualidade, programa 5s, eventos *kaizen*, eliminação das barreiras do sistema, expansão do TPM e avaliação das métricas de desempenho.

Chen e Chen (2014) apresenta o caso de implantação da Manufatura Enxuta em uma empresa, os autores resumem que a implantação envolveu primeiramente a definição de uma linha de produção para a implantação, em seguida foi elaborado, pelos operadores e a equipe *Lean*, o MFV do estado atual, na sequência definiram o problema em que a equipe *lean* identificou os desperdícios e utilizaram a análise dos 5 porquês para chegar às suas causas raízes e, por fim, definiram um *kaizen* para cada problema.

No estudo de Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010) é reportado o caso da aplicação do MFV em uma empresa Indiana visando implantar a Manufatura Enxuta. No caso apresentado o processo de implantação se iniciou com a formação de uma equipe multifuncional com dois membros da alta direção, posteriormente foi realizado um estudo do processo produtivo e na sequência elaborado o MFV do estado atual e com base nele foi construído o MFV do estado futuro após as análises dos desperdícios existentes no processo de manufatura. Neste mapa futuro foi proposto: eliminação dos desperdícios em conjunto com os executivos da empresa; implantação do Programa 5s; redução do estoque em processo; e implantação de dispositivos à prova de erro.

O caso apresentado por Das, Venkatadri e Pandey (2014) reporta a implantação da Manufatura Enxuta buscando melhorar a produtividade em uma manufatura de bobina de ar condicionado. Os autores destacam que a Manufatura Enxuta é uma estratégia de mudança que requer comprometimento da alta direção e também o envolvimento de toda a média gerência e dos operadores. Do mesmo modo, destacam que a equipe de implantação deve conter um coordenador *lean* e uma equipe multifuncional que devem receber treinamentos antes de iniciar a implantação. Após os treinamentos os autores sugerem que devem ser elaborados um MFV dos produtos representativos para o negócio e identificar a porcentagem das atividades que agregam valor.

Depois de identificadas as atividades que não agregam valor no processo é definido um escopo com possíveis melhorias a serem implantadas por meio de *brainstorming* visando melhorar a porcentagem de atividades que agregam valor. Assim, geradas as ideias são analisadas a viabilidade de cada, segundo custo e efetividade. A escolha da ferramenta enxuta, tais como implantação de SMED, balanceamento de linha, alteração no *layout*, *kaizens*, dependerá da natureza da melhoria sugerida e são aplicadas visando eliminar a causa raiz da ineficiência do processo. Além disso, ressalta-se que deve ser usado um plano de controle para

sustentar o processo recém definido e padronizado e também sugere-se aplicar os conceitos de projeto do trabalho e engenharia de métodos.

Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009) apresentam o desenvolvimento e implantação de um modelo de *Lean Six Sigma* para a indústria de manufatura. Os autores expõem que, tradicionalmente, no âmbito da abordagem do *six sigma* é utilizado o método DMAIC para a resolução de problemas e utilizam este método para a implantação.

Assim, Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009) definiram as seguintes etapas para implantar a Manufatura Enxuta, baseando nos princípios enxutos de Womack e Jones (2004) e no método DMAIC na Figura 15 pode ser observado um ciclo da integração dos dois.

Figura 15 - Esboço da abordagem Lean Six Sigma.
Fonte: Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009).

Para os autores Definir significa identificar qual é o problema, Medir é entender como o processo é medido e fazer as medições necessárias, Analisar é analisar quais são as causas raízes dos problemas identificados, Melhorar é estudar como remover as causas raízes e, por fim, controlar é estudar como sustentar e manter as melhorias implantadas.

Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009) descrevem o processo de implantação da Manufatura Enxuta com a abordagem *Six Sigma*, o qual deve ser iniciado pela identificação dos fluxos de valor e pela definição de uma equipe multifuncional e treinamento da mesma. Na sequência os problemas críticos para a qualidade devem ser identificados por meio da análise de Pareto, além disso devem ser identificados os processos chaves e suas restrições e assim, determinar as causas raízes por meio de *brainstorming*, diagrama de causa e efeito. Posteriormente devem ser estabelecidos os padrões para controle a nível de gerência e

apresentar e planejar os estágios do DMAIC para a equipe, incluindo os custos, benefícios estimados, objetivos e metas específicas. Dependendo do resultado do projeto o ciclo deve ser finalizado ou repetido buscando atingir os resultados necessários.

No que tange a implantação da Manufatura Enxuta esta referência expõe que deve ser iniciada com a aplicação do Programa 5s visando organizar e padronizar as práticas de operação, na sequência elaborar um MFV para identificar as áreas para redução do desperdício e melhoria de desempenho e após isto realizar um projeto para o fluxo contínuo e redução dos desperdícios. Por fim, deve se buscar implantar o TPM e realizar continuamente a medição de desempenho dos processos.

O estudo Deflorin e Scherrer-Rathje (2012) demonstra como diferentes escolhas nos processos de manufatura influenciam o processo de transformação *Lean* e o sucesso da implantação e propõe que: é necessário mudar a cultura organizacional visando integrar os funcionários e instaurar o comprometimento e filosofia de mudança; é preciso padronizar os processos de acordo com a demanda; os funcionários precisam ser multifuncionais e capazes de fazer reparos simples nas máquinas e checagem de qualidade; todos os funcionários devem estar envolvidos e ser capazes de gerenciar e resolver problemas; deve ser implantado um ciclo de melhoria continua para a implantação da Manufatura Enxuta; e implantar um processo formal de resolução de problemas.

Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010) apresentaram o caso da aplicação do MFV com Simulação durante o projeto de um Sistema de Manufatura Enxuta. Além da simulação para dar suporte ao MFV a implantação da Manufatura Enxuta iniciou com um treinamento inicial sobre 5s, kaizens, MFV e desperdícios. Após o treinamento foi elaborado um MFV atual e um MFV futuro visando a implantação das práticas, na sequência: programa 5s, balanceamento de linha, mudança de layout e criação de supermercados.

Os autores Gurumurthy e Kodali (2010) propuseram um novo framework para a implantação da Manufatura Enxuta com o objetivo de superar as deficiências encontradas em outros frameworks disponíveis na literatura, porém se trata apenas de um modelo conceitual sem validação empírica. Por meio da revisão de literatura feita pelos autores eles observaram que os trabalhos científicos relacionados com a implantação da Manufatura Enxuta revelam que existe uma falha no campo de conhecimento relacionado ao passo a passo do processo de implantação, ou seja, em qual sequência deve ser implantada os princípios, práticas, ferramentas e técnicas da manufatura enxuta, além de não mostrarem quais os pré-requisitos necessários para ser preenchidos antes da implantação.

Esta referência também mostra que na maioria dos casos de implantação da Manufatura Enxuta não foram utilizados um passo a passo ou um framework para a implantação e também que a sequência de implantação varia de empresa para empresa. Os autores defendem a ideia que é fundamental ter um framework adequado para orientar os gestores a conduzirem o processo de implantação. Neste sentido, esta referência desenvolveu um framework para a implantação da Manufatura Enxuta que é composto de dez níveis, os quais são descritos a seguir:

0. **AVALIAR:** envolve o desenvolvimento da análise inicial da organização para identificar os desperdícios na empresa. Este passo pode ser conduzido por consultor externo em Manufatura Enxuta e com os membros da alta direção que irão identificar as atividades que não agregam valor e estimar as economias em custo. Esta etapa permitirá a alta gerência entender o problema na linguagem de finanças e obter o comprometimento dela.
1. **PREPARAR:** neste nível uma equipe multifuncional é formada e treinada, são levantadas ferramentas para resolução de problemas, a organização passa a ser estruturada horizontalmente, é obtido o comprometimento de longo prazo, são estabelecidas melhorias na comunicação entre os funcionários, sistema de reconhecimento e recompensas pelos resultados, poder de tomadas de decisão para os funcionários do chão de fábrica, tarefas flexíveis e funcionários multifuncionais. Os autores salientam que nesta etapa deve se envolver toda a empresa incluindo os fornecedores para informá-los da implantação da Manufatura Enxuta e da necessidade disso, além da alta gerência garantir aos funcionários estabilidade no emprego e aos fornecedores o negócio.
2. **IDENTIFICAR:** neste nível são definidos os atributos para tomadas de decisão visando analisar, os riscos, as vendas e os custos-benefícios. Este nível está relacionado com o primeiro princípio enxuto proposto por Womack e Jones (2004) , que se trata de identificar o valor, neste caso Gurumurthy e Kodali (2010) propõe identificar o produto crítico para a sobrevivência da empresa e determinar a linha de produção deste produto como projeto piloto para a implantação da Manufatura Enxuta.
3. **MODELAR:** Este nível está relacionado com o segundo princípio enxuto, ou seja, deve ser entendido como é o processo de manufatura. Na sequência os autores expõem que deve ser entendido como é o fluxo de

valor e de informações e quais são as atividades que agregam e as que não agregam valor neste processo, expondo todas estas informações no MFV atual. O próximo passo é desenhar o estado futuro em que a equipe de implantação identifica as áreas potenciais para melhorias, além de identificar as ferramentas enxutas a serem implantadas para alcançar estas melhorias. Além disso, também deve ser estimados o quanto dos desperdícios podem ser eliminados. Os autores afirmam que o mapa futuro fornece uma boa noção para os gestores durante o processo de implantação.

4. INICIAR: Gurumurthy e Kodali (2010) sugerem iniciar a implantação com o programa 5s pois consideram fácil de implantar e pode aumentar a produtividade e moral, depois sugerem implantar a padronização, detecção de defeito na fonte, *Andon*, *Jidoka*, controle de qualidade e programa de sugestões.
5. MELHORAR: Nesta etapa os autores sugerem que sejam implantados dispositivo à prova de erros (*poka yoke*), além disso deve-se buscar a redução do tempo de ciclo e redução do *lead time*, redução do estoque em processo e implantar o SMED, Controle estatístico do processo, simplificação do processo e produto, autonomia, balanceamento da carga de trabalho e *layout* celular. Este estágio é a extensão do estágio anterior. Contudo, os elementos listados neste estágio necessitam de suporte dos funcionários do chão de fábrica e dos engenheiros. No final deste nível a organização pode ver uma redução significativa dos sete desperdícios, além de aumentar o desempenho relacionado as prioridades competitivas como produtividade, custo, qualidade, entrega, flexibilidade, moral e inovação.
6. ESTABILIDADE: Os autores propõem que neste nível a comunicação entre as pessoas seja aprimorada e que todos os processos sejam padronizados. Além disso, propõem que sejam implantados os conceitos de tecnologia de grupo e manufatura celular. Neste estágio o papel dos colaboradores do chão de fábrica diminui e dos gerentes e engenheiros aumenta.
7. PUXAR A PRODUÇÃO: Este nível envolve a implantação da produção nivelada, do sistema puxado de controle da produção por

meio do sistema *Kanban*. Nesta etapa também há uma aproximação com os fornecedores visando um relacionamento de longo prazo e desenvolvimento dos mesmos.

8. ESTABELECIMENTO: De acordo com Gurumurthy e Kodali (2010) este nível é a continuação do nível anterior e eles auferem que a organização é capaz de implantar outras filosofias de gestão como TQM (*Total Quality Control*), TPM e Six Sigma uma vez que a cultura básica de mudança entre os funcionários foram trazidas nos níveis anteriores torna-se fácil introduzir estas outras filosofias na organização.
9. CONTINUAR: Este estágio se refere ao último princípio da Manufatura Enxuta “buscar a perfeição”. Para os autores este último nível deve focar na melhoria contínua do fluxo de valor para replicar os outros passos nos outros fluxos de valor da empresa. Uma vez que o projeto piloto é sucesso, o mesmo pode ser implantado ao longo de várias plantas da organização. Contudo, a replicação será somente possível, se houver documentação adequada do processo de implantação, problemas enfrentados e as soluções desenvolvidas. Além disso, Gurumurthy e Kodali (2010) salientam que deverá ser notado que o completo processo de implantação descrito acima não é uma única atividade, devem ser seguidos e monitorados continuamente para melhorar o desempenho dos processos.

Vinodh, Somanaathan e Arvind (2010) buscaram explorar a viabilidade prática de desenvolver um MFV para implantar a Manufatura Enxuta. No caso apresentado a primeira etapa foi a elaboração do MFV do estado atual e a próxima etapa foi o desenvolvimento do MFV do estado futuro. Para o estado futuro propôs-se implantar o programa 5s, etapa de inspeção, tecnologia da informação para melhorar a efetividade do sistema logístico, um sistema *poka yoke* e simulação.

Chen, Li e Shady (2010) apresenta um caso de implantação da Manufatura Enxuta em pequenas fábricas nos EUA. O processo de implantação iniciou com a coleta de dados sobre as informações do processo e posteriormente foi elaborado um MFV atual para refletir o estado atual das operações. O próximo passo foi a criação de um MFV futuro como base para a implantação das práticas enxutas que seriam implantadas. Antes de iniciar a implantação do estado futuro foram identificados os obstáculos que impediam a empresa de

alcançar o estado ideal pretendido. Além disso, empregou-se os “5 porquês” para identificar a causa raiz de cada problema apresentado no estado atual e para cada solução proposta foram feitos eventos Kaizens.

A pesquisa de Saurin, Ribeiro e Marodin (2010) apresenta um levantamento em 47 empresas do Brasil e no exterior acerca do processo de implantação da Manufatura Enxuta. Contudo, não apresentam uma sequência para implantação. Os autores expõem que os principais motivos para adotar a Manufatura Enxuta são a necessidade de melhorar a competitividade e a adequação da Manufatura Enxuta ao combate de problemas críticos da produção, mostram também que as principais dificuldades na implantação são: a resistência das pessoas e a dificuldade na adaptação de conceitos e práticas. Ainda, os autores apontam que as práticas mais utilizadas durante o processo de implantação são: a padronização; gestão visual; e produção puxada. Vale ressaltar também que os resultados deste estudo apontaram que nas empresas é dada pouca atenção ao tema de integração da Manufatura Enxuta com segurança, saúde e meio ambiente.

Um estudo de caso desenvolvido por Macedo et al. (2014) apresenta os resultados operacionais de um processo em que foi implantado alguns conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta. No caso estudado foi utilizado equipe multidisciplinar, padronização, fluxo contínuo, programa 5s, manufatura celular e TPM. Ainda, no caso apresentado a principal dificuldade encontrada foi a mudança comportamental e, esta, segundo os autores, é a base para o sucesso da implantação e a melhoria contínua dos resultados.

Vinodh, Gautham e Ramiya (2011) propuseram um framework baseado no Lean Six Sigma(LSS) para implantar a Manufatura Enxuta, pois segundo estes autores o LSS pode superar as deficiências de implantação que a Manufatura Enxuta possui como a falta de orientação sistemática no processo de implantação. Neste sentido e visando superar estas deficiências os autores propuseram o framework e narram sua implantação em uma indústria indiana de componentes automotivos. As etapas deste framework são estruturadas no DMAIC, como pode ser visualizada na Figura 16.

Figura 16 - *Framework* para a implantação da Manufatura Enxuta.

Fonte: Vinodh, Gautham e Ramiya (2011).

O primeiro passo da fase “Definir” é realizar uma reunião da alta gerência com todos os funcionários para discutir as mudanças necessários, apresentá-los que será implantada a Manufatura Enxuta e posteriormente definir uma equipe multifuncional. Na sequência devem ser definidos os problemas alvos, elaborado o MFV atual e, por fim, deve haver uma formalização do projeto apresentando os objetivos, o escopo e os participantes do projeto.

Os autores apresentam que na fase “Medir” são coletados os dados referentes aos processos, as atividades são categorizadas em “atividade que agrega valor- AV” e “atividade que não agrega valor- NAV”, os desperdícios os também são listados e são estabelecidos os dados base para o início da implantação. A terceira fase “Analisar” é realizada uma análise de Pareto e um diagrama de causa e efeito, ou seja, é feita uma análise minuciosa dos dados visando identificar e eliminar as causas raízes dos problemas que ocorrem na organização.

A penúltima fase listada por Vinodh, Gautham e Ramiya (2011) é a “Melhorar” em que o MFV futuro é elaborado e validado e é feita a análise dos “5 porquês”, são geradas e testadas as soluções para os problemas identificadas em um teste piloto, podendo ser implantadas algumas práticas, tais como: manufatura celular, TPM, programa 5s, redução de setup e SMED. Na última fase “Controlar” os autores apontam que depois das melhorias implantadas elas devem ser documentadas e monitoradas por meio de gráficos de controle e também deve ser estabelecido um plano para a sustentabilidade das melhorias implantadas.

Kumar et al. (2006) propõe um modelo de implantação de Manufatura Enxuta com *Six Sigma* visando reduzir os defeitos que ocorrem em um produto final de uma indústria de componentes automotivos. No framework proposto são integradas as ferramentas da Manufatura Enxuta, tais como MFV, programa 5s e TPM dentro da metodologia DMAIC como mostra a Figura 17.

Figura 17 - Framework para a implantação da Manufatura Enxuta.

Fonte: Kumar et al., (2006).

Os autores apontam na primeira etapa “Definir” deve ser realizada uma reunião com todos os níveis da empresa visando a motivação de todos para a implantação da Manufatura Enxuta com *Six Sigma* e deve ser formado uma equipe multifuncional. Além disso, é preciso definir o problema, ou seja, o que é crítico para a qualidade por meio de um *brainstorming* para apontar o tamanho e o impacto do problema. Nesta etapa, os autores também propõem que seja desenvolvido um MFV do estado atual e seja elaborado um documento formalizando o projeto.

A segunda fase “Medir” envolve a definição dos padrões de desempenho por meio da coleta e análise de dados do processo. Do mesmo modo deve ser entendido o funcionamento do sistema de medição de desempenho e monitoramento do processo utilizado nos processos da organização e também deve ser medida a capacidade do processo.

De acordo com Kumar et al. (2006) na fase “Analisar” deve ser conduzida uma Análise de Pareto visando determinar as causas raízes dos problemas e os parâmetros significativos que causam os problemas devem ser identificados. Ainda, alegam que as

características do controle de qualidade devem ser selecionadas e, por fim, precisa ser elaborado um diagrama de causa e efeito e identificadas as fontes de variação dos problemas existentes.

A quarta fase “Melhorar”, segundo estes mesmos autores, deve envolver o projeto do experimento, rastreamento das causas dos problemas potenciais, levantamento das relações entre as variáveis do processo, estabelecimento das tolerâncias, implantação do programa 5s e do TPM.

Por fim, na última fase “Controlar” Kumar et al. (2006) propõem que: seja plotado um gráfico de controle; as lições aprendidas devem ser compartilhadas; os possíveis defeitos devem ser checados preliminarmente na fase de projeto; as equipes multifuncionais devem discutir os problemas da manufatura; as informações devem ser compartilhadas; deve haver treinamento das pessoas do chão de fábrica; é necessário traçar um plano para a continuidade da implantação; padronizar os parâmetros ótimos dos processos; e recompensar e reconhecer os funcionários envolvidos no projeto de implantação. Esta referência ainda destaca que o framework proposto para a implantação do LSS necessita ser validado em diferentes cenários para estabelecer a validade. Além disso, estes autores alegam que, de modo geral, não há um framework padrão para a implantação do LSS.

O estudo de Chowdary e George (2011) teve como objetivo compartilhar as experiências de melhoria a partir da implantação das práticas da Manufatura Enxuta. Os autores narram que o processo de implantação envolveu a análise das causas raízes dos problemas da empresa, foi desenvolvido um MFV atual, os desperdícios dos processos foram quantificados e, assim, foi desenvolvido um MFV futuro visando a implantação da Manufatura Enxuta. Neste mapa futuro foi proposto a implantação do programa 5s e da Manufatura Celular. Os autores apresentam que a partir disto a empresa conseguiu bons resultados, tais como a redução das atividades que não agregam valor, redução do lead time e redução do estoque em processo.

A pesquisa desenvolvida por Cudney e Elrod (2010) fez um levantamento em 74 empresas de vários ramos de atuação para compreender quais as práticas enxutas são utilizadas para implantar a Manufatura Enxuta. Por meio do levantamento, os autores concluíram que existem alguns requisitos básicos para a implantação como o comprometimento de longo prazo, definição de metas, planejamento, envolvimento dos funcionários e treinamento adequado das práticas a serem implantadas. Do mesmo modo, mostraram que o desenvolvimento do MFV e a realização de kaizens são práticas muito adotadas e consideradas fundamentais para a implantação de qualquer prática Lean.

Silva et al. (2011) buscou apresentar uma iniciativa de integração das metodologias da Manufatura Enxuta e do Six Sigma visando atingir um melhor desempenho

operacional na implantação de melhorias. Segundo os autores esta integração combina a aplicação de elementos da Manufatura Enxuta, que visa à racionalização dos fluxos de valor por meio da redução dos desperdícios, com elementos do Six Sigma, que busca sistematizar o processo de análise e controle de variação nos processos para se obter qualidade superior. Estes autores apresentam que nesta junção, como métodos de implantação das melhorias, foram utilizadas o DMAIC, gestão à vista, eventos kaizens, MFV, coleta e análise dos dados dos processos, programa 5s e padronização do trabalho.

O estudo de caso apresentado por Djassemi (2014) apresenta um framework prático para a implantação da Manufatura Enxuta em pequenos centros de manufatura. Este framework envolve três fases, como pode ser visualizado na Figura 18.

Na primeira fase “Treinamento” são formadas equipes, as quais recebem treinamentos sobre as ferramentas da Manufatura Enxuta. O próximo passo é a atribuição de áreas em que estas equipes são divididas e se inicia um treinamento feito por um consultor externo ou por um equipe de consultores, o autor ressalta que este treinamento deve ser repetido ocasionalmente caso seja necessário focar em novos conceitos ou re-treinar os funcionários ao longo do tempo. Ressalta-se também que o elemento mais importante do treinamento na primeira semana é entender a diferença entre atividade que agrega valor e a que não agrega valor e identificar e quantificar os desperdícios do processo. Ainda, nesta fase são elaborados o MFV atual e futuro, diagrama de causa e efeito e a análise dos “5 porquês”.

Figura 18 - Estratégia de adoção da Manufatura Enxuta em um pequeno centro de fabricação.
Fonte: Djassemi (2014).

A segunda fase apresentada pelo autor está relacionada com a realização de eventos *kaizens* em que são exploradas as oportunidades de melhoria e se iniciam os projetos pilotos. A identificação e especificação das oportunidades de melhoria são conduzidas sob orientação do consultor e destaca-se que os projetos com potencial de ganho mais rápido devem

ser enfatizados uma vez que isto que é uma etapa crucial para iniciar a implantação da Manufatura Enxuta em uma pequena empresa. Pois, segundo o autor, encoraja a realização de projetos futuros e afeta a probabilidade de aceitação de um projeto de pelo dono do negócio ou gerente.

A última fase proposta pelo autor é a fase de implantação que abrange a identificação dos indicadores de desempenho apropriados para o processo, a medição do sistema atual, implantação e monitoramento das ações, a medição do sistema após a implantação das melhorias e, por fim, a continuidade do ciclo de melhoria da Manufatura Enxuta.

Dopp e Moran (2010) descreveram a implantação da Manufatura Enxuta em uma indústria química e alegaram que a partir disto a empresa alcançou melhorias significativas em todos os aspectos de desempenho da fábrica tais como redução no tempo de ciclo, redução de custos e redução de refugos do processo. Os autores narram que o primeiro passo dado no processo de implantação foi convencer a organização da necessidade de mudança, eles alegam que deve ser criado o senso de urgência para implantar as melhorias. Outra medida implantada foi a adoção formal de ferramentas de resolução de problemas e a comunicação e treinamento no chão de fábrica para os funcionários sobre a implantação da Manufatura Enxuta. Ainda, buscou-se implantar o TPM, programa 5s e outras melhorias pontuais. Por fim, os autores também destacam que uma equipe de líderes *Lean* foi formada com o objetivo de identificar os agentes de mudança dentro da organização para treiná-los a usar técnicas enxutas e resolver problemas.

A pesquisa de Simmons et al. (2010) foca na implantação da Manufatura Enxuta em uma pequena indústria automotiva de veículos elétricos. Os autores narram que o objetivo da empresa era aumentar a capacidade produtiva, reduzir lead-times, aumentar a eficiência e melhorar a qualidade. A implantação da Manufatura Enxuta nesta empresa envolveu a utilização de ferramentas básicas como o programa 5s, trabalho padronizado, balanceamento de linha e gestão visual. Estes autores auferem que a primeira e mais importante etapa da implantação da Manufatura Enxuta é o programa 5s, seguido pelo balanceamento de linha.

Muslimen, Yshof, Abidin (2011) apresentam um estudo de caso da implantação da Manufatura Enxuta em uma indústria de componentes automotivos da Malásia. Os autores tiveram como propósito investigar como implantar e qual a abordagem adequada para ser usada na implantação da Manufatura Enxuta. Os resultados mostraram que a primeira etapa para a implantação é a formação de uma equipe multifuncional e deve conter alguns experts em *Lean* para ensinar e compartilhar conhecimentos. O próximo passo da implantação, apresentada por

estes autores, é determinar a linha piloto e posteriormente formar a base do projeto focada para reduzir os estoques, dar estabilidade ao processo e instalar a filosofia de melhoria contínua.

Zahraee et al. (2014) apresentam um estudo de caso em que foi implantada a Manufatura Enxuta por meio do MFV visando melhorar a linha de produção de uma empresa que produz componentes automotivos. Segundo os autores a empresa buscava diminuir os desperdícios e eliminar as atividades que não agregam valor.

O primeiro passo apresentado pelos autores foi a elaboração do MFV atual da linha de produção, que foi conduzido por meio de entrevistas com os funcionários, observações e dados dos processos, como tempo de produção e tamanho dos estoques. Posteriormente foi elaborado o MFV futuro, propondo a implantação do balanceamento de linha, eliminação dos gargalos e de processos de inspeção desnecessários. Estes autores não especificaram mais ferramentas da Manufatura Enxuta, mas concluíram que o MFV é uma abordagem usual e aplicável e que pode auxiliar os gestores a identificar e conceituar os desperdícios e defeitos dos processos produtivos.

Bertolini e Romagnoli (2013) descrevem um estudo de caso da implantação da Manufatura Enxuta em uma planta industrial da Itália que produz linhas de engarrafamento que teve como objetivo racionalizar todos os processos produtivos e melhorar a eficiência. No caso apresentado foi utilizada a área de pré-montagem como projeto piloto e as etapas para a implantação envolveram primeiramente a elaboração de um MFV atual e coleta de dados do processo produtivo. O próximo passo foi a identificação das áreas críticas em que os eventos *kaizens* deveriam ser feitos, análise dos dados, uma proposta de *layout* celular, implantação de fluxo contínuo e, por fim, a disseminação da cultura de melhoria contínua e monitoramento constante dos resultados dos processos. Os autores destacaram também que para a implantação é necessário a criação de uma equipe multifuncional e que se tenha um patrocinador do projeto vindo da alta direção da empresa.

No estudo de Metzinger e Latif (2003) é descrita a implantação da Manufatura Enxuta. Os autores resumem que o primeiro passo para a implantação foi a coleta de dados do estado atual que foram compilados no MFV e na sequência foi elaborado o MFV futuro buscando implantar melhorias para a redução lead time, para alcançar o fluxo contínuo e reduzir os estoques.

Aulakh e Gill (2008) também apresentam um caso de implantação da Manufatura Enxuta e descrevem em primeiro lugar deve ser elaborado um MFV do estado atual, depois deve ser realizado um estudo de tempos e métodos do processo e o fluxo do processo e sistema de manuseio de materiais também precisa ser analisado para identificar os desperdícios.

Além disso, no caso estudado foi proposto implantar fluxo contínuo por meio do *layout* celular, sistema de controle da produção por meio de *kanban*.

O estudo de Sahoo, Singh e Shankar (2008) trata da aplicação do pensamento enxuto em uma indústria de forjamento, com foco em uma linha de produção. Os autores descrevem a implantação da Manufatura Enxuta com a aplicação do MFV, primeiro desenhando o MFV atual identificando os desperdícios e suas fontes e depois o MFV futuro com as melhorias pretendidas para o processo de produção. Os autores destacam que o completo sucesso da aplicação da filosofia enxuta no longo prazo depende de uma intensa cooperação dos funcionários do chão de fábrica e dos gestores.

Votto e Fernandes (2014) desenvolveram uma pesquisa-ação propondo a implantação conjunta dos princípios da Manufatura Enxuta e da teoria das restrições visando reduzir o *lead time* e melhorar a pontualidade de entrega. A primeira etapa que os autores implantaram foi determinação de qual era o valor para os clientes, na sequência identificou-se as famílias de produto da empresa, mapeou-se o fluxo de valor do processo, no quarto passo foi criado o fluxo contínuo onde era possível e nivelada a produção e na sequência foi implantado o princípio da produção puxada.

Por fim, estes autores descrevem que o sexto passo envolveu a implantação do processo de melhoria contínua, envolvendo as seguintes ações: eliminação dos desperdícios; delimitar um estoque mínimo de peças; determinar um tempo para o estoque pulmão; reduzir os desperdícios gradativamente por meio de técnicas como TPM, SMED e trabalho padronizado; reduzir o estoque; reavaliar a capacidade do processo; e recomençar o processo de melhoria em um ciclo contínuo.

Deffense e Cachadinha (2011) apresentam um estudo de caso em que foi aplicado o pensamento enxuto em uma fábrica que produz pré-fabricados de concreto armado. Os autores narram que neste caso foi utilizado o MFV da situação atual para identificar as possíveis áreas de melhoria e na sequência foi elaborado um MFV futuro para a implantação de melhorias por meio das ferramentas da Manufatura Enxuta. As principais ferramentas utilizadas neste caso para resolver os problemas identificados foram o planejamento e controle de produção seguindo o *Just-in-time* e utilizando *kanbans*, o programa 5s e a manufatura celular.

O trabalho desenvolvido por Prasanna e Vinodh (2013) teve como objetivo explorar as pesquisas relatadas na literatura sobre a Manufatura Enxuta com *Six Sigma*, conhecida como *Lean Six Sigma (LSS)* e, assim, determinar os caminhos pelos quais a Manufatura Enxuta pode ser melhorada quando é implantada pelo *LSS*. Estes autores assim como Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Vinodh, Gautham e Ramiya (2011), Vinodh,

Gautham e Ramiya (2011), Kumar et al. (2006) e Silva et al. (2011) que foram apresentados anteriormente divide as etapas de implantação nas fases da metodologia DMAIC.

Para estes autores na fase “Definir” deve ocorrer iniciativas de gestão em que o coordenador da implantação em conjunto com o proprietário ou diretor do negócio fazem a abertura do projeto. Além disso, é formada uma equipe multifuncional composta por gerentes, média gerência e operadores do chão de fábrica, a qual deve entender sobre os vários processos envolvidos para solucionar os problemas. Ainda, de acordo com os autores é necessário que sejam conduzidas seções de *brainstorming* para identificar as características críticas para a qualidade baseada na voz do consumidor. E, por fim, nesta fase deve ser desenvolvido um MFV atual.

Na segunda fase “Medir” é preciso que as características críticas para a qualidade sejam identificadas e a equipe de implantação deve ser dividida em pequenos grupos para monitorar e apontar os defeitos ocorrentes em cada processo. Além disso, devem ser tomados os tempos de cada processo e categorizar as atividades que agregam valor e as que não agregam.

Prasanna e Vinodh (2013) apontam que na fase “Analisar” o MFV atual deve ser analisado para identificar as possíveis melhorias. Nesta etapa também deve ser elaborado um diagrama de causa e efeito e gráfico de Pareto afim de encontrar a causa raiz e, deste modo, focar na redução dos desperdícios concentrados nas causas raízes dos problemas encontrados.

O próximo passo é a etapa “Melhorar” que, baseando nas análises do MFV atual, devem ser listadas as possibilidades de melhoria fundamentando nos desperdícios identificados. As possíveis estratégias de melhorias, segundo os autores inclui a adoção do fluxo contínuo, TPM, programa 5s e um programa de treinamento para os funcionários antes de implantar as ações.

Na fase “Controlar” é necessário desenvolver um MFV futuro para incluir as propostas de melhoria identificadas na fase anterior. Além disso, devem ser plotados gráficos de controle para monitorar em tempo real o desempenho dos processos. Por fim, a última fase apontada por esta referência é a fase “Sustentar”, que é importante para melhorar o processo e sustentar os resultados a longo prazo. Deste modo, ressaltam que é imprescindível a padronização dos parâmetros ótimos do processo.

A pesquisa de Turesky e Connell (2010) buscou encontrar quais são os fatores-chave que podem colaborar para uma implantação bem estruturada da Manufatura Enxuta e baseando nos resultados desta pesquisa eles propuseram um modelo de quatro fases, como mostra a Figura 19 para garantir a sustentabilidade da implantação.

Figura 19 – Fases para um projeto de sustentabilidade da Manufatura Enxuta.

Fonte: Turesky e Connell (2010).

Estes autores resumem que a implantação deve ser iniciada com o suporte e comprometimento da alta direção e que deve haver comunicação entre toda a empresa antes e durante o projeto. Em segundo lugar os autores expõem que deve haver treinamento sobre Manufatura Enxuta e o projeto a ser implantado para todos os funcionários da empresa. O próximo passo é a seleção do projeto em concordância com os funcionários e os gestores. Na sequência deve haver uma conscientização para o engajamento e desejo de melhorar por todos os funcionários da empresa. Neste sentido, torna-se necessário gerenciar a resistência à mudança. Para finalizar a fase de implantação os membros que participarão do projeto selecionado devem ser nomeados e, assim o projeto é executado e completado. Por fim, para fechar o ciclo, Turesky e Connell (2010) destacam que é importante acompanhar e medir o andamento das melhorias implantadas.

Rahani e Ashraf (2012) descrevem um caso em que os princípios da Manufatura Enxuta foram implantados em uma fábrica de peças automotivas. Os autores resumem que para implantar a Manufatura Enxuta primeiramente devem ser coletados os dados do processo, tais como tempo de produção, os desperdícios e tempos de *setup*. A partir destes dados elabora-se o MFV atual e propõe-se a implantação de melhorias por meio de eventos *Kaizens*. Depois de

implantadas as melhorias, os autores apontam que é necessário que haja um monitoramento dos indicadores, ou seja, o desempenho tem que ser analisado continuamente.

A pesquisa de Liu e Qian (2011) afirma que para a implantação da Manufatura Enxuta é fundamental que seja baseada na melhoria contínua e que se inicie a partir das estações de trabalho no chão de fábrica, além disso apresenta um modo para implantação da Manufatura Enxuta, envolvendo quatro fases.

O primeiro passo quando for realizar a transformação enxuta é esclarecer o status atual da estação de trabalho e em seguida traçar a estratégia de acordo com o alvo da implantação. Isto envolve analisar a gestão do local de trabalho, gestão da qualidade, gestão da produção e gestão do fluxo de material. Ainda, os autores auferem que é necessário coletar os dados do processo e elaborar o MFV atual.

No segundo momento, de acordo com Liu e Qian (2011), é importante atentar-se a estabilidade e eficiência dos processos e as falhas da linha de produção. Do mesmo modo deve-se buscar eliminar os desperdícios e melhorar a qualidade por meio do trabalho padronizado, dispositivos *poka yoke*, Programa 5s, gestão visual, aprendizagem organizacional e os 5 porquês. Em paralelo a esta etapa ocorre a gestão visual combinado com o programa 5s. Ainda, é feita a ressalva que é importante construir aprendizagem organizacional em cada nível de maneira efetiva para realizar a melhoria contínua.

O próximo passo, para estes autores, deve ser a melhoria de eficiência que significa buscar estabilidade no processo por meio de análise dos métodos e movimentos de trabalho, análise do gargalo do processo, SMED, balanceamento de linha, TPM e Andon. Na sequência esta referência expõe que deve haver melhoria da produção para realizar a produção puxada. Assim, nesta etapa os autores sugerem que o layout seja aprimorado para evitar movimentação desnecessária e reduzir a quantidade de peças em processo.

Åhlström (1998) verificou a existência de uma sequência de implantação dos princípios da Manufatura Enxuta e se existe qual seria. As conclusões do estudo mostraram que existe uma sequência em que os princípios enxutos são implantados, mas ressalta que os gestores precisam direcionar esforços para implantar um conjunto destes princípios de maneira paralela.

De acordo com este autor os primeiros princípios a serem implantado devem ser a busca por “zero defeitos” e a transferência de responsabilidade e autoridade para os níveis hierárquicos mais baixos. Em segundo e de maneira conjunta devem ser implantados os princípios eliminação dos desperdícios, equipes multifuncionais e programação puxada. Depois destes, devem ser instaurados os princípios de suporte, os quais são os sistemas de informação

vertical e a formação de líderes de equipe. Por fim, quando a base da implantação estiver estabelecida deve ser difundida a cultura de melhoria contínua.

Kasul e Motwani (1997) resumem que a implantação da Manufatura Enxuta deve iniciar com a prática do fluxo contínuo, buscando produzir somente o necessário e minimizar o estoque em processo. Na sequência deve ser implantado o trabalho padronizado, para que se tenha uma referência para avaliação de desempenho e monitoramento dos processos. A próxima prática a ser implantada é o SMED visando a redução do tempo de setup e posteriormente, os autores apontam, que deve ser implantado o sistema de controle da produção por *kanban*, *jidoka* para garantir a qualidade e, por fim, a produção deve ser nivelada.

A pesquisa Marudhamuthu, Krishnaswamy e Pillaic (2011) aborda a aplicação dos princípios enxutos em uma indústria têxtil indiana. A implantação da Manufatura Enxuta nesta indústria iniciou com a seleção do processo a ser mapeado, depois disso foram coletados os dados do processo e elaborado o MFV do estado atual. Posteriormente o estado atual foi analisado e, assim, foi conduzida a elaboração do MFV futuro visando eliminar o que não agregava valor aos processos. Por fim, os autores narram que foi implantado o SMED e um sistema de gestão visual com os indicadores de desempenho.

Assim como no estudo anterior, a pesquisa de Vedat, Akçagün e Yilmaz (2013) se trata de um estudo de caso em uma indústria têxtil. Os autores acompanharam a implantação da Manufatura e resumem este processo em alguns passos. Em primeiro lugar, o estado atual das linhas de produção foi analisado, observando o fluxo dos produtos, tempos de processo, análise dos funcionários em suas habilidades e atividades, e, assim foi elaborado o MFV atual. Em seguida elaborou-se um MFV futuro visando reduzir os problemas encontrados no MFV atual e propôs-se implantar o programa 5s, balanceamento de linha, fluxo contínuo, alteração do layout e *kanban*. A implantação das melhorias foi conduzida por eventos *kaizens*. Os autores expõem que como resultado foram atingidos melhores indicadores em produtividade, qualidade e prazo de entrega.

Singh e Sharma (2009) afirmam que o MFV é uma ferramenta poderosa para permitir a implantação da Manufatura Enxuta e para auxiliar a organização a melhorar continuamente. Os autores resumem que basicamente deve-se mapear o estado atual, coletando todos os dados dos fluxos de processo, pessoas e informações, em seguida este estado atual deve ser analisado e com base nesta análise devem ser propostas melhorias e, assim elaborado o MFV do estado futuro. Por fim, o ciclo deve-se iniciar novamente com a análise do estado futuro após as melhorias implantadas.

Boppana e Damian (2011) buscam nortear a aplicação de ferramentas da Manufatura Enxuta visando a reestruturação das operações em uma indústria farmacêutica. As etapas apresentadas para a implantação se iniciam com a identificação e quantificação dos desperdícios do processo, na sequência é elaborado um MFV atual e nele são destacados os desperdícios identificados e, ao final, é desenvolvido um MFV futuro propondo a implantação do programa 5S, manufatura celular e fluxo contínuo.

Womack e Jones (2004) foi a referência clássica mais utilizada nos artigos encontrados por meio da RBS acerca da implantação da Manufatura Enxuta. Estes autores, além dos princípios da filosofia Lean apresentados anteriormente, compilaram uma sequência específica de etapas e iniciativas que produzem os melhores resultados para a implantação da Manufatura Enxuta, por meio de observações de transformações bem sucedidas ao longo de seis anos em várias empresas de manufatura. Os autores ressaltam que a mudança precisa ser ampliada de maneira contínua e deve incluir toda a organização e todos os procedimentos do negócio. Do mesmo modo, salientam que é necessário ter um plano de ação aplicável. No Quadro 4 podem ser visualizados as etapas e o prazo para a transformação enxuta.

Fase	Etapas Específicas	Prazo
Inicie o Processo	Encontre um agente de mudança Conheça as técnicas do pensamento enxuto Encontre uma alavancagem Mapeie seus fluxos de valor Inicie o <i>Kaikaku</i> Expanda seu escopo	Seis meses iniciais
Crie uma nova organização	Reorganize-se por famílias de produtos Crie uma função enxuta Desenvolva uma política para o excesso de pessoal Desenvolva uma estratégia de crescimento Elimine os "cabeças-duras" Instile a mentalidade da "perfeição"	Seis meses até o ano dois
Instale sistemas de negócios	Implemente a contabilidade enxuta Implemente a transparência Inicie o desdobramento das diretrizes Implemente o aprendizado do pensamento enxuto Encontre equipamentos de tamanho certo	Anos três e quatro
Termine a transformação	Aplique essas etapas a seus fornecedores/clientes Desenvolva uma estratégia global Transição de melhoria de cima para baixo para de baixo para cima	Final do ano cinco

Quadro 4 - Prazo para o Salto Enxuto.
Fonte: Womack e Jones (2004).

No início do processo é primordial definir um responsável da empresa para liderar o processo de mudança, o qual deve ser um líder interno, no cargo de gerência ou

diretoria e deve adquirir conhecimento detalhado da abordagem enxuta e dos processos da empresa. Posteriormente, Womack e Jones (2004) recomendam encarar ou criar uma crise para torná-la uma oportunidade de mudança drástica e urgente, além disso, buscar eliminar os desperdícios existentes e evitar mudanças estratégicas que necessitam de grandes investimentos.

Ainda, no início do processo de transformação os autores recomendam identificar e analisar todos os fluxos de valor (materiais e informações) existentes e mapeá-los, atividade por atividade, etapa por etapa e por família de produtos. As etapas que não agregam valor devem ser eliminadas, as que não forem possíveis de eliminar devem ser aperfeiçoadas. Ao final da primeira fase, os autores recomendam que a mudança deve ser iniciada com uma atividade específica e de preferência uma atividade física de produção, como, por exemplo, fabricação e montagem, envolvendo os gerentes de todos os níveis, executivos, consultor e o agente de mudança e comunicando os primeiros resultados o quanto antes à equipe de melhoria e a toda força de trabalho, uma vez que cria e motiva o senso de mudança na organização. Após esta primeira rodada de melhorias, as diferentes partes do fluxo de valor.

A segunda fase exposta por Womack e Jones (2004) se inicia com a reorganização do fluxo de valor por família de produtos visando fluir o valor suavemente para o cliente. Além disso, deve ser definido um espaço físico e uma equipe permanente de promoção da abordagem enxuta, a qual deve ser diretamente subordinada ao agente de mudança. Os autores também recomendam estimar e organizar o número de pessoas necessárias para executar o trabalho da forma correta e posteriormente, deve-se garantir que ninguém perderá o emprego após a implantação das técnicas enxutas. Ainda, deve ser elaborada uma estratégia de crescimento que absorva os recursos à medida que são liberados, permitindo acrescentar ou eliminar famílias de produtos sem modificar a estrutura principal da empresa e os gerentes que não aceitam experimentar as novas ideias do pensamento enxuto devem ser dispensados. Por fim, o objetivo deve ser a melhoria contínua, segundo os autores é preciso que os funcionários entendam desde o início que nenhum nível de desempenho é suficientemente bom e que sempre há possibilidade para melhorar.

Womack e Jones (2004) expõem que a terceira fase “Instale sistema de negócios” deve ser iniciada com a criação de um sistema de custeio baseado no fluxo de valor/produto, abrangendo o desenvolvimento, a venda, custos de produção e do fornecedor, visando o entendimento de todos os elementos do fluxo de valor com relação aos seus esforços. Ainda, recomenda-se remunerar os colaboradores com base em suas qualificações gerais junto com uma bonificação diretamente associada à lucratividade da empresa, apresentar os

resultados do desempenho interno, principalmente os índices de melhoria, realizar treinamentos periodicamente para ensinar o pensamento enxuto e as abordagens de resolução de problemas e dimensionar corretamente os equipamentos de produção, os sistemas de gerenciamento de informação, equipamentos de teste, entre outros, ou seja, deixar de considerar que tamanho significa eficiência.

O final do processo de transformação *Lean* deve envolver os fornecedores, de acordo com os autores para que a empresa possa progredir bem é preciso convencer as empresas de seus fornecedores e clientes a dar os passos descritos anteriormente, ou seja, é preciso considerar todo o fluxo de valor de maneira agregada. Por fim, os autores expõem que no início a necessidade mais urgente é que os gerentes alterem a maneira de pensar de seus funcionários, apresentando a melhor forma de executar as tarefas. Com a evolução da Manufatura Enxuta os gerentes se tornam especialistas em Lean e cada funcionário um engenheiro de processo proativo. Assim, cada trabalhador passa a desenvolver várias habilidades, inspecionar seu próprio trabalho e participar do projeto do seu trabalho por meio dos Kaizens. Nesta fase de maturidade os níveis gerenciais são eliminados permanentemente e todos os aspectos do negócio se tornam visíveis por todos.

Outra referência cruzada que remete ao processo de implantação da Manufatura Enxuta foi a obra de Henderson e Larco (2000). Os autores apontam que há uma sequência lógica para a implantação de melhorias da Manufatura Enxuta e que seus princípios são suficientes para iniciar este processo. Os autores salientam que a transformação enxuta deve começar no chão de fábrica com o objetivo de fazer fluir a produção de acordo com as necessidades dos clientes.

No primeiro momento os autores sugerem mapear os processos da montagem final, recomendando usar o MFV proposto por Rother e Shook (1999). Posteriormente, a área deve ser limpa e organizada e deve-se descartar tudo o que não é utilizado, os autores recomendam utilizar o “Programa 5S”. Em seguida, implantar o fluxo contínuo e, por fim, instalar um sistema de programação puxada de acordo com o *takt time*. Henderson e Larco (2000) apresentam, na Figura 20, como deve ocorrer o ciclo de melhoria.

Figura 20- Ciclo da transformação Lean.

Fonte: Henderson e Larco (2000).

Conforme exposto pelos autores, o evento Kaizen deve ser iniciado com o mapeamento da situação atual e em seguida deve ser desenvolvido um mapa futuro de acordo com o que deve ser melhorado no fluxo de produção a fim de estabelecer um fluxo contínuo. Após, analisada, mapeada e medida a situação atual, deve ser eliminado as atividades que não agregam valor, posteriormente deve-se implantar e padronizar as melhorias e por fim, medir o desempenho do que foi implantado.

Por fim, é apresentada a pesquisa desenvolvida por Mostafa, Dumrak e Soltan (2013), outro trabalho encontrado por meio das buscas cruzadas. Estes autores realizaram uma revisão de literatura sobre as iniciativas de transformação enxuta analisando 28 trabalhos e classificaram estas iniciativas como roteiro, proposta conceitual ou framework, ações de *checklist*, descritivas e no formato de avaliação.

Figura 21 - Proposta de framework para a implantação do Lean.

Fonte: Mostafa, Dumrak e Soltan (2013).

Baseando nestes 28 trabalhos, os autores propuseram um framework para superar algumas limitações encontradas nas propostas disponíveis na literatura, porém os autores ressaltam que a estrutura proposta ainda não foi validada. O modelo proposto é baseado na condução de um projeto visando à transformação enxuta e possui quatro fases detalhadas, como apresentado na Figura 21.

A proposta dos autores é que o processo de monitoramento e controle seja integrado em todas as fases para garantir que os resultados esperados para a transformação Lean sejam atingidos. Além disso, destaca-se que o framework proposto leva em consideração um conjunto de etapas para guiar os praticantes Lean visando torná-lo mais estruturado e compreensível.

O *framework* se inicia com a fase Conceitual, que está relacionada com a composição, treinamento e transferência de dados para a equipe que fará parte do processo de melhoria *Lean*. Na sequência é a fase de projeto da implementação que diz respeito à preparação da equipe para colocar o projeto de melhoria em prática identificado o estado atual dos processos e os requisitos necessários por meio de várias análises.

Posteriormente, é realizada a fase de Implementação e Avaliação que envolve a execução do projeto, segundo os autores em concordância com Womack e Jones (2004) a execução das melhorias enxutas devem ser iniciadas nas áreas mais problemáticas da empresa. Nesta fase, ainda sugere-se um projeto piloto para assegurar a aplicabilidade, eficiência e eficácia do que está sendo proposto e uma avaliação do que foi implantado. Por fim, é atingida a fase da completa transformação *Lean* que é responsável por documentar as lições aprendidas, estabelecer os novos padrões enxutos e o planejamento de melhoria contínua.

2.3.2 - Análise dos Resultados da RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”

Os resultados encontrados por meio da RBS sobre a Implantação da Manufatura Enxuta mostram a variedade de práticas que são utilizadas e também diferentes métodos e etapas que compõem este processo. No Quadro 5 podem ser visualizadas as práticas, as respectivas descrições das informações encontradas e as referências correspondentes.

Práticas Identificadas	Informações obtidas	Referências
Mudança cultural	Esta prática se trata de convencer a organização da necessidade de mudança. Além disso, a resistência a mudança deve ser gerenciada.	Hodge et al. (2011); Deflorin e Scherrer-Rathje (2012); Macedo et al. (2014); Dopp e Moran (2010); Turesky e Connell (2010).
Entender os processos/detalhes da empresa (coletar dados dos processos)	Entender todas as informações do processo, tanto os aspectos organizacionais, como estratégia e processos chaves do negócio, quanto os dados do processo, como o tipo de produção, volume de pedidos e a quantidade de produtos demandada.	Karim e Zamam (2013); Quddus e Ahsan (2014); Bhasin (2012); Singh et al. (2006); Chen, Li e Shady (2010); Silva et al. (2011); Bertolini e Romagnoli (2013);

Continua

Comprometimento da alta direção	A alta direção precisa estar comprometida com o projeto de implantação, participando e disponibilizando recursos. Bertolini e Romagnoli (2013) recomendam que deve ter um patrocinador do projeto vindo da alta direção.	Karim e Zamam (2013); Gurumurthy e Kodali (2010); Turesky e Connell (2010); Bertolini e Romagnoli (2013).
Comprometimento de todos os funcionários	Os funcionários precisam estar dispostos a mudar para o novo paradigma de produção e colaborarem na execução dos projetos de melhoria. O comprometimento deve ser de longo prazo.	Narang (2004); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Das, Venkatadri e Pandey (2014); Deflorin e Scherrer-Rathje (2012); Gurumurthy e Kodali (2010); Cudney e Elrod (2010); Sahoo, Singh e Shankar (2008).
Formação de uma equipe multifuncional	A equipe para implantação deve ser composta por: especialistas e gestores de diferentes departamentos; membros da alta direção; alguns experts em <i>Lean</i> para ensinar e compartilhar conhecimentos; e operadores do chão de fábrica.	Motwani (2003); Karim e Zamam (2013); Bhasin (2012); Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010); Das, Venkatadri e Pandey (2014); Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009); Deflorin e Scherrer-Rathje (2012); Gurumurthy e Kodali (2010); Macedo et al. (2014); Kumar et al. (2006); Djassemi (2014); Muslimen, Yshof, Abidin (2011); Bertolini e Romagnoli (2013); Prasanna e Vinodh (2013); Åhlström (1998).
Mapeamento do fluxo de valor (MFV)	Esta ferramenta deve representar os desperdícios e o fluxo de informações e materiais ao longo do processo. Além disso, o processo com relação a produtividade, eficiência, tempos de agregação de valor, lead time, tamanho dos estoques, tempo de troca, taxa de defeitos. Ressalta-se que é importante além de identificar os desperdícios, é importante destacar os de maior impacto e coletar informações destes desperdícios. A coleta de dados para esta ferramenta pode ser por meio de entrevista com os funcionários e observações diretas dos processos. A execução desta ferramenta envolve a elaboração do MFV atual que expõe estas informações antes de ser implantada qualquer melhoria e a elaboração do MFV futuro no qual a equipe de implantação identifica as áreas potenciais para melhorias e as ferramentas enxutas aplicáveis a estas melhorias. O MFV futuro é uma boa orientação para os gestores durante o processo de implantação.	Motwani (2003); Mortimer (2006); Karim e Zamam (2014); Hodge et al. (2011); Narang (2004); Singh et al. (2006); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Chen e Chen (2014); Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010); Das, Venkatadri e Pandey (2014); Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009); Gurumurthy e Kodali (2011); Gurumurthy e Kodali (2010); Vinodh, Somanaathan e Arvind (2010); Chen, Li e Shady (2010); Vinodh, Gautham e Ramiya (2011); Kumar et al. (2006); Chowdary e George (2011); Cudney e Elrod (2010); Silva et al. (2011); Djassemi (2014); Zahrae et al. (2014); Bertolini e Romagnoli (2013); Metzinger e Latif (2003); Aulakh e Gill (2008); Sahoo, Singh e Shankar (2008); Votto e Fernandes (2014); Deffense e Cachadinha (2011); Prasanna e Vinodh (2013); Rahani e Ashraf (2012); Liu e Qian (2011); Marudhamuthu, Krishnaswamy e Pillaic (2011); Vedat, Akçagün e Yilmaz (2013); Singh e Sharma (2009); Chowdary e George (2011); Henderson e Larco (2000); Mostafa, Dumrak e Soltan (2013).
Programa 5s	Esta prática é sugerida por Gurumurthy e Kodali (2010) como a primordial na implantação da Manufatura Enxuta pois estes autores consideram fácil de implantar e pode aumentar a produtividade e moral. Para Motwani (2003) esta prática é a base para as outras melhorias a serem implantadas.	Motwani (2003); Qudus e Ahsan (2014); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010); Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009); Gurumurthy e Kodali (2011); Gurumurthy e Kodali (2010); Vinodh, Somanaathan e Arvind (2010); Macedo et al. (2014); Kumar et al. (2006); Chowdary e George (2011); Silva et al. (2011); Dopp e Moran (2010); Simmons et al. (2010); Deffense e Cachadinha (2011); Prasanna e Vinodh (2013); Liu e Qian (2011); Vedat, Akçagün e Yilmaz (2013); Chowdary e George (2011); Womack e Jones (2004); Henderson e Larco (2000).

Continua

Treinamentos	Recomenda-se que deve haver um treinamento inicial com todos os funcionários relacionados ao processo, explicando o projeto de melhoria que será feito na empresa, a filosofia da Manufatura Enxuta, os tipos de desperdícios e suas principais práticas. Deve haver posteriormente um treinamento adequado das práticas que serão implantadas. Este treinamento deve ser repetido ocasionalmente caso seja necessário focar em novos conceitos ou re-treinar os funcionários ao longo do tempo.	Motwani (2003) ; Quddus e Ahsan (2014); Narang (2004);Bhasin (2012); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Das, Venkatadri e Pandey (2014); Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009); Gurumurthy e Kodali (2011); Gurumurthy e Kodali (2010); Cudney e Elrod (2010); Djassemi (2014); Dopp e Moran (2010) ; Prasanna e Vinodh (2013); Turesky e Connell (2010); Henderson e Larco (2000).
Padronização/ Trabalho Padronizado	Padronizar e documentar os parâmetros ótimos dos processos.	Srinivasaraghavan e Allada (2006); Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009); Deflorin e Scherrer-Rathje (2012); Gurumurthy e Kodali (2010);Saurin, Ribeiro e Marodin (2010); Kumar et al. (2006) ; Silva et al. (2011); Simmons et al. (2010); Votto e Fernandes (2014) ; Prasanna e Vinodh (2013); Liu e Qian (2011); Kasul e Motwani (1997); Henderson e Larco (2000); Mostafa, Dumrak e Soltan (2013).
TPM	Não foi apresentado uma descrição da prática em detalhes.	Srinivasaraghavan e Allada (2006); Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009); Gurumurthy e Kodali (2010) ; Macedo et al. (2014); Kumar et al. (2006); Dopp e Moran (2010); Votto e Fernandes (2014) ; Prasanna e Vinodh (2013); Liu e Qian (2011).
Poka Yoke	Não foi apresentado uma descrição da prática em detalhes.	Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010); Gurumurthy e Kodali (2010); Vinodh, Somanaathan e Arvind (2010); Liu e Qian (2011).
Melhoria contínua	Não foi apresentado uma descrição da prática em detalhes.	Karim e Zamam (2013) Hodge et al. (2011); Gurumurthy e Kodali (2010); Djassemi (2014); Muslimen, Yshof, Abidin (2011) ; Bertolini e Romagnoli (2013); Votto e Fernandes (2014); Liu e Qian (2011); Åhlström (1998); Womack e Jones (2004); Mostafa, Dumrak e Soltan (2013).
Redução do setup (SMED).	Esta prática visa a redução do tempo de setup.Narang (2004) detalhou que esta prática deve ser implantada no início da implantação da Manufatura Enxuta.	Mortimer (2006);Narang (2004); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Gurumurthy e Kodali (2010) ; Votto e Fernandes (2014); Liu e Qian (2011) ; Kasul e Motwani (1997); Marudhamuthu, Krishnaswamy e Pillaic (2011).
Fluxo Contínuo	Não foi apresentado uma descrição da prática em detalhes.	Mortimer (2006); Bertolini e Romagnoli (2013); Votto e Fernandes (2014); Prasanna e Vinodh (2013); Kasul e Motwani (1997); Vedat, Akçagüin e Yilmaz (2013) ; Chowdary e George (2011); Henderson e Larco (2000).
Gestão Visual	Esta prática visa melhorar a comunicação visual e deve conter os principais indicadores do processo. Uma das formas citadas de gestão visual é o Andon que tem como função mostrar o estado atual das operações em uma área em um único local e avisa quando ocorre alguma anormalidade no processo.	Motwani (2003); Mortimer (2006); Hodge et al. (2011); Narang (2004); Saurin, Ribeiro e Marodin (2010); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Silva et al. (2011); Simmons et al. (2010) ; Liu e Qian (2011); Marudhamuthu, Krishnaswamy e Pillaic (2011).
Sistema de medição de desempenho	Recomenda-se que haja uma avaliação de desempenho de maneira contínua. Ainda, deve ser definido e avaliado os indicadores de desempenho baseando nas especificidades do processo, ou seja, é preciso identificar os indicadores de desempenho adequados para o processo e o sistema de medição atual.	Bhasin (2012);Karim e Zamam (2013); Gurumurthy e Kodali (2010) ; Kumar et al. (2006); Djassemi (2014); Bertolini e Romagnoli (2013); Turesky e Connell (2010); Prasanna e Vinodh (2013); Rahani e Ashraf (2012); Marudhamuthu, Krishnaswamy e Pillaic (2011); Womack e Jones (2004); Henderson e Larco (2000); Mostafa, Dumrak e Soltan (2013).

Continua

Conclusão

Programação puxada	Planejamento e controle de produção seguindo o <i>Just-in-time</i> e o controle deve ser exercido por meio de <i>Kanbans</i> .	Karim e Zamam (2013); Narang (2004); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Gurumurthy e Kodali (2011); Gurumurthy e Kodali (2010); Saurin, Ribeiro e Marodin (2010); Aulakh e Gill (2008); Votto e Fernandes (2014); Deffense e Cachadinha (2011); Åhlström (1998). Kasul e Motwani (1997); Vedat, Akçagün e Yilmaz (2013); Henderson e Larco (2000).
Identificação da causa raiz dos problemas	Envolve a definição de problema alvo. Ou seja, deve-se identificar e eliminar as causas raízes dos problemas que ocorrem na organização e os parâmetros significativos que causam os problemas devem ser identificados. Algumas práticas são utilizadas para isto, tais como: 5 porquês, <i>brainstorming</i> e diagrama de causa e efeito.	Quddus e Ahsan (2014); Hodge et al. (2011); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009); Chen, Li e Shady (2010); Vinodh, Gautham e Ramiya (2011); Kumar et al. (2006); Chowdary e George (2011); Djassemi (2014); Prasanna e Vinodh (2013); Liu e Qian (2011).
Check-list para monitoramento do processo e ações de manutenção	Foi sugerido esta prática para o monitoramento hora-hora da linha de produção e para ações de manutenção pelos próprios operadores e técnicos responsáveis visando reduzir o índice de quebras inesperadas e qualidade ruim.	Quddus e Ahsan (2014)
Operador Multifuncional	Relatou-se a necessidade dos funcionários serem multifuncionais e capazes de fazer reparos simples nas máquinas e checagem de qualidade. Isto é: todos os funcionários devem estar envolvidos e serem capazes de gerenciar e resolver problemas.	Narang (2004); Deflorin e Scherrer-Rathje (2012); Womack e Jones (2004)
Eventos kaizen/kaizen	Método para a implantação da melhoria e também está relacionado à filosofia de melhoria contínua.	Srinivasaraghavan e Allada (2006); Chen, Li e Shady (2010); Gurumurthy e Kodali (2011); Das, Venkatadri e Pandey (2014); Chen e Chen (2014); Cudney e Elrod (2010); Silva et al. (2011); Djassemi (2014); Bertolini e Romagnoli (2013); Rahani e Ashraf (2012); Vedat, Akçagün e Yilmaz (2013); Womack e Jones (2004); Henderson e Larco (2000).
Processo formal de resolução de problemas	A empresa deve ter um método em que na ocorrência de qualquer problema todos os funcionários estejam cientes dos procedimentos para encontrar uma solução.	Deflorin e Scherrer-Rathje (2012); Dopp e Moran (2010); Womack e Jones (2004).
Balanceamento de linha	Não foi apresentado uma descrição da prática em deta	Gurumurthy e Kodali (2011); Simmons et al. (2010); Liu e Qian (2011); Vedat, Akçagün e Yilmaz (2013).
Alteração no layout (Manufatura celular)	Melhorar o <i>layout</i> para permitir a implantação do fluxo contínuo. Esta melhoria de <i>layout</i> na maioria dos casos envolve a alteração para a Manufatura Celular.	Narang (2004); Gurumurthy e Kodali (2011); Gurumurthy e Kodali (2010); Macedo et al. (2014); Chowdary e George (2011); Bertolini e Romagnoli (2013); Aulakh e Gill (2008); Deffense e Cachadinha (2011); Liu e Qian (2011); Vedat, Akçagün e Yilmaz (2013); Chowdary e George (2011).

Quadro 5 - Análise dos Resultados da RBS "Implantação da Manufatura Enxuta".

Como mostrado no Quadro 5, nota-se que algumas práticas são mais frequentes que outras. O MFV, por exemplo, foi a prática mais frequente nos estudos visto que para a maioria dos autores é essencial para o processo de implantação da Manufatura Enxuta.

Do mesmo modo que o MFV foi considerado essencial, aplicável nos diversos contextos e bastante utilizado nos estudos para a implantação da Manufatura Enxuta, outras

práticas também foram consideradas essenciais: mudança cultural; entendimento do contexto organizacional; comprometimento da alta direção e de todos os funcionários; formação de uma equipe multifuncional para a implantação; treinamentos; trabalho padronizado; gestão visual; melhoria contínua; programa 5s; sistema de medição de desempenho; trabalhador multifuncional; identificação das causas raízes dos problemas; processo formal de resolução de problemas; e os eventos *kaizen*.

Contudo, foi possível observar aquelas práticas que foram utilizadas em menor escala, atribuídas como de menor importância e aquelas que foram apenas citadas sem uma descrição mais aprofundada. Uma justificativa para isto é o que apontaram Karim e Zamam (2013), Bhasin (2012) Das, Venkatadri e Pandey (2014), de que a escolha de algumas práticas mais específicas, tais como TPM, *poka yoke*, programação puxada, *layout* celular, balanceamento de linha e fluxo contínuo, vão depender da maneira como o problema é identificado, da causa raiz do problema, do processo de manufatura e do contexto organizacional. Ou seja, cada organização tem as suas características específicas, impossibilitando replicar as mesmas práticas de uma empresa para outra. Mostafa, Dumrak e Soltan (2013) recomendam que as práticas a serem utilizadas podem ser com base nos desperdícios e nos problemas identificados.

Com relação ao processo de implantação, foram encontradas algumas classes estudos. A primeira a ser aqui destacada se trata de trabalhos tais como: Gurumurthy e Kodali (2010); Quddus e Ahsan (2014); Chen e Chen (2014); Deflorin e Scherrer-Rathje (2012); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Turesky e Connell (2010); Mc Muslimen, Yshof, Abidin (2011); Karim e Zamam (2013); Mostafa, Dumrak e Soltan (2013) Djassemi (2014); e Rahani e Ashraf (2012); que propõem o processo de implantação da Manufatura Enxuta em um ciclo de melhoria contínua de avaliar, planejar, identificar, modelar, melhorar e continuar. Este ciclo envolve atividades como: entendimento da empresa e processos, treinamentos, coleta de dados, identificação dos problemas e suas causas raízes, processo formal de resolução de problemas, planos de ação e monitoramento para continuidade das melhorias implantadas.

Ainda nesta mesma classe de trabalho seguindo a lógica de melhoria contínua foram encontrados os trabalhos que estruturam este processo no método DMAIC, como Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009); Prasanna e Vinodh (2013); Silva et al. (2011); Vinodh, Gautham e Ramiya (2011); Kumar et al. (2006); e Chowdary e George (2011); que apontam as seguintes atividades:

- Definir: identificar qual é o problema

- Medir: entender como o processo é medido e fazer as medições necessárias;
- Analisar: analisar quais são as causas raízes dos problemas identificados;
- Melhorar: estudar como remover as causas raízes;
- Controlar: estudar como sustentar e manter as melhorias implantadas.

Ainda, vale destacar que nesta classe de estudos notou-se, em alguns casos, que o ciclo de melhoria contínua foi estruturado nos cinco princípios da Manufatura Enxuta propostos por Womack e Jones (2004): especificar o valor; identificar o fluxo de valor; estabelecer o fluxo contínuo; puxar a produção; e buscar a perfeição. Ressalta-se também que estes estudos sugeriram a implantação de algumas práticas tais como 5 Porquês, MFV, Programa 5s, equipe multifuncional, fluxo contínuo, TPM, mas não apresentaram ordem de priorização.

Em contrapartida, identificou-se uma classe de trabalhos que buscou descrever uma sequência específica de implantação das ferramentas da Manufatura Enxuta, tais como Åhlström (1998), Liu e Qian (2011), Hodge et al. (2011), Narang (2004), Mortimer (2006) e Simmons et al. (2010).

Hodge et al. (2011), por exemplo, estrutura uma sequência específica de ferramentas por meio de uma pirâmide priorizando a mudança cultural, seguida por gestão visual, programa 5s, melhoria contínua, trabalho padronizado e finalizando com práticas redução de setup e *Just-in-Time*. Narang (2004) mostra a dependência de uma prática para outra, como por exemplo a necessidade de se implantar a redução do setup por meio do SMED previamente ao nivelamento da produção. Na pesquisa de Simmons et al. (2010) é relatado que a primeira e mais importante etapa da implantação da Manufatura Enxuta é o programa 5s, seguido pelo balanceamento de linha. Ainda, observou-se a proposta de Mortimer (2006) que sequenciou a implantação das práticas em: MFV, SMED, balanceamento das operações, alteração no *layout*, fluxo contínuo e gestão visual.

Além de sequenciar as práticas, esta classe de trabalhos destaca que o comprometimento da alta direção, envolvimento de todos os funcionários, a mudança cultural, os princípios da Manufatura Enxuta e da melhoria contínua são fundamentais para a implantação destas de ferramentas.

Um terceiro grupo de estudos, Singh et al. (2006), Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010), Das, Venkatadri e Pandey (2014); Vinodh, Somanaathan e Arvind (2010),

Vedat, Akçagüin e Yilmaz (2013), Zahraee et al. (2014), Sahoo, Singh e Shankar (2008), Boppana e Damian (2011), Chen, Li e Shady (2010), Marudhamuthu, Krishnaswamy e Pillaic (2011); Henderson e Larco (2000); Deffense e Cachadinha (2011); Metzinger e Latif (2003), Singh e Sharma (2009) e Aulakh e Gill (2008), tratou a implantação da Manufatura Enxuta baseando no ciclo de melhoria proposto por Rother e Shook (1999) envolvendo a aplicação do MFV. Este grupo de estudos resumem a implantação como a elaboração do MFV atual refletindo os processos, problemas e desperdícios das empresas e a elaboração do MFV futuro com a situação ideal que a empresa deseja alcançar. Ainda, alguns estudos apresentaram para a situação futura a implantação de algumas práticas como 5s, *poka yoke*, redução de estoque, alteração no *layout*, entre outras.

Além destas três classes também foi possível identificar estudos, Saurin, Ribeiro e Marodin (2010), Bhasin (2012), Bertolini e Romagnoli (2013), Macedo et al. (2014) e Cudney e Elrod (2010), que realizaram levantamentos em busca de fatores de sucesso, quais as práticas mais utilizadas, requisitos básicos para a implantação, sem mencionar a sequência de etapas ou ferramentas. Os resultados destes estudos mostraram que a resistência das pessoas e a dificuldade na adaptação de conceitos e práticas são algumas dificuldades encontradas no processo de implantação.

Verificou-se também que os requisitos básicos para a implantação são o comprometimento de longo prazo, definição de metas, planejamento, envolvimento dos funcionários e treinamento adequado das práticas a serem implantadas. Ainda, foi encontrado que as práticas mais comuns na adoção da Manufatura Enxuta são o MFV; programa 5s; kaizen; equipe multidisciplinar, padronização; gestão visual; produção puxada; manufatura celular; fluxo contínuo; e TPM. Por fim, destaca-se o estudo de Womack e Jones (2004) que além dos princípios do pensamento enxuto o autor, após realizar vários estudos de caso ao redor do mundo, apresenta diretrizes organizacionais para a implantação de um sistema de manufatura enxuta.

Além das classes foi possível observar, como alegam Srinivasaraghavan e Allada (2006), que uma sequência de atividades básicas de maneira estruturada para a implantação ajuda a planejar e implantar as práticas da Manufatura Enxuta e pode diminuir os riscos pertinentes aos recursos humanos, finanças e tempo. Em concordância, Gurumurthy e Kodali (2010) também defendem a ideia que é essencial ter *framework* adequado para orientar os gestores a conduzirem este processo de implantação da Manufatura Enxuta.

Verificou-se também que alguns estudos propuseram a abordagem da Manufatura Enxuta implantada com outra abordagem como o *six sigma*, Thomas, Barton e

Chuke-Okafor (2009), Vinodh, Gautham e Ramiya (2011), Kumar et al. (2006), Chowdary e George (2011), Silva et al. (2011), e no caso do estudo de Votto e Fernandes (2014) a teoria das restrições. Estes autores alegaram que o benefício de duas abordagens aplicadas de maneira conjunta é melhor que as duas separadas, pois se complementam e podem poupar tempo ou esforços replicados.

Ainda, no que diz respeito ao processo de implantação, é relevante destacar uma informação importante extraída do estudo de Das, Venkatadri e Pandey (2014), em que ressalta-se que deve ser usado um plano de controle para sustentar as melhorias implantadas.

2.4 - Considerações finais sobre o capítulo

A Manufatura Enxuta se apresenta como uma filosofia de gestão que visa melhorar os sistemas produtivos por meio da eliminação sistemática das atividades que não agregam valor. A sua origem mostra que suas características foram uma adaptação do sistema de Produção em Massa para a realidade do mercado Japonês na época e do mercado atual, permitindo superar o *trade-off* entre produtividade e qualidade.

Esta filosofia é baseada em princípios e práticas que focam na eliminação dos desperdícios, estoques, movimentação desnecessária, superprocessamento, defeitos e transporte. Assim, contribuindo para que as organizações alcancem bons resultados em custo, qualidade, produtividade, flexibilidade e agilidade na gestão de seus sistemas produtivos. Porém, conclui-se com base no desenvolvimento desta pesquisa que para que a Manufatura Enxuta obtenha sucesso de modo permanente é necessário que as melhorias propostas sejam implantadas de modo estruturado.

Diferentes autores expõem propostas e modelos para implantar e gerenciar as melhorias da Manufatura Enxuta, como foi possível visualizar no Quadro 2 e na análise dos estudos. Estes estudos relataram casos de implantação, revisões da literatura sobre o tema e também propostas de *frameworks* para estruturar a implantação. Ainda, é importante salientar que tiveram estudos que se concentraram mais nas práticas da Manufatura Enxuta, enquanto outros, como o caso de Womack e Jones (2004), em aspectos organizacionais como mudança cultural, comprometimento da alta direção e funcionários e treinamentos.

Observou-se que na obra destes autores além de ter sido publicado os princípios do pensamento *Lean*, apresentam uma proposta visando orientar as organizações na

implantação do Manufatura Enxuta desde o início até atingirem a maturidade de um sistema enxuto.

Vale destacar também as pesquisas que estruturam o processo de implantação no método DMAIC, tais como Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Vinodh, Gautham e Ramiya (2011), Kumar et al. (2006), Chowdary e George (2011), Silva et al. (2011) e Prasanna e Vinodh (2013). Do mesmo modo, existiram trabalhos que utilizaram apenas do ciclo de melhoria proposto por Rhoter e Shook (199) estruturando no MFV atual e MFV futuro: Singh et al. (2006), Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010), Vinodh, Somanaathan e Arvind (2010), Zahraee et al. (2014), Sahoo, Singh e Shankar (2008), Deffense e Cachadinha (2011) e Singh e Sharma (2009).

A partir dos 50 estudos analisados na RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”, foi possível concluir que a implantação de algumas ferramentas vai depender do contexto organizacional, dos problemas encontrados e da característica da empresa. Assim, com base revisão bibliográfica acerca da Manufatura Enxuta e de seu processo de implantação foi possível observar que existem práticas que são aplicáveis a qualquer contexto e aquelas aplicáveis a contextos específicos. A partir destas evidências, das análises do Quadro 5 que apresentou as informações de como são utilizadas cada prática e a ocorrência de citações de cada uma, neste trabalho serão consideradas como práticas essenciais para a implantação da Manufatura Enxuta aquelas práticas que são aplicáveis a qualquer contexto organizacional e são a base para o funcionamento de um sistema enxuto. As quais são:

- Mudança cultural;
- Entendimento do contexto organizacional;
- Comprometimento da alta direção e de todos os funcionários;
- Formação de uma equipe multifuncional para a implantação;
- Treinamentos;
- Trabalho padronizado;
- Gestão visual;
- Melhoria contínua;
- Sistema de medição de desempenho;
- Identificação das causas raízes dos problemas;
- Processo formal de resolução de problemas;
- MFV;
- Programa 5s;

- Redução do *setup*;
- E os eventos *kaizen*.

Além de identificar as práticas essenciais, observou-se que uma sequência de atividades básicas de maneira estruturada para a implantação ajuda a planejar e implantar as práticas da Manufatura Enxuta (SRINIVASARAGHAVAN; ALLADA, 2006). Como citado anteriormente os 50 estudos encontrados pela RBS apresentaram várias formas de estruturar o processo de implantação e entre estas estruturas destacam-se os estudos que utilizaram o método DMAIC, o qual se trata de um método estruturado de resolução de problemas e projetos de melhoria e funciona como um ciclo de melhoria contínua. Deste modo, para compor as recomendações apresentadas no Capítulo 5, além das práticas essenciais já descritas, optou-se por estruturá-las no método DMAIC uma vez que é um método que respalda a necessidade de detalhamento e estruturação da implantação da Manufatura Enxuta e já difundido para este objetivo.

Outro ponto importante a ser aqui destacado é que entre os princípios, práticas e propostas para a implantação das melhorias da Manufatura Enxuta não existe uma proposta para a implantação desta filosofia de gestão que considere os propósitos da PmaisL. Como mostrado pelo estudo de revisão de literatura de Saurin, Ribeiro e Marodin (2010). Deste modo, ressalta-se novamente a importância de propor recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da PmaisL.

Além disso, estas recomendações serão baseadas nas evidências sobre como os propósitos da PmaisL são inseridos na Manufatura Enxuta, encontradas no estudo de caso, e nos propósitos da PmaisL, os quais serão apresentados nos próximos capítulos.

CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO MAIS LIMPA (PMAISL)

Este capítulo apresenta o referencial teórico sobre a Produção mais Limpa (PmaisL), abordando suas origens, os principais conceitos, benefícios, suas etapas, seus objetivos, e ao final, é apresentada uma revisão sistemática da literatura sobre PmaisL e Manufatura Enxuta de maneira integrada, destacando compatibilidades e divergências entre Manufatura Enxuta e a PmaisL, recomendações para melhorar o desempenho ambiental dos sistemas enxutos, como os recursos humanos interferem na integração destas áreas e, além disso, como as práticas enxutas podem ser utilizadas para atingir os objetivos da Produção mais Limpa.

3.1 - Origem e conceitos da PmaisL

A motivação para a criação da PmaisL pode estar relacionada com as origens da gestão ambiental. De acordo com Barbieri (2007), a gestão ambiental era tratada inicialmente de maneira corretiva visando atender apenas à legislação e significava custo adicional para as organizações, eram as conhecidas medidas “fim de tubo”. Posteriormente, o gerenciamento das questões ambientais evoluiu para atitudes preventivas, nas quais o objetivo era a conservação e substituição dos insumos e o uso de tecnologias limpas, a gestão ambiental começou a ser vista como uma maneira de aumentar a produtividade da empresa.

O autor ainda afirma que a gerência do meio ambiente está avançando para atitudes proativas e preventivas, minimizando ações corretivas, antecipando problemas, envolvendo todos os funcionários de maneira sistemática e periódica e ampliando as ações ambientais por toda a cadeia produtiva, buscando melhorar o desempenho econômico e ambiental da empresa. Na atualidade, a gestão ambiental passa a ser vista como um objetivo estratégico e como vantagem competitiva pelos empresários.

Neste contexto está inserida a origem da PmaisL, a qual, como exposto por Berkel (2000) foi inspirada na abordagem do programa de Prevenção da Poluição (*Pollution Prevention Pays* – 3P) da 3M criado em 1975, e buscou incluir mais do que apenas o processo de produção, como também outros aspectos relacionados ao ciclo de vida dos produtos.

Em 1991 a UNEP (*United Nations Environment Programme*) apresentou o conceito de Produção mais Limpa (PmaisL) como sendo “A aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos e produtos de modo a reduzir os riscos aos humanos e ao ambiente” (UNEP, 2004).

A PmaisL pode ser caracterizada como uma estratégia de produção que abrange questões econômicas, técnicas e ambientais relacionadas aos processos e produtos e tem o objetivo de melhorar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia por meio da otimização, não-geração ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas (BERKEL, 2000; CEBEDS, 2003; CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS - CNTL, 2003).

Fresner (1998) alega que a PmaisL é uma estratégia para evitar os impactos ambientais na fonte e que busca a melhoria contínua para aumentar o desempenho ambiental das organizações. Além disso, ressalta que o foco da gestão deve ser na prevenção em vez da correção para evitar que problemas ambientais ocorram.

Na literatura pode também ser encontrado o termo “Prevenção à Poluição”, no inglês *Pollution Prevention (P2)*, usado na região Norte Americana e considerado atualmente como sinônimo da PmaisL, no inglês *Cleaner Production*, termo usado mais comumente na Europa. Contudo, atualmente a PmaisL vai além do que a P2 propunha em sua origem, pois pondera a análise de riscos do ambiente para a segurança do trabalhador como o resultado das mudanças realizadas nos processos e tem a visão do ciclo de vida (EPA, 2001; UNEP, 2004).

EPA (2001) define a PmaisL como a redução dos desperdícios na fonte e outras práticas que reduzem ou eliminem a criação de poluentes por meio do aumento da eficiência no uso de matérias primas, energia, água ou outros recursos; ou proteção dos recursos naturais por conservação.

Cagno, Trucco e Lorenzo (2005) expõem que a PmaisL pode ser considerada a origem das abordagens modernas para a gestão pró-ativa da ecoeficiência industrial. Apesar das mudanças radicais e do aprimoramento metodológico após a sua introdução, ao longo dos últimos 30 anos, a PmaisL continua sendo uma ferramenta muito útil para melhorar o desempenho ambiental dos sistemas de produção. Os autores destacam que a característica essencial da abordagem PmaisL é a “redução na fonte”, o qual é um princípio derivado da ideia de que a geração de poluentes pode ser reduzida ou eliminada, aumentando a eficiência no uso de matérias-primas, energia, água e outros recursos.

Deste modo, o diferencial da PmaisL diz respeito à promoção de medidas proativas de redução dos impactos ambientais, frente à medidas reativas ou corretivas nos

sistemas produtivos. Ainda, a PmaisL se baseia tanto em mudanças na maneira de gerenciar quanto em mudanças tecnológicas. Uma vez que busca compreender os processos, diagnosticá-los, fazer análises e sempre averiguar as causas e os efeitos das ações (GETZNER, 2002; MEDEIROS et al., 2007).

CNTL (2003) destaca que baseando-se nas principais causas da geração de resíduos, tais como: consumo de água e energia não conferidos; falta de manutenção preventiva; processamento inadequado; falta de informações de ordem técnica; matéria prima de má qualidade; armazenagem inadequada; *design* impraticável do produto, produto composto por matérias primas perigosas; escassez de capital para investimento em mudanças tecnológicas e de processo; manuseio inadequado; não separação dos resíduos; recursos humanos não qualificados; má utilização dos parâmetros do processo e uso de tecnologias de processo obsoletas; as ações de PmaisL podem ser aplicadas por meio de modificações em vários níveis de atuação como mostra a Figura 22.

Figura 22 – Níveis de implantação da PmaisL.
Fonte: CNTL (2003).

Esta referência aponta que a PmaisL se caracteriza por priorizar ações no Nível 1, seguidas pelo Nível 2 e Nível 3, destacando que as medidas que buscam a eliminação e a minimização dos resíduos, efluentes e emissões em sua fonte geradora devem ser priorizadas. O principal objetivo é encontrar melhorias que reduzam na fonte, incluindo tanto modificações no processo de produção, quanto no produto.

Em resumo e como exposto por Zeng et al. (2010) e CEBEDS (2003) a metodologia de PmaisL tem como princípio básico a prevenção à poluição durante os processos, não no final. Uma vez que todos resíduos gerados por estes processos consumiram insumos, como energia, água e mão de obra, e foram comprados a preço de matéria-prima. Após a geração destes resíduos, além dos custos, anteriormente citados, outros são gerados como os custos de tratamento e armazenamento de resíduos, multas por não atendimento às legislações ambientais ou também por prejudicar a imagem da empresa.

Porter e Linde (1995) reforçam essa ideia, pois consideram que as atividades prejudiciais ao meio ambiente geradas pelos processos produtivos podem ser sinais de ineficiência dos processos, uma vez que podem representar recursos usados incompletamente e ineficientemente, gerando custos com atividades que não agregam valor para o cliente como, por exemplo, o tratamento e disposição final de final.

UNEP (2004) também afirma que a PmaisL é um dos métodos mais eficientes de proteção ambiental, pois pode reduzir a necessidade de tecnologias de alto custo para tratamento fim-de-tubo e ainda reduz os riscos de longo prazo associados com a disposição de resíduos no meio ambiente. Além disso, está posicionada na interface da produtividade e da preservação do meio ambiente e não se limita a processos de fabricação, ela considera os produtos no contexto de todo o seu ciclo de vida (UNEP, 2004; BERKEL, 2000). Como afirma CNTL (2003), além de relacionar as questões ambientais com resultados econômicos para a empresa ela avalia estas questões em todos os níveis da empresa, como na aquisição de matérias primas, projeto do produto e pós-venda.

Deste modo a PmaisL por meio da eliminação dos desperdícios, minimização ou eliminação de matérias-primas e outros insumos causadores de impacto ambiental, diminuição dos resíduos e emissões, minimização dos passivos ambientais, redução no consumo de água e energia, atenção com a saúde e segurança do trabalhador e da consideração do ciclo de vida do produto, pode auferir bons resultados para a organização (EPA, 2001; CNTL, 2003). Os benefícios promovidos por esta estratégia, como apresentados por EPA (2001) e CNTL (2003), são:

- *Melhor conhecimento dos processos:* pois a PmaisL visa o monitoramento constante para manutenção e desenvolvimento de um sistema eco-eficiente de produção com a geração de indicadores ambientais e de processo.
- *Aumento da produtividade:* por meio do uso mais eficiente das matérias primas visando melhorar a produtividade. Algumas pequenas melhorias nos

processos envolvem a substituição de materiais ou mudanças nos procedimentos das operações, resultando no aumento do rendimento do produto e em uma melhor qualidade.

- *Colabora para melhorar imagem da empresa:* pode ajudar uma organização ganhar uma imagem favorável com a comunidade por mostrar que eles estão dispostos a fazer mudanças para melhorar o meio ambiente e estão movendo em direção a sustentabilidade. Algumas organizações têm usado o lado de imagem “verde” para se diferenciarem no mercado, adicionando um valor intangível para o consumidor.
- *Promove redução de gastos com regulamentações:* muitas organizações têm sido capazes de mudar seu *status* de conformidade regulamentar, estão passando de grandes geradoras de resíduos perigosos para geradoras em pequena quantidade, por meio do uso de atividades de PmaisL. Desta forma, podem eliminar a necessidade de autorização, manifestando-se, monitoramento e relatórios, o que muitas vezes demanda tempo e recursos financeiros.
- *Aumenta a conservação dos recursos e a proteção ao meio ambiente:* pode ocasionar menor consumo de energia, água e materiais e menor geração de resíduos na fonte que gera menor volume de resíduos dispostos no meio ambiente.
- *Redução dos custos operacionais:* colabora para a economia a longo prazo, mas muitos projetos tem o retorno sobre o investimento em períodos curtos. Além da organização não estar sujeita as legislações, a PmaisL ainda pode resultar em economias por meio da redução de energia e água enquanto aumenta a produtividade dos materiais. Ainda, as organizações podem economizar dinheiro com os custos de disposição dos resíduos sólidos e melhorar a eficiência operacional.
- *Melhoria da segurança do operador:* redução do uso de materiais tóxicos no local de trabalho pode ser considerado um dos componentes mais importantes da PmaisL. Por reduzir o uso de substâncias tóxicas, a segurança do ambiente de trabalho pode ser melhorada e a necessidade de uso de equipamentos de proteção pode diminuir. É importante que as melhorias ambientais geradas não prejudiquem a saúde do trabalhador e a segurança.

Além destes benefícios é importante destacar, como exposto por Fresner (1998), que a PmaisL contribui para um modelo de desenvolvimento sustentável a nível de empresa. EPA (2001) salienta também que a PmaisL integrada a outros programas da organização, como Sistema de Gestão Ambiental (SGA) ou de Manufatura Enxuta, podem ajudar as organizações de pequeno porte a encontrar recursos para começar um novo programa de PmaisL e nas grandes e médias com os programas já consolidados, a PmaisL pode permitir que elas permaneçam competitivas no mercado com a implementação.

Contudo, mesmo com vários benefícios que podem ser proporcionados pela PmaisL, nota-se que existem algumas barreiras que comumente dificultam o sucesso da implementação da PmaisL, as quais, como apresentam EPA (2001), CNTL (2003) e UNEP (2004), podem ser:

- Resistência à mudança;
- Ausência de informação sobre o que significa a PmaisL;
- Existência de outras prioridades para o negócio;
- Pressão para resultados em curto prazo;
- Falta de percepção do retorno do investimento;
- Dificuldade em contabilizar os custos e benefícios ambientais;
- Disponibilidade de tempo e conhecimentos técnicos;
- Insuficiência de recursos;
- Dificuldade de acesso a tecnologias mais limpas;
- Receio de afetar a produtividade e a qualidade do produto;
- Estrutura de política ambiental mal desenvolvida, incluindo a falta de aplicação das políticas existentes.

EPA (2001) destaca que é de extrema importância reconhecer estas barreiras e direcionar medidas para superá-las, ainda ressalta que o comprometimento dos gerentes para isto é um elemento fundamental para o sucesso do programa. No tópico seguinte serão apresentadas as etapas da PmaisL.

3.2 - Etapas da PmaisL

Na literatura é possível encontrar manuais de PmaisL, tais como EPA (2001), CNTL (2003), CEBEDS (2003), UNEP (2004), ENVIRONMENT CANADA (2013), os quais tem o objetivo de orientar e descrever como deve ocorrer a implantação desta estratégia de

gestão ambiental. Baseando-se nestas referências, neste tópico são abordadas as principais atividades envolvidas em cada etapa da implantação da PmaisL.

Conforme EPA (2001) existem sete fatores que deveriam ser considerados quando se inicia um programa de PmaisL na organização: apresentar e motivar a razão para a mudança; mostrar a visão do projeto, ou seja, onde irá chegar e o que será alcançado; mostrar os resultados rapidamente; estabelecer sempre a comunicação; construir uma gestão comprometida equipe de orientação forte para PmaisL adicionar um certo nível de complexidade para o programa PmaisL, ou seja maximizar os esforços, mudando muitas coisas ao mesmo tempo; e envolver os funcionários na organização no processo de mudança, permitindo que sejam sugeridas ideias pelos colaboradores e que eles participem do processo. Além disso, expõe que para aumentar a efetividade do programa deve-se integrar o PmaisL nas práticas de negócio já existentes na organização.

De acordo com CNTL (2003) é primordial à implantação do programa uma pré-sensibilização dos empresários e gerentes por meio de uma Visita Técnica, em que deve ser expostos casos de sucesso, salientados os benefícios ambientais e econômicos, além de outros, como melhoria na imagem e adequação a legislação. Esta referência ainda aponta que nesta etapa de pré-sensibilização deve ser claramente exposto que o comprometimento da alta direção é imprescindível para o desenvolvimento da PmaisL.

EPA (2001) também alega que para que o programa funcione é necessário um suporte financeiro assim como o comprometimento da gerência, argumentando que o objetivo deve ser institucionalizar a filosofia de Prevenção à Poluição e orientar seus princípios como parte da cultura da organização. Segundo esta referência a gestão da mudança é fundamental e um elemento crítico na implementação da PmaisL, ainda considera que o “*empowering*” das equipes é essencial para o estabelecimento de novos comportamentos que são centrais nesse processo de mudança. Do mesmo modo, ENVIRONMENTAL CANADA (2013) afirma que para obter o máximo de resultados do programa é preciso ter um suporte da alta direção e de todos os funcionários com a política preventiva de gestão ambiental visando alcançar um desempenho ambiental superior.

Assim como CNTL (2003), EPA (2001) e ENVIRONMENTAL CANADA (2013), UNEP (2004) propõe o comprometimento da direção e o envolvimento dos funcionários como os primeiros passos a serem cumpridos primeira fase do ciclo denominada de “Planejamento e Organização”. Neste trabalho optou-se por descrever as etapas da PmaisL conforme a ordem proposta por UNEP (2004), apresentada na Figura 23.

Figura 23 - Etapas da PmaisL.
Fonte: UNEP (2004).

Após o comprometimento da gerência e o envolvimento dos funcionários deve ser formada uma equipe que conduzirá a implementação da PmaisL, comumente denominada de “Ecotime”. Esta equipe deve ser formada com representantes de diferentes departamentos, como setor comercial, produção, contabilidade, qualidade e meio ambiente. Essas pessoas deverão ser devidamente capacitadas, realizar reuniões frequentes e ser responsáveis por repassar a metodologia e os conceitos da PmaisL a toda a empresa (CNTL, 2003; CEBEBS, 2003; UNEP, 2004).

Ainda, nesta fase de planejamento deve-se identificar quais são as barreiras e as possíveis soluções para elas e determinar qual será o foco da implementação, ou seja, o escopo (em que planta, linha de produção ou célula será implantada) e a ênfase (quais aspectos ambientais serão abordados como água, energia, e/ou resíduos). Ao final, é traçado um planejamento que envolve o plano de trabalho, cronograma e designação de responsabilidades (CNTL, 2003; UNEP, 2004). ENVIROMENTAL CANADA (2013) complementa que nesta primeira fase deve buscar também a integração do programa com o sistema de gestão da empresa, incluindo o SGA.

Na etapa de Pré-avaliação é recomendável que o Ecotime, que se trata da equipe responsável pela implantação da PmaisL, inicie compreendendo o funcionamento da empresa

e listando o fluxo produtivo da unidade que será implantada, desde o recebimento de matérias-primas até o armazenamento ou expedição dos produtos finais (CNTL, 2003; UNEP, 2004; ENVIRONMENTAL CANADA, 2013). Para Medeiros et al. (2007) esta etapa tem o objetivo de adquirir o conhecimento do posicionamento atual da empresa em relação ao meio ambiente.

UNEP (2004) destaca que a elaboração de um diagrama com o fluxo dos processos é muito importante, deve ser listado o passo a passo de cada processo com as entradas e saídas e deve realizar observações referentes às questões ambientais envolvidas nestes processos, como os resíduos, emissões, consumo de água e energia envolvidos, bem como analisar as boas práticas já realizadas na empresa.

Conforme EPA (2001) compreender as conexões entre as etapas dos processos ajudam a identificar as causas para o uso dos recursos e a geração de resíduos. Esta referência recomenda realizar um Mapeamento do Processo, colocando todas as informações, como os procedimentos operacionais, requisitos de manutenção, boas práticas de gestão e regulamentos. Ainda alega que o mapa ajuda uma organização a manter o controle de utilização de recursos e perda por cada etapa de trabalho em um processo principal, ou no apoio aos processos auxiliares e intermitentes.

Para CEBEDS (2003) antes de ser elaborado um fluxograma do processo o Ecotime deve caminhar pela área externa e interna da empresa para observar todos os resíduos sólidos, emissões atmosféricas e efluentes líquidos que são gerados. UNEP (2004) também recomenda a realização desta etapa e sugere que este passo deve cobrir todas as atividades de apoio, como caldeiras, geradores de energia, tanques de armazenamento de combustível, etc. Esta referência entende que esta observar os processos de perto permite a melhor compreensão do fluxo de materiais e energia e auxilia na geração de ideias para ganhos ambientais e de eficiência.

Depois de realizadas as observações dos processos e elaborado o fluxograma de entradas e saídas, UNEP (2004) recomenda a preparação de um mapa ambiental, o qual se refere a inclusão e a identificação de aspectos ambientais, como consumo de água, uso de energia, geração de resíduos sólidos, entre outros, no fluxograma e no layout dos processos. Ao final da fase de Pré-Avaliação deve ser feito um balanço preliminar de massa e energia em que são aprimoradas as informações obtidas no fluxograma e atribui-se para cada entrada uma saída relacionada.

Segundo Medeiros et al. (2007) a etapa de Avaliação busca coletar dados concretos atualizados, analisa-los e determinar quais são as opções de Produção mais Limpa devem ser implantadas. Esta etapa é iniciada a coletas de dados quantitativos buscando

mensurar precisamente todas as entradas e saídas do processo, detalhando e aprimorando aprimoramento do balanço de massa preliminar de energia e materiais, este balanço busca identificar as causas da geração de resíduos e da ineficiência produtiva (CNTL, 2003; UNEP, 2004).

CEBEDS (2003) sugere que sejam consultadas notas de compras de matérias-primas, de material de escritório, de produtos químicos, ou seja, de todas as entradas do processo, além disso, será necessário o uso de equipamentos que realizem medições no consumo de água, energia, emissões, resíduos sólidos, entre outros, tudo isso para a obtenção dos dados necessários para a elaboração do balanço de massa e energia.

Esta mesma referência e UNEP (2004) apontam que devem ser calculados os custos dos materiais perdidos e dos fluxos de resíduos que foram identificados no balanço de massa e energia. Isto pode ser uma informação importante para convencer a gestão de uma empresa, do valor da PmaisL e garantir seu compromisso para os próximos passos.

Posteriormente a estes passos, deve-se buscar a causa-raiz dos problemas identificados, pois o balanço de massa e energia ajudará a fornecer pistas ao Ecotime das causas da geração de desperdícios e baixa produtividade (CNTL, 2003; UNEP, 2004). UNEP (2004) sugere a ferramenta “espinha de peixe” para a identificação das causas raízes dos problemas identificados.

Identificadas as causas dos problemas devem ser geradas as opções de Produção mais Limpa para solucionar os problemas encontrados por meio de um *brainstorming* com todos os envolvidos, como operários, supervisores, gerentes e o Ecotime. A PmaisL oferece várias opções a serem implementadas, como por exemplo: melhorias nas práticas e métodos de trabalho; adequação da manutenção dos equipamentos; limpeza e organização do ambiente de trabalho; conscientização e treinamento dos funcionários para uma boa gestão dos materiais e energia; melhorias na comunicação entre os departamentos; substituição de materiais com impacto ambiental; busca pela reciclagem; modificações no processo para minimizar os resíduos e emissões; e desenvolvimento de novos produtos considerando todo o ciclo de vida do produto (FRESNER, 1998, UNEP, 2004; ENVIROMENTAL CANADA, 2013).

As opções geradas devem ser selecionadas e priorizadas, segundo CNTL (2003) e UNEP (2004) devem ser priorizadas as medidas que objetivem eliminar ou minimizar os resíduos, efluentes e emissões no processo produtivo onde são gerados. Recomenda-se que a principal meta é encontrar alternativas que evitem a geração de resíduos na fonte, as quais podem estar relacionadas tanto com modificações no processo de produção quanto no próprio produto.

Depois de selecionadas as opções, deve ser conduzida a Análise de Viabilidade. Esta etapa se inicia com a realização, pela equipe de PmaisL, de uma triagem rápida e preliminar das opções de PmaisL com o objetivo de decidir sobre as prioridades de implementação, uma vez que podem existir opções simples e que podem ser implementadas de imediato. Entretanto, haverá opções que são tecnicamente e/ou economicamente mais complexas, carecendo de uma análise mais detalhada. Assim, são realizadas análises técnicas que buscam avaliar as opções como, por exemplo, em: consumo de energia, qualidade, recursos humanos necessários, os riscos oferecidos, facilidade na implementação e o tempo necessário (CEBEDS, 2003; CNTL, 2003; UNEP, 2004).

Do mesmo modo, é feita a análise de viabilidade ambiental em que se analisa a opção com base no ciclo de vida do produto ou serviço. E, por fim, é realizada a viabilidade econômica, na qual são estimados a economia de custos com compras de materiais, os custos evitados com a disposição e tratamento de resíduos, bem como a redução de custo no fluxo de produtivo e o tempo de retorno do investimento para a implementação das opções. Após a realização destas análises são selecionadas as alternativas viáveis para a implantação (CEBEDS, 2003; CNTL, 2003; UNEP, 2004).

A quinta etapa é a de Implementação e continuidade, na qual deve, primeiramente, estabelecer prioridades entre as alternativas viáveis selecionadas para a implementação. O passo seguinte é a elaboração de um plano de implementação que consiste na solicitação dos recursos necessários, como humanos, financeiros e equipamentos, e também na organização dos projetos, planejando o tempo e a ordem das atividades. Recomenda-se, segundo CEBEDS (2003) e UNEP (2004) para a implementação devem ser priorizadas as opções de baixo custo, as fáceis de implementar ou que sejam pré-requisitos para a implementação de outras alternativas.

Contudo, alguns casos as prioridades são definidas de acordo com a estratégia da empresa. Ao final, ressalta-se que para a aplicação e continuidade da PmaisL nas organizações são necessárias mudanças no gerenciamento e a integração do conceito de PmaisL em todo o sistema de gestão da empresa (UNEP, 2004). Medeiros et al. (2007) complementa que para que a implementação de uma opção de PmaisL seja bem sucedida é necessário que os funcionários envolvidos no processo estejam treinados adequadamente e informados dos detalhes do projeto e do seu objetivo.

Além disso, o monitoramento do desempenho obtido com a implantação da PmaisL é muito importante, pois desta maneira a PmaisL permite que a empresa avalie melhor os seus processos produtivos e pode monitorar e alcançar processos com melhor

desempenho ambiental e econômico (CNTL, 2003; UNEP, 2004). Para monitorar o desempenho devem ser definidos os indicadores que deverão ser usados e identificado o parâmetro que será acompanhado, relacionando-o com a produção da Empresa, como por exemplo consumo de água (m^3/kg), consumo de energia (kw/kg) ou matéria prima (quantidade utilizada/kg) por kg produzido (CEBEDS, 2003; MEDEIROS et al., 2007). Em resumo, o objetivo deve ser a melhoria contínua.

CNTL (2003) expõe que ao implementar a PmaisL a empresa passa a adquirir um melhor conhecimento de seus processos por meio de um controle constante visando a continuidade de um sistema ecoeficiente de produção que proporcione bons indicadores ambientais e de processo. Na sequência são apresentados como a PmaisL está sendo abordada junto com a Manufatura Enxuta.

3.3 - A PmaisL e a Manufatura Enxuta

Esta seção se refere à revisão de literatura sobre o modo que a Manufatura Enxuta e a PmaisL estão sendo abordadas de maneira integrada, realizada por meio de uma RBS em conjunto com o grupo de pesquisa. Vale ressaltar que na discussão, além dos propósitos específicos ou diretos da PmaisL, foram encontrados temas que são tratados como “práticas ambientais”. No entanto estão relacionados visto que os conceitos e objetivos estão alinhados, deste modo, correspondendo aos objetivos e análises da pesquisa. No Quadro 6 pode ser visualizado o resumo dos dados encontrados com a RBS “Manufatura Enxuta e PmaisL”.

Palavras-chave	<p><i>Grupo 1 – Manufatura Enxuta: Lean Manufacturing: lean manufactur* (manufacture, manufacturing); lean thinking; lean production; lean system* (system, systems); toyota production system* (system, systems).</i></p> <p><i>Grupo 2 - Produção mais Limpa: Cleaner Production: clean* (clean/ cleaner) production; pollution prevention; resource efficient/ efficiency (production, manufacturing, methods);(sustainab* (sustainable, sustainability); green; environmental; environmentally.</i></p>
Base de dados	SCOPUS, Engineering Village, ProQuest, ISI Web of Knowledge
Objetivo	Identificar como a Manufatura Enxuta e a PmaisL estão sendo abordadas de maneira integrada, ou seja identificar suas principais compatibilidades, divergências, aplicação de ferramentas da Manufatura Enxuta na PmaisL e possíveis recomendações para melhorar o desempenho ambiental dos sistemas enxutos.
Estudos encontrados	Número de artigos encontrados: 918
	Número de artigos pertinentes analisados: 14
	Referências cruzadas: 19

Quadro 6 - Resumo dos dados da RBS "Manufatura Enxuta e PmaisL".

Este quadro somente resume os principais dados desta RBS. Os artigos foram selecionados por meio de filtros, em que para cada um foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão. Assim, dos 918 estudos encontrados a partir das palavras-chaves foram selecionados 14 além de 19 referências cruzadas, totalizando 33 estudos. No protocolo de pesquisa apresentado no APÊNDICE B é descrito em detalhes como foi conduzida esta RBS. Deste modo, o objetivo deste tópico é relatar as evidências encontradas nos 33 estudos analisados pelos pesquisadores e que serão base para a construção das recomendações, objetivo principal desta pesquisa. No Quadro 7 podem ser visualizados todos estes estudos, suas respectivas referências, ramo que o estudo foi desenvolvido e o que foi abordado, de forma geral, em cada pesquisa.

Referência/ Ano	Setor	Método de Pesquisa	Abordagem
EPA (2011a)	Várias empresas de manufatura	Estudos de Casos	Medição do desempenho ambiental por meio da implantação da Manufatura Enxuta e relação do desempenho ambiental com a Manufatura Enxuta.
Jabbour et al. (2012)	Automobilístico	Survey	Relação do desempenho ambiental com a Manufatura Enxuta.
Yang, Hong e Modi (2011)	Várias empresas de manufatura	Survey	Relação do desempenho ambiental com a Manufatura Enxuta.
King e Lenox (2001)	Várias empresas de manufatura	Survey	Relação do desempenho ambiental com a Manufatura Enxuta.

Continua

Rothenberg, Pil e Maxwell (2001)	Automobilístico	Survey e Estudo de Caso	Relação do desempenho ambiental com a Manufatura Enxuta.
Klassen (2000)	Moveleiro	Estudo de Caso	Relação entre <i>Just-in-time</i> e iniciativas de PmaisL.
Florida (1996)	Várias empresas de manufatura	Survey	Relação entre as práticas avançadas de produção e abordagens inovadoras para a fabricação ambientalmente consciente.
Bergmiller e McCright (2009,a)	Várias empresas de manufatura	Survey	Relação do desempenho ambiental com a Manufatura Enxuta.
Bergmiller e McCright (2009,b)	Várias empresas de manufatura	Survey	Relação do desempenho ambiental com a Manufatura Enxuta.
Washington State Department of Ecology	Moveleiro	Estudo de Caso	Medição do desempenho ambiental obtido por meio da implantação da Manufatura Enxuta e recomendações para a inclusão das questões ambientais na implantação da Manufatura Enxuta.
EPA	Aeroespacial	Estudo de Caso	Medição do desempenho ambiental obtido por meio da implantação da Manufatura Enxuta e os conflitos.
Vais et al. (2006)	Química	Estudo de Caso	Medição do desempenho ambiental obtido por meio da implantação da Manufatura Enxuta
Miller, Pawloski e Standridge (2010)	Moveleiro	Estudo de Caso	Medição do desempenho ambiental obtido por meio da implantação da Manufatura Enxuta
Bae e Kim (2009)	Construção civil	Estudo de Caso	Medição do desempenho ambiental obtido por meio da implantação do <i>Just in time</i>
Maxwell et al. (1998)	Automobilístico	Estudo de Caso	Descrição da integração da Manufatura Enxuta com a gestão ambiental
Nahmens (2009)	Construção civil	Estudo de Caso	Medição do desempenho ambiental obtido por meio da Manufatura Enxuta
Aguado, Alvarez e Domingo (2013)	Metal Mecânica	Estudo de Caso	Proposta e demonstração de melhorias ambientais obtidas por sistemas de Manufatura Enxuta.
Larson e Greenwood (2004)	Aeroespacial	Estudo de Caso	Relação entre a Manufatura Enxuta e iniciativas de melhoria ambiental e proposta para compatibilização.
Sobral, Jabbour e Jabbour (2013)	Automobilístico	Estudo de Caso	Descrição dos benefícios ambientais obtidos por meio da Manufatura Enxuta.
EPA (2011b)	Distribuidora de energia	Estudo de Caso	Relatório descrevendo a aplicação do lean six sigma e mostra que fez uma adaptação no DMAIC para que todos os projetos passassem a considerar o meio ambiente.
Matthews e Hendrickson (2003)	Aeroespacial	Estudo de Caso	Analisa o trade-off entre transportar ou armazenar e as implicações econômicas e ambientais disso.

Continua

Conclusão

Rothenberg (2003)	Automobilístico	Estudo de Caso	O papel dos Recursos humanos para a integração das melhorias ambientais na Manufatura Enxuta.
EPA (2010)	Não se aplica (trabalho teórico)	Teórico	Desempenho ambiental obtido por meio da implantação da Manufatura Enxuta e divergências.
EPA (2007b)	Não se aplica (trabalho teórico)	Teórico	Diretrizes de como trabalhar com a Manufatura Enxuta e o Six Sigma para gerar melhor desempenho ambiental.
EPA (2007a)	Não se aplica (trabalho teórico)	Teórico	Guia para utilização de práticas da Manufatura Enxuta para a melhoria dos resultados <i>Lean</i> e ambientais.
Torielli et al. (2010)	Metal Mecânica	Teórico	Fazer uma revisão da literatura e descrever como o lean e green fornecem um framework relevante para fundições economicamente e ambientalmente sustentáveis.
Dües, Tan e Lim (2013)	Não se aplica (trabalho teórico)	Teórico	Relação entre a Manufatura Enxuta e iniciativas de melhoria ambiental e proposta para compatibilização.
Bergmiller e McCright (2009,c)	Várias empresas de manufatura	Teórico	Avaliação das semelhanças entre a Manufatura Enxuta e iniciativas de melhorias ambientais.
Dakov e Novkov (2007)	Não se aplica (trabalho teórico)	Teórico	Avaliação do efeito da Manufatura Enxuta nos indicadores de sustentabilidade.
Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011)	Não se aplica (trabalho teórico)	Teórico	Descrição da utilização de práticas da Manufatura Enxuta para melhorias ambientais.
Fliedner (2008)	Não se aplica (trabalho teórico)	Teórico	Proposta de incluir a sustentabilidade como um novo princípio da Manufatura Enxuta.
EPA (2003)	Não se aplica (trabalho teórico)	Teórico	Relação da Manufatura Enxuta com iniciativas de melhorias ambientais e recomendações para a inclusão das questões ambientais na implantação da Manufatura Enxuta.
Soltero e Waldrip (2002)	Várias empresas de manufatura	Teórico	O artigo descreve as origens dos Conceitos Kaizen e delineam a gestão e estilos de

Quadro 7 - Referências da RBS “Manufatura Enxuta e PmaisL”.

Nestes estudos são expostas as compatibilidades e divergências entre Manufatura Enxuta e a PmaisL, recomendações para melhorar o desempenho ambiental dos sistemas enxutos, como os recursos humanos interferem na integração destas áreas e, além

disso, como as práticas enxutas podem ser utilizadas para atingir os objetivos da Produção mais Limpa.

3.3.1 - Compatibilidades entre a PmaisL e a Manufatura Enxuta

Alguns estudos encontrados alegam que a Manufatura Enxuta é compatível com a preservação ambiental, destacam que as empresas que adotam medidas *Lean* além de alcançarem melhores indicadores em custos, produtividade, qualidade, atingem melhores indicadores ambientais, como uso eficiente dos recursos, redução de resíduos, redução no consumo de materiais, energia e água, diminuição na taxa de emissões e pode melhorar as condições de trabalho do operador. Isto é atribuído à filosofia *Lean* de manter a casa em ordem, visar a melhoria contínua, ter um alto nível de envolvimento dos funcionários, ter uma abordagem disciplinada para resolução de problemas e, principalmente, pelo fato de buscar a eliminação sistemática dos desperdícios (FLORIDA, 1996; MAXWELL et al., 1998; EPA, 2000; KING; LENOX, 2001; ROTHENBERG; PIL; MAXWELL, 2001; LARSON; GREENWOD, 2004; EPA, 2007a; EPA 2007b; FLIEDNER, 2008; BAE; KIM, 2009; BERGMILLER; MCCRIGHT, 2009a; BERGMILLER; MCCRIGHT, 2009b; BERGMILLER; MCCRIGHT, 2009c; NAHMENS, 2009; MILLER; PAWLOSKI; STANDRIDGE, 2010; EPA, 2010; TORIELLI et al., 2010; PARVEEN; KUMAR; RAO, 2011; EPA, 2011; VINODH; ARVIND; SOMANAATHAN, 2011; YANG; HONG; MODI, 2011, AGUADO; ALVAREZ; DOMINGO, 2013; JABBOUR et al., 2012; SOBRAL; JABBOUR; JABBOUR, 2013; DÜES; TAN ; LIM, 2013).

King e Lenox (2001) complementam que a redução da poluição no processo ao invés de no fim de tudo segue a lógica de verificar a qualidade durante o processo e não no final da linha de produção. Os autores defendem a hipótese que quanto mais comprometida a empresa estiver com a Manufatura Enxuta menos resíduos serão gerados na fonte e menor será a necessidade de tratamentos no final da linha de produção. Ainda, Dües, Tan e Lim (2013) complementam que os desperdícios ambientais podem ser vistos como uma extensão dos desperdícios da Manufatura Enxuta e reduzidos de maneira conjunta às iniciativas *Lean*. EPA (2007a) associa alguns desperdícios da Manufatura Enxuta considerados por Shingo (1996), Hines e Taylor (2000), Womack e Jones (2004) e Liker (2005) com possíveis impactos ambientais, como apresentado no Quadro 8.

Desperdícios da Manufatura Enxuta	Possíveis Impactos Ambientais
Superprodução	-Uso de energia e matéria prima desnecessariamente; -Produção extra pode gerar produto obsoleto sendo necessário o descarte; -Uso extra de materiais perigosos resultando em emissões, disposição dos resíduos no meio, exposição do trabalhador, entre outros.
Estoque	-Necessidade de mais embalagens para o estoque em processo; -Descarte devido a deterioração ou danos causados no estoque; -Aumento no consumo de energia para armazenar os produtos (calor, refrigeração, iluminação).
Movimentação e transporte desnecessário	-Mais energia para transportar; -Emissões do transporte; -Danos e vazamento durante o transporte.
Defeitos	-Materiais e energia desperdiçados; -Produtos defeituosos necessitam de reciclagem ou descarte.
Processamento inadequado	-Maior consumo de materiais por unidade de produção; -Aumento no consumo de energia, aumento nas emissões e quantidade de resíduos;
Espera	-Desperdício de energia a partir de aquecimento, refrigeração e iluminação durante o tempo ocioso de produção.

Quadro 8 - Desperdícios da Manufatura Enxuta e possíveis impactos ambientais.
Fonte: EPA (2007a).

Esta referência também apresenta a definição de “Desperdício Ambiental” como sendo o uso desnecessário ou em excesso dos recursos ou uma substância lançada no ar, água ou na terra que poderia causar dano ao ser humano ao meio ambiente, os quais devem ser identificados e eliminados uma vez que não agregam valor para o cliente final e afetar diretamente o fluxo de produção, tempo, qualidade e custo.

As pesquisas de King e Lenox (2001), Larson e Greenwood (2004), EPA (2007a) e Bergmiller e McCright (2009,b) mostram que as empresas que adotam a Manufatura Enxuta como filosofia de gestão podem reduzir barreiras para implementar medidas de redução da poluição e podem fornecer informação sobre o valor da redução da poluição, tornando as medidas que buscam a sustentabilidade ambiental mais eficazes. Entre os casos de sucesso apresentados por EPA (2011a) destaca grandes empresas que além dos benefícios anteriormente citados, a Manufatura Enxuta colaborou para dar suporte e garantir a efetividade dos programas de PmaisL.

Do mesmo modo que o *Lean Manufacturing* facilita a implementação de práticas de PmaisL, segundo Florida (1996) e Dües, Tan e Lim (2013) os esforços conjuntos para promover melhorias ambientais no fluxo produtivo podem melhorar a produtividade, eliminar defeitos e reduzir os custos, ao invés de direcionar esforços isolados para a transferência de tecnologia, prevenção da poluição ou estratégias organizacionais idealizadas expressamente

para eliminar substâncias tóxicas ou evitar a poluição, ou seja ambas se influenciam de maneira positiva.

3.3.2 - Divergências entre a PmaisL e a Manufatura Enxuta

Apesar das várias compatibilidades entre a Manufatura Enxuta e a PmaisL é possível encontrar relatos de possíveis pontos divergentes. EPA (2000) apresenta relato de casos que mostram a incapacidade de aplicar estratégias enxutas para os processos mais ambientalmente sensíveis.

Outra limitação do Lean Manufacturing para a sustentabilidade ambiental está no fato de que o risco ambiental de um processo, método de trabalho ou material somente é analisado quando representa custo. Além disso, a Manufatura Enxuta se limita a dar atenção somente na manufatura, ou seja, não possui a perspectiva de ciclo de vida do produto e de sustentabilidade ambiental (LARSON; GREENWOD, 2004; DAKOV; NOV KOV, 2007; DÜES; TAN ; LIM, 2013).

Ainda, os resultados dos estudos de Rothenberg, Pil e Maxwell (2001) apontaram que nem todas as práticas para redução de desperdícios são positivamente relacionadas com o desempenho ambiental ou a redução da poluição, sugerindo que as plantas que adotam as práticas da Manufatura Enxuta atingem maiores níveis de emissões de compostos orgânicos voláteis (VOC) do que plantas que não tem práticas de Lean implantadas com relação ao processo de pintura.

EPA (2010) complementa que as práticas da Manufatura Enxuta não incorporam as considerações ambientais de maneira explícita deixando as oportunidades de melhorias ambientais de lado. Esta obra expõe que existem pontos que as práticas enxutas não enxergam com relação ao risco ambiental e aos impactos no ciclo de vida. Na Figura 24 EPA (2010) representa a baixa atenção do Lean com os riscos ambientais.

Figura 24 - “Pontos cegos” do Lean: Riscos e impactos ambientais.
Fonte: EPA (2010).

A Figura 24 mostra destacado na cor cinza os pontos em que a Manufatura Enxuta não se atenta. Nota-se que o grau de risco ambiental dos produtos e processos, os impactos ambientais e os custos relacionados à extração de matérias primas e aos resíduos gerados durante a produção não são ponderados pela Manufatura Enxuta (EPA, 2010).

3.3.3 - Recomendações para melhorar o desempenho ambiental dos sistemas enxutos

Segundo Flidner (2008), é pouco comum nas empresas que adotam a Manufatura Enxuta medir os ganhos ambientais derivados de iniciativas de melhorias desta filosofia de gestão. Desta forma, autores como Maxwell et al. (1988), King e Lenox (2001), Flidner (2008), Yang, Hong e Modi (2011) e Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011), sugerem que a Manufatura Enxuta deveria considerar os impactos ambientais e quantificar o desempenho ambiental nas iniciativas de melhoria, mensurando as economias e as potenciais receitas com relação ao desempenho ambiental alcançado pelas práticas enxutas.

Ainda, Torielli et al. (2010) alegam que ao considerar a sustentabilidade ambiental dentro de um sistema enxuto pode ser melhorada a capacidade da empresa em realizar a melhoria contínua buscando simultaneamente redução de custo e de impacto ambiental. King e Lenox (2001) salientam que, para tornar a Manufatura Enxuta compatível com os propósitos da PmaisL, as práticas de preservação ambiental devem ser incluídas em sua gestão. EPA (2011) recomenda que devem ser acrescentadas nos projetos de melhoria verificações dos problemas ambientais e suas causas raízes

Klassen (2000) também defende que as responsabilidades e os incentivos dos gestores da produção e dos gestores ambientais devem ser ampliados para incluir aspectos de desempenho fora do seu foco tradicional. O autor alega que ao implantar o sistema *Just-in-time*, os gerentes de produção deveriam tentar capturar elementos de prevenção à poluição e que a implantação conjunta da Manufatura Enxuta com a PmaisL é um importante passo para tornar as práticas de manufatura mais ambientalmente sustentáveis.

Washington State Department of Ecology (2007) apresenta algumas ações para se considerar a variável ambiental na implantação da Manufatura Enxuta, tais como:

- Selecionar projetos de melhoria considerando também o potencial de redução dos desperdícios ambientais;
- Adicionar no treinamento questões relacionadas à sustentabilidade ambiental;
- Priorizar e sequenciar os projetos a serem implantadas baseado na redução dos impactos ambientais e dos custos;
- Identificar as principais fontes dos desperdícios ambientais no MFV atual e futuro;
- Envolver os funcionários de meio ambiente na equipe do projeto de melhoria.

Ainda, é possível destacar as recomendações proposta por EPA (2003). Segundo esta referência os especialistas em Manufatura Enxuta devem identificar e direcionar as variáveis ambientais que ainda não são consideradas. Além disso, propõe-se desenvolver um programa piloto para encorajar as empresas que estão implantando a Manufatura Enxuta a atingirem mais redução de desperdícios e prevenção da poluição por meio da inclusão das questões ambientais em iniciativas enxutas.

3.3.4 - Recursos Humanos

No que diz respeito aos Recursos Humanos, a literatura aponta que eles são essenciais para compatibilizar a Manufatura Enxuta e a PmaisL. Rothenberg, Pil e Maxwell (2001), Rothenberg (2003) e Sobral, Jabbour e Jabbour (2013) expõem que o envolvimento dos funcionários em todos os níveis da organização tem sido identificado como um direcionador de melhoras de eficiência ambiental. Os autores alegam que as práticas de Recursos Humanos em plantas *Lean* colaboram para aumentar o nível dos treinamentos ambientais e aprimorar as habilidades necessárias para a identificação e implantação das oportunidades de redução de

desperdícios. Ainda, ressaltam que a cultura organizacional é um importante aspecto para a efetiva integração dos objetivos ambientais, de saúde e segurança nas iniciativas enxutas.

EPA (2007) complementa que é essencial que funcionários de meio ambiente, saúde e segurança participem no planejamento para conduzir os processos de melhoria da Manufatura Enxuta em processos críticos como pintura, que envolvam produtos tóxicos, acabamento de metais, solda, entre outros.

Maxwell et al. (1998) mostram que a maneira como a Manufatura Enxuta treina e lida com os funcionários torna-se favorável para a resolução de problemas, uma vez que objetiva a resolução do problema na causa, a padronização e informação dos processos, treinando continuamente seus Recursos Humanos e tratando-os como parte fundamental deste sistema.

Rothenberg (2003) complementa que as melhorias ambientais necessitam da combinação de mais de mais um tipo de conhecimento. Destacando também que os trabalhadores de chão de fábricas são mais importantes para a prevenção da poluição que os esforços de Pesquisa e Desenvolvimento, fornecedores, clientes e consultores.

3.3.5 - Práticas da Manufatura Enxuta para a melhoria do desempenho ambiental

As pesquisas encontradas que tratam das compatibilidades da Manufatura Enxuta e da PmaisL também abordam como as práticas e técnicas enxutas podem colaborar para alcançar o desempenho ambiental. As práticas MFV, 5s, Kaizen, Gestão Visual, TPM, TPM e JIT/Kanban foram as mais ocorrentes.

O Mapa do Fluxo de Valor (MFV), como apresentado por EPA (2007a), Fliedner (2008), Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011), Torielli et al. (2011), Parveen, Kumar e Rao (2011) e Aguado, Alvarez e Domingo (2013), deve ser ampliado para incluir os aspectos ambientais. Este MFV ampliado tem o objetivo de identificar e quantificar as melhorias tanto em tempo e qualidade como também em sustentabilidade ambiental, como redução no consumo de energia, materiais, água e taxa de emissão. Estas referências expõem que a inclusão dos desperdícios ambientais no MFV deve incluir a seleção adequada das métricas de desempenho e que desta forma pode auxiliar na redução destes desperdícios e comunicar aos *stakeholders* sobre as atividades da empresa, os fluxos de materiais, energia e resíduos no sistema. Na Figura 25 pode ser visualizado um exemplo MFV considerando os aspectos ambientais.

Figura 25 - MFV atual com dados ambientais.

Fonte: Traduzido de EPA (2007a).

O MFV com aspectos ambientais mantém as métricas tradicionais como *lead time*, *takt time*, tempo de ciclo, fluxo de materiais e informações e acrescenta métricas relacionadas ao meio ambiente. Neste MFV, apresentado na Figura 25 foi considerando o aspecto ambiental “resíduo perigoso”, que é representado pela quantidade em “libras” que cada processo gera de resíduo perigoso e está destacado na cor verde na caixa de informações dos processos (EPA,2007).

EPA (2007) recomenda também que para a compreensão da situação atual do fluxo de valor devem ser identificadas as matérias primas usadas nos processos versus a quantidade realmente necessária para o produto. Ainda, Torielli et al. (2011) complementam que o MFV poderia ser usado para analisar o ciclo de vida do produto, mostrando o caminho da extração das matérias primas até a disposição final, colaborando para identificar e quantificar os impactos ambientais em cada etapa. Por fim, como destacado por Parveen, Kumar e Rao (2011), esta ferramenta é vital para integração da variável ambiental na Manufatura Enxuta.

No que diz respeito ao Programa “5S”, Vais et al. (2006) consideram que esta prática pode ajudar a garantir que os funcionários cumpram os procedimentos padrões e

mantenham o local de trabalho limpo e organizado, colaborando para evitar a disposição de maneira inapropriada dos materiais a serem descartados.

EPA (2007), Fliedner (2008) e Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011) também apontam esta prática como favorável à melhoria do desempenho ambiental e para a redução dos desperdícios. Estes autores ainda sugerem que sejam acrescentados o sexto “s” de “*safety*”, no português “segurança” visando observar não somente a quantidade, utilidade e frequência que um item é usado na área de trabalho, mas também o risco ou toxicidade do item. Ambos sugerem um *check-list* de auditoria e inspeção para a eliminação de desperdício e risco ambiental. Os autores Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011) adicionam também outro “s” de “*sustainability*”, no português “sustentabilidade”, para a manutenção adequada dos procedimentos corretos e visando atentar aos padrões para a conservação da organização do local de trabalho.

O *Kaizen* também é apontado na literatura como favorável para a implantação de melhorias ambientais em ambientes Enxutos. Maxwell et al. (1998), Rothenberg, Pil e Maxwell (2001), Soltero e Waldrip (2002), Vais et al. (2006), Fliedner (2008) e Miller, Pawloski e Standridge (2010) apontam que a característica do *Kaizen* de promover *workshops* e treinamento objetivando a mudança de atitudes causa motivação para a eliminação dos desperdícios e melhoria contínua.

Outra prática abordada nos estudos encontrados na RBS foi o TPM (*Total Productive Maintenance*). Conforme Vais et al. (2006), Fliedner (2008) e Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011) o TPM colabora para aumentar a vida útil dos equipamentos, diminuir vazamentos de óleos das máquinas, evitar falhas no processo e assim, gerar menos produtos defeituosos e retrabalho.

Com relação à Manufatura Celular ou melhorias no arranjo físico, podem proporcionar redução no tempo de *setup*, reduzindo energia e recursos necessários e, por melhorar a comunicação, os defeitos são detectados mais cedo ocasionando redução de descartes ou retrabalho (FLIEDNER, 2008; VINODH; ARVIND; SOMANAATHAN, 2011).

O modo como a Manufatura Enxuta controla a Produção também pode influenciar positivamente o desempenho ambiental. De acordo com Sobral, Jabbour e Jabbour (2013) o controle de produção *Just-in-time* seguindo o princípio da “Produção Puxada” colabora para evitar a produção excessiva e o desperdício, pois é produzido somente o necessário, nas quantidades necessárias e quando o cliente deseja. Assim, como exposto por Matthews e Hendrickson (2003), Fliedner (2008), Parveen, Kumar e Rao (2011), Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011) e Aguado, Alvarez e Domingo (2013) torna-se necessário

menos espaço, reduz o consumo de energia e reduz a quantidade de produtos danificados em estoque, diminuindo o descarte.

Conforme o estudo de Sobral, Jabbour e Jabbour (2013) a gestão visual é outra prática que contribui para as práticas de sustentabilidade ambiental, uma vez que segundo Maxwell et al. (1998) e Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011) esta prática é a base para que os funcionários identifiquem e resolvam os problemas ambientais no local de trabalho é essencial que as informações sejam claras e estejam disponíveis.

Embora existam vários benefícios ambientais auferidos pelas práticas da Manufatura Enxuta, Dües, Tan e Lim (2013) destacam que existem casos em que elas se tornam prejudiciais ao desempenho ambiental. Os autores exemplificam que o controle *Just-in-Time* para entregar na quantidade certa pode consolidar pequenos lotes para transporte implicando no aumento no número de entregas que gera mais emissões e consumo de combustíveis e desgaste do automóvel. Outro exemplo está relacionado aos pequenos lotes de produção que requerem mais *setups*, isto pode aumentar a quantidade de limpeza dos equipamentos sendo necessários mais produtos de limpeza e em alguns casos descarte de materiais.

3.4 - Considerações finais sobre o capítulo

A PmaisL evidencia que a gestão ambiental nos sistemas produtivos evoluiu, pois esta estratégia age pro-ativamente para evitar os impactos ambientais gerados pelos processos produtivos em busca da sustentabilidade ambiental. Ainda, considera todo o ciclo de vida, buscando envolver toda a cadeia produtiva desde a produção até os fornecedores e clientes. Tem como objetivo a ecoeficiência dos processos eliminando os desperdícios na fonte, reduzindo o consumo de materiais, água e energia, minimiza a geração de resíduos ou busca a reciclagem ou reaproveitamento deles, almeja redução das substâncias tóxicas e preocupa-se com a segurança do trabalhador, tudo isso em um ciclo de melhoria contínua. Assim, a partir da literatura básica sobre PmaisL foi possível delimitar os seus propósitos, apresentados no Quadro 9.

PROPÓSITOS	REFERÊNCIAS
Eficiência no uso de matérias- primas, água e energia.	Berkel (2000); CEBEDS (2003); CNTL (2003); Cagno, Trucco e Lorenzo (2005).
Evitar os impactos ambientais na fonte, focando na prevenção.	Fresner (1998); Zeng (2010); CEBEDS (2003); EPA (2001)
Redução das substâncias tóxicas.	EPA (2001); CNTL (2003); Fresner (1998); UNEP (2004).
Proteção e conservação dos recursos naturais.	EPA (2001)
Não-geração/ Otimização/ Reciclagem dos resíduos e emissões.	CNTL (2003)
Reduzir os riscos aos humanos e ao meio ambiente.	UNEP (2004)
Visão para o ciclo de vida dos produtos e processos.	CNTL (2003); UNEP (2004).
Melhoria contínua para a melhoria do desempenho ambiental.	Fresner (1998)

Quadro 9 - Propósitos da PmaisL

Para a efetividade da implantação destes propósitos, a literatura mostra que é imprescindível o comprometimento da alta direção, o envolvimento de todos os funcionários e o entendimento de todos os processos. Ambos são também elementos fundamentais para a efetividade da implantação das melhorias da Manufatura Enxuta. Além disso, foi destacado que a implantação da PmaisL ou de outros programas de sustentabilidade ambiental quando implantados de maneira alinhada às filosofias já existentes na empresa, como o *Lean*, pode auxiliar à organização a atingir melhores resultados tanto ambientais quanto financeiros, do que se fossem implementados de maneira isolada.

Foi observado que nenhum dos estudos encontrados citaram os passos da PmaisL sugeridos por EPA (2001), CEBEDS (2003), CNTL (2003) UNEP (2004) e ENVIRONMENTAL CANADA (2013) de maneira integrada ao *Lean Manufacturing*. Outro ponto importante a ser salientado diz respeito às compatibilidades e divergências da Manufatura Enxuta e da PmaisL. Nota-se que ambas buscam a eficiência dos processos e a eliminação dos desperdícios, diferentes autores destacam esta semelhança e alegam que apesar do *Lean Manufacturing* não considerar a variável ambiental de maneira explícita, esta filosofia de gestão da produção colabora para a melhoria de aspectos ambientais, como, por exemplo: consumo de energia, materiais e água e uso eficiente dos recursos. Além disso, alguns desperdícios comumente considerados pela Manufatura Enxuta podem resultar em impactos ambientais.

No entanto, a melhoria do desempenho ambiental ainda não é um objetivo da Manufatura Enxuta, alguns autores alegam que é preciso passar a considerá-lo de maneira

explícita nos sistemas enxutos visto que ainda existem divergências entre a Manufatura Enxuta e a PmaisL. Estas divergências existem porque a Manufatura Enxuta ainda não pondera o risco ambiental dos processos e não analisa as melhorias considerando os propósitos da PmaisL ou visando alcançar desempenho ambiental.

Deste modo, para que a Manufatura Enxuta seja compatível com os propósitos da PmaisL entende-se que é preciso que o desempenho ambiental também seja ponderado assim como os outros objetivos de desempenho, como custo, qualidade, flexibilidade, velocidade. Do mesmo modo, entende-se que é importante atentar-se aos possíveis *trade-offs* no caso em que a melhoria em um pode prejudicar o desempenho do outro, como por exemplo, a situação apresentada por Dües, Tan e Lim (2013) na prática do *Just-in-Time* em que para entregar na quantidade certa pode consolidar pequenos lotes para transporte implicando no aumento no número de entregas que gera mais emissões e consumo de combustíveis e desgaste do automóvel.

Uma vez tendo sido abordados os temas “Manufatura Enxuta” (Capítulo 2), seus princípios, práticas e etapas para a implementação na empresa e a “Produção mais Limpa” (Capítulo 3), em que buscou-se explorar todos os conceitos, benefícios, etapas e compatibilidades, no capítulo seguinte será apresentado o Estudo de Caso realizado em uma empresa de referência que adota a Manufatura Enxuta e a PmaisL em suas operações, como base para análise prática do processo de implantação de seus conceitos e práticas e das medidas de PmaisL nesses ambientes, objetivando fundamentar a elaboração das recomendações.

CAPÍTULO 4 -ESTUDO DE CASO

No presente capítulo será apresentado de maneira detalhada a condução e os resultados obtidos do estudo de caso, descrevendo as principais características da organização estudada, expondo a Manufatura Enxuta e a PmaisL nesta unidade de análise e, por fim, será apresentada como ambas são abordadas conjuntamente.

4.1 Relato do Caso

A unidade de análise contatada para a realização do estudo de caso será chamada neste trabalho de Empresa A, a fim de preservar seus dados e informações terá seu nome real aqui omitido. Para o desenvolvimento do estudo de caso aqui apresentado foi realizada uma visita com duração de aproximadamente seis horas, além de contatos via e-mail e telefone.

A justificativa para a escolha da Empresa A se deve ao fato da facilidade de acesso à empresa visto que a pesquisadora possuía contato com um gestor, além disso e principalmente, foi devido ao conhecimento, obtido via divulgação da empresa pela internet e informações com profissionais da área sobre as práticas da empresa relacionadas à Manufatura Enxuta da PmaisL.

A coleta de dados foi realizada mediante observações *in loco* e entrevista semiestruturada com o Coordenador da Manufatura Enxuta, Supervisor de EHS (*Envoriment, Health and Safety* -Meio Ambiente, Saúde e Segurança) e com um Supervisor de Produção, conforme o roteiro apresentado no Apêndice C.

O objetivo deste estudo de caso, conforme mencionado anteriormente, foi observar, na prática, o funcionamento da Manufatura Enxuta e da PmaisL na empresa, de modo a tornar possível uma análise crítica e, assim, juntamente com as evidências encontradas na literatura propor as recomendações, objetivo principal desta pesquisa.

O estudo foi desenvolvido em uma unidade fabril de uma companhia multinacional norte-americana localizada no interior do Estado de São Paulo composta por aproximadamente 450 funcionários. A empresa é classificada como de grande porte, segundo número de funcionários e faturamento, e atua em diversos segmentos, tais como segurança,

produtos para indústria automotiva, produtos elétricos e comunicação gráfica. Suas operações estão em atividade desde 1974, além desta unidade de análise estudada, a companhia possui mais seis unidades instaladas em território brasileiro.

Nos próximos tópicos serão relatados o funcionamento e as práticas da empresa, no que tange à Manufatura Enxuta e a PmaisL e como ambas são abordadas de maneira conjunta.

4.1.1 - A Manufatura Enxuta na Empresa A

A adoção das práticas da Manufatura Enxuta na Empresa A teve início em 2003 por meio de iniciativas pessoais do coordenador de produção e de um supervisor de produção em parceria com uma consultoria externa. Neste ano, a primeira prática da Manufatura Enxuta implantada foi um roteiro de programação da produção, chamado de “*Lean Schedule*”, visando promover o fluxo contínuo em um processo com muitas etapas cruzadas e diversos produtos diferentes. Ainda, o que motivou a implantação das práticas *Lean* na empresa foi que a partir do entendimento delas e da filosofia da Manufatura Enxuta enxutos pelos gestores, percebeu-se o grande potencial de melhoria que poderiam oferecer e, assim, a empresa começou a buscar uma nova maneira de gerir seus processos.

No ano seguinte, em 2004, houve um envolvimento corporativo maior uma vez que, segundo o coordenador da Manufatura Enxuta, a alta direção “se comprometeu e tomou gosto pelo assunto” e começaram a difundir outras práticas, como Produção Puxada e Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), em outra unidade e a partir disso foi criado o cargo de “coordenador Lean”. Esta unidade foi a pioneira em Manufatura Enxuta da corporação e atualmente é considerada como uma das melhores nesta filosofia de gestão da produção entre as unidades da organização no Brasil.

Neste processo de implantação da Manufatura Enxuta a maior dificuldade que a empresa encontrou foi que enquanto não houve um comprometimento da alta direção não havia uma continuidade da filosofia e de suas práticas na empresa. Deste modo, evidenciando a importância do comprometimento da alta direção para a implantação da Manufatura Enxuta.

Relatou-se que em 2012 até o presente momento a filosofia *Lean* tem se intensificado na empresa A e, segundo o entrevistado, o pensamento enxuto atualmente está mais maduro e consolidado, isto deve-se ao comprometimento do diretor de manufatura da companhia. No presente momento a empresa está estruturando o seu próprio sistema de

Manufatura Enxuta embasando nos princípios básicos desta abordagem e de acordo com as características específicas dos processos da empresa.

Para a implantação da Manufatura Enxuta a empresa contratou uma consultoria especializada, a qual montou um plano de disseminação da cultura Lean e começou a realizar alguns projetos e abriu algumas frentes de trabalho. Um deles é o programa de certificação Lean. Atualmente a consultoria atua esporadicamente e como auxílio de mão de obra em algumas tarefas, como para a revisão do MFV. Acredita-se, segundo o coordenador da Manufatura Enxuta, que a Empresa A possui um bom conhecimento da filosofia e está começando a se desenvolver sem a necessidade de uma consultoria. Pois já vem realizando atividades rotineiras, os funcionários foram capacitados e existe uma equipe na empresa responsável pela promoção da Manufatura Enxuta.

Esta equipe é composta por um coordenador de Manufatura Enxuta para cada unidade da empresa, engenheiros de produção, gestores e coordenadores de produção. Além disso, atualmente a empresa está adequando a filosofia *Lean* às suas características e estruturando o seu próprio sistema de gestão denominado de “Empresa A Manufacturing System”.

Outro ponto a ser aqui destacado é com relação ao comprometimento dos funcionários. Foi destacado que foi fundamental o comprometimento e dos funcionários para a implantação da Manufatura Enxuta e na estruturação deste sistema de gestão.

No início do processo de implantação foram realizados treinamentos sobre as práticas da Manufatura Enxuta e sobre a estrutura do “Empresa A Manufacturing System” para os cargos de supervisão e engenharia e posteriormente um treinamento para os operadores. Com relação as práticas enxutas que são utilizadas na Empresa A, foi apontado que as mais frequentemente utilizadas são: rotina diária; análise dos porquês; gestão visual; ciclo de melhoria contínua (PDCA); Diagrama de causa e efeito; Programa 5S; balanceamento das operações; trabalho padronizado e Mapa de Fluxo de Valor (MFV).

No que se refere aos indicadores de desempenho do chão de fábrica os entrevistados alegaram que os principais são: produtividade; índice de segurança (número de acidentes); qualidade; índice global de eficácia dos equipamentos (OEE); e um indicador de perdas do processo produtivo. Vale ressaltar que estes indicadores são atualizados e monitorados diariamente.

O setor de manufatura desta unidade fabril é dividido em vários centros de trabalho que é composto por uma equipe operacional formada pelos operadores de máquina,

facilitadores, coordenadores de produção, engenheiros de produção e supervisores de produção como pode ser visualizado no organograma representado na Figura 26.

Figura 26 - Organograma do setor de manufatura da Empresa A.
Fonte: Informações da Empresa A.

Aos operadores são designadas a responsabilidade de atingir a produtividade com qualidade e segurança por meio de padrões, procedimentos e instruções de trabalho. O agente de melhoria da manufatura é o facilitador. Em cada centro de trabalho existe uma produtividade alvo, que é medida a cada hora. A medição da produtividade pode ocorrer de maneira automática ou manual, dependendo da criticidade e da importância deste centro de trabalho para a empresa. Deste modo, tem-se o facilitador como o agente de melhoria da manufatura que deve passar a cada hora em cada centro de trabalho sob sua responsabilidade para verificar se a produtividade foi atingida. Nos casos em que a meta não foi cumprida deverá haver um questionamento junto com a equipe visando encontrar a causa para que a estabilidade do processo seja mantida. O facilitador entra como o agente provedor de melhorias uma vez

que busca entender os problemas que ocorrem por meio das ferramentas de gestão de modo a garantir que seja encontrada a causa raiz dos problemas e que estes sejam eliminados.

Para que o facilitador cumpra sua função existe o coordenador de produção que no mínimo duas vezes por turno passa no centro de trabalho, em média de quatro em quatro horas, para comunicar com o facilitador, discutir e analisar o andamento dos processos. Segundo o supervisor de produção existe também o engenheiro de produção que é encarregado de treinar esta equipe e garantir que a filosofia da Manufatura Enxuta da empresa funcione de acordo com o que está sendo implantada.

Nesta unidade fabril a resolução de problemas ocorre de forma lógica e formal. Relatou-se que quando o facilitador verifica que a meta de produção não foi atingida o operador deve ser solicitado para que ambos analisem o porquê da ocorrência. Quando se trata de uma causa simples é provável que o operar consiga solucionar o problema, caso o problema ocorra novamente o operador deve buscar resolvê-lo em conjunto com a equipe da estação de trabalho.

E por fim, se não for possível resolver junto à equipe aciona-se a “cadeia de ajuda”, a qual tem como princípio buscar os profissionais adequados até encontrar uma solução para o problema ocorrido. Se por exemplo, for um problema de manutenção, o operador tem a responsabilidade de acionar a engenharia de fábrica e o facilitador também é acionado para estar ciente da situação. De maneira paralela, o problema é analisado dentro do ciclo PDCA, como mostrado na Figura 27, buscando encontrar as causas raízes e as soluções adequadas para sua resolução.

Figura 27 - Ciclo PDCA de resolução de problemas da Empresa A
Fonte: Informações da Empresa A.

Na Empresa A quando é identificado um problema nas estações de trabalho é dado início ao ciclo PDCA apresentado na figura 27 buscando encontrar a causa raiz do problema e solucioná-lo do modo mais rápido possível e de maneira que não ocorra sua repetitividade. Foi relato que se o problema gerar uma parada de produção por mais de quatro horas, afetando o indicador de produtividade este problema é considerado uma falha crítica. Deste modo, tornando necessário que o ciclo PDCA ocorra de maneira mais analítica fazendo uso de um formulário mais detalhado chamado de “Formulário de resolução de problemas (FSP)” que inclui a análise dos “5 porquês”, diagrama de espinha de peixe e o 5W1H. Vale ressaltar, que para a aplicação do FSP, é utilizado uma equipe multifuncional com as habilidades técnicas necessárias para o problema específico.

Outra prática adotada por esta empresa, como apresentado anteriormente, é a “rotina diária”. Esta prática na unidade analisada ocorre por meio de reuniões diárias no início da manhã, as quais se tratam de pequenas reuniões que começam no nível operacional de chão de fábrica e finalizam com a alta gerência da fábrica.

A primeira reunião envolve o facilitador, que checa todos os centros de trabalho, coleta os dados de produção e verifica se tudo ocorreu conforme os padrões e metas estabelecidas com os operadores. A segunda reunião ocorre entre o facilitador e o coordenador de produção em que analisa-se o resumo da primeira reunião e verifica-se a acuracidade do plano de produção. Na terceira reunião o facilitador pode ou não ser envolvido, fica a critério do coordenador e depende do andamento da produção. Nesta terceira reunião vai participar o supervisor de produção, o engenheiro de fábrica responsável pela manutenção e um responsável pela segurança, no caso o técnico de segurança, além disso, duas vezes por semana participam o engenheiro de processo e o responsável pela qualidade. Esta equipe discute e analisa sobre todos os dados da produção e os problemas ocorridos e as possíveis contribuições de cada área para a solução.

Ainda, na quarta reunião participam o supervisor de produção e o Gerente de toda a unidade fabril para discutirem sobre os problemas que não foram resolvidos na reunião anterior e como o gerente da fábrica pode dar suporte para isto. Além destes, participa o supervisor de EHS, o supervisor de engenharia de fábrica, supervisor de qualidade e o supervisor de logística e planejamento de materiais. Nesta reunião o gerente da fábrica tem a visão completa da manufatura com relação ao atendimento do plano de produção e resolução de problemas para atender a meta daquele mês.

No que tange às responsabilidades e atribuições, neste processo de gestão da produção e rotina de resolução de problemas, os supervisores gerenciam a rotina diária e o gerente da fábrica gerencia os resultados da fábrica de maneira geral. Ainda, para que ocorra a gestão da rotina diária existe a gestão visual composta por quadros de acompanhamento no chão de fábrica.

Quando questionou-se sobre o processo de melhoria da Manufatura Enxuta e como suas práticas são implantadas o coordenador *Lean* alegou que este processo é orientado por um MFV, que aponta projetos pontuais de melhorias a serem implantadas e funciona como parte do planejamento estratégico da empresa, ocorrendo anualmente.

Os MFVs dos fluxos da Empresa A são feitos anualmente e abordam questões relacionadas aos custos, estoques, produtividade, fluxo e perda de material, mas os aspectos ambientais, tais como consumo de água e energia ainda não são ponderados. A elaboração dos MFVs é feita alinhada à meta de redução de despesas. Segundo o entrevistado a maturidade da Manufatura Enxuta na empresa. A justificativa para a baixa frequência da elaboração de MFVs, não tornando necessário a elaboração mensal de MFVs futuro. No entanto, segundo o coordenador da Manufatura Enxuta seria interessante que a frequência aumentasse para um vez por semestre visto que em algumas áreas da Empresa A a elaboração do MFV ainda carece de aprimoramento.

Em paralelo a isto e dentro do sistema existe o programa de certificação *Lean*, dentro do “Empresa A Manufacturing System”. Este programa de certificação ocorre a nível de corporação buscando certificar as estações de trabalho das unidades fabris baseando nos princípios do “Empresa A Manufacturing System”. Este programa de certificação traça uma meta mínima de estações de trabalho que devem ser certificadas em cada unidade fabril da corporação.

Figura 28 - Esquema de certificação das estações de trabalho Empresa A.

Fonte: Informações da Empresa A.

A certificação das estações de trabalho, como mostrada na Figura 28, é baseada em níveis denominados certificação bronze, prata e ouro e em cada nível deve ser implantada respectivas práticas da Manufatura Enxuta. O nível inicial é a certificação bronze que envolve de maneira sequencial a padronização de todas as tarefas, programa 5S, balanceamento das operações e o gerenciamento da rotina. Na certificação prata deve-se buscar acrescentar na estação de trabalho o programa TPM e, por fim, para que uma estação de trabalho seja certificada como ouro ela deve incluir em suas práticas de fluxo contínuo, programação puxada e logística *lean*.

Atualmente, a empresa A está buscando certificar os seus centros de trabalho na certificação bronze e a equipe responsável por isso e por definir os critérios é composta pelo coordenador de manufatura enxuta, supervisor de EHS, supervisores de produção e engenheiros de produção. No que tange aos treinamentos, estes são vistos de suma importância para o processo de certificação e são ministrados pelos coordenadores *Lean* da unidade fabril e destinado às equipes que vão implantar as práticas da Manufatura Enxuta nos centros de trabalho.

Relatou-se que durante as certificações dos centros de trabalho para se tornarem “estações *Lean*” são realizados eventos kaizen para a implantação de práticas da Manufatura Enxuta, tais como o Programa 5S, redução de *setup* e balanceamento das operações.

O supervisor de produção exemplificou o caso de um processo extremamente importante para a empresa e que possui um alto nível de automação, neste processo tem-se o objetivo de obter a certificação Prata visando implantar o TPM, sendo necessário focar em

manutenção autônoma e planejada. Ressaltou-se que para atingir estas certificações é preciso atingir um dos objetivos da Manufatura Enxuta que é garantir a produtividade constante e estabilidade da máquina.

Para tornar isto possível é necessário que os operadores sigam a rotina diária de checagem e limpeza da máquina que opera por meio de um padrão provisório, o qual se trata de uma folha com a rotina de atividades de limpeza, lubrificação e inspeção para cada equipamento. Este procedimento foi definido em uma atividade chamada “5s-mais”, esta atividade ocorre com a produção parada e mobiliza todos os operadores que vão até os equipamentos para fazer uma limpeza geral e detectar todos as fontes de sujeira, locais de difícil acesso, deste modo e junto com a engenharia de fábrica é definido a frequência de limpeza e inspeção do equipamento.

A partir do que foi definido é elaborado um formulário e o operador deve realizar esta atividade na frequência estabelecida. Outro ponto destacado pelos entrevistados é que a padronização é muito importante para garantir a continuidade das melhorias implantadas. Além disso, ressaltou-se que empresa A está incluindo itens de “segurança” na elaboração destes procedimentos padrões com o apoio da equipe de EHS visto que existem equipamentos que oferecem riscos de segurança em sua operação.

Por fim, relatou-se que existem também aquelas melhorias que não podem ser feitas por meio das atividades de rotina diária, pois necessitam de maior disponibilização de recursos. Para estas, existe um banco de dados em que projetos que necessitam de algum tipo de investimento devem ser inseridos e assim, a partir de uma priorização dos projetos a serem executados e com base na verba anual destinada para cada unidade de manufatura é decidido qual projeto será investido naquele ano. No próximo tópico será apresentado como é a PmaisL na Empresa A.

4.1.2 - Medidas de PmaisL na Empresa A

A corporação, a qual a Empresa A faz parte, foi uma das pioneiras em iniciativas de PmaisL em operações industriais no cenário mundial. De acordo com as informações levantadas a organização já em 1975 deu início a uma política ambiental e à PmaisL, ambas implantadas por iniciativas de um executivo que trabalhava na empresa no referente período. Estas iniciativas de PmaisL resultaram em significativos ganhos em desempenho ambiental, tais como:

- Redução de emissões atmosférica de compostos orgânicos voláteis (VOC) em 15 t/ano;
- Reciclagem de resíduos evitando o envio de 250t/ano para o aterro;
- Otimização de frete de forma a reduzir emissão de CO₂ dos caminhões;
- Mudança de tecnologia de produtos migrando de adesivos a base de solvente para adesivos sem solventes evitando assim emissão atmosférica.

O responsável pela gestão ambiental da empresa A reforçou que a companhia foi uma das pioneiras em PmaisL e defende que “a prevenção da poluição se paga”. A PmaisL atua na empresa desde a formulação de um produto em que substitui-se um componente tóxico como cádmio, chumbo por outro ou também pode atuar em modificações no processo, como a substituição de um adesivo a base de solvente por outro que não é a base de solvente, evitando a emissão de VOC.

Um exemplo de iniciativa de PmaisL aplicada a processos foi ressaltado pelos entrevistados. Esta iniciativa foi realizada pelo coordenador da Manufatura Enxuta na Empresa A envolvendo uma proposta de melhoria no fluxo de um processo produtivo na unidade fabril. O processo envolvia uma contagem de peças que eram colocadas em saquinhos, no início eram realizadas contagem de 500 em 500 peças por saquinho para vender lotes de 2000 peças. A proposta foi de realizar a contagem de 1000 em 1000 peças para melhorar o fluxo e reduzir a quantidade de saquinhos, os quais consumiam materiais e se tornariam resíduos.

Com relação ao funcionamento do programa de PmaisL na Empresa A, foi observado que é baseado na geração de ideias e propostas de projetos isolados de PmaisL. Basicamente, o funcionário tem a ideia de uma iniciativa de PmaisL e deve submeter um projeto para um banco dados da companhia especificando os ganhos (ambientais, produtividade, qualidade, entre outros), equipe que irá trabalhar no projeto e a metodologia que será utilizada. Este projeto é submetido para a central da empresa nos EUA e passa por uma avaliação para verificar a viabilidade econômica e ambiental e se encaixa como um projeto de PmaisL, segundo critérios determinados pela organização.

Os critérios para o projeto caracterizar-se como uma iniciativa de PmaisL é ter um ganho financeiro acima de US\$1000,00 e alcançar redução de resíduos, emissão, consumo de energia e/ou consumo de água. Segundo o entrevistado, um projeto de PmaisL é considerado válido mesmo quando é obtida uma diminuição do resíduo para o cliente final. Exemplificou-se um caso de PmaisL em que otimizou-se a quantidade de um produto dentro de uma caixa

que iria para o cliente, como resultado diminui-se quantidade de resíduos que o cliente deveria dar destinação final e a empresa deixou de consumir materiais.

Vale destacar também que as medidas de PmaisL na Empresa A envolvem os vários níveis apontados pela CNTL (2003) desde o redesenho de equipamento que melhora a produtividade e permite uma produção mais ecoeficiente até projeto de novos produtos. Pois, como alega o responsável pelo meio ambiente, as modificações no processo relacionados a redução na fonte geradora estão mais no alcance de serem feitas pela empresa.

Com relação à origem dos projetos de PmaisL foi relatado que, em grande parte, surgem a partir de projetos dos líderes da área, no caso o coordenador, supervisor ou engenheiro de produção. Destacou-se que os operadores podem propor melhorias que são classificadas como projetos de PmaisL, no entanto o líder da área será o responsável por submeter o projeto.

As medidas de PmaisL na empresa fazem parte da gestão do meio ambiente que ocorrem em conjunto com a saúde e a segurança e atribui-se como área de EHS, sigla oriunda do inglês *Environmental* (meio ambiente), *Health* (saúde) e *Safety* (segurança). Destinado à gestão do meio ambiente a empresa tem um supervisor responsável pela área de EHS e um coordenador de resíduos que o auxilia nas questões ambientais e, principalmente, na gestão de resíduos.

Ainda, existem engenheiros ambientais que prestam serviços para todas as unidades da companhia no país. Com relação ao organograma da Empresa A, identificou-se que a área de EHS responde diretamente para o CEO da companhia. O meio ambiente é um indicador direto e primário da empresa, ressaltou-se que o meio ambiente é algo que o CEO se atenta diariamente. Na figura 29 pode ser visualizado como o organograma geral da companhia e na Figura 30 o organograma da Empresa A, ambos relacionados à organização das operações de EHS.

Figura 29 - Posicionamento do Meio ambiente no organograma da organização.

Figura 30 - Posicionamento do Meio ambiente no organograma da Empresa A.

A preocupação com a preservação ambiental está inserida na estratégia da empresa. Segundo o responsável por gerenciar o meio ambiente na unidade estuada e de acordo com o material de divulgação da companhia, o setor de meio ambiente saúde e segurança tem como visão a segurança e saúde das pessoas, produtos e planetas. A missão é trabalhar em parceria com as áreas de negócio para gerar práticas e soluções sustentáveis. E o valor, diz respeito a realizar ações com integridade inflexível, de acordo com o entrevistado os requisitos

e os critérios de meio ambiente, saúde e segurança não podem ser sacrificados, devem ser inflexíveis.

A Empresa A e toda a corporação demonstra que a preocupação com o meio ambiente existe e relata um histórico disso. Observou-se que a companhia possui uma grande credibilidade no que tange a sustentabilidade uma vez que possui reconhecimento, como por exemplo, valorização do índice de sustentabilidade Dow Jones e o prêmio “*Energy Star*” de eficiência energética.

No que se refere a sustentabilidade, a companhia entende que o desenvolvimento sustentável se apoia nos três pilares: econômico, social e ambiental. O pilar econômico significa que a empresa existe para ter lucro, o qual deve ser o objetivo das vendas e de todas as operações. No pilar ambiental a companhia acredita e assume a responsabilidade por cuidar de todos os impactos que a manufatura gera e possui vários requisitos para isso, que serão descritos posteriormente. E no que tange ao pilar social a organização analisa a relação com a comunidade em que suas unidades estão instaladas.

Conforme relatado, a empresa possui objetivos de sustentabilidade, os quais são traçados de cinco em cinco anos. No presente momento a empresa busca atingir os objetivos que foram definidos em 2010 para serem atingidos em 2015, chamados de “*Environmental targets 2015-ET 15*”, os dados base são os resultados obtidos em 2010. Foi exemplificado o caso dos resíduos, a meta traçada é a redução de 10% na geração de resíduos comparado com 2010 e essa métrica se refere a quantidade de resíduos gerados pelo peso do produto final vendido. Como de 2010 para 2015 houve um aumento na produção a quantidade de resíduo vai aumentar, mas a empresa considera que ele não pode aumentar proporcionalmente com o volume de produção que sofreu um acréscimo. Deste modo, a empresa busca alcançar melhoria do indicador, no caso buscando uma redução de 10% de resíduo sobre o produto vendido. Além disso, para a eficiência energética a meta é melhorar em 15%.

Na Empresa A os principais aspectos ambientais envolvidos nos processos produtivos são: consumo de água, energia, resíduos sólidos e emissões de VOC. O consumo de água não é um indicador que não exige monitoramento na Empresa A visto que a água não é insumo para os processos desta unidade fabril. Os indicadores ambientais são monitorados pela diretoria mensalmente e os principais são: emissão atmosférica, resíduos, eficiência energética e consumo de água. Para gerenciá-los e cumprir os requisitos e objetivos traçados o supervisor de EHS tem como objetivo disseminá-los para todos os funcionários da fábrica. Isto deve ocorrer devido ao tamanho da unidade fabril, deste modo torna-se inviável para somente um responsável e sua equipe para gerenciar todos os requisitos.

Ressaltou-se que os objetivos de EHS precisam estar na avaliação de desempenho de todos os líderes da fábrica. Isto é feito com base na seleção dos principais elementos, os mais críticos, e na criação de times para liderar estes elementos. As pessoas que irão compor estas equipes devem ter o conhecimento dos requisitos e elementos do sistema de gestão ambiental da companhia, denominado de GEMSA (*Global Environmental Self Assessment*), e serem capazes de avaliar o desempenho ambiental dos processos, ou seja, os responsáveis pelo elemento devem ter de alguma forma relação com o elemento, por exemplo: os responsáveis pelo elemento Treinamento e Comunicação serem funcionários dos Recursos Humanos e para o elemento Gestão de Energia funcionários da Engenharia de Fábrica.

No GEMSA são abordados 17 elementos relacionados ao meio ambiente e cada elemento é composto por requisitos que a empresa deve seguir, os quais são:

1. Atendimento da Legislação
2. Regulamentação da Gestão da Mudança
3. Cumprimento e conformidade com a regulamentação do ar
4. Operação de controle de emissões atmosféricas.
5. Gestão interna de resíduos
6. Gestão da reciclagem externa e disposição dos Resíduos
7. Efluentes
8. Água da chuva
9. Fornecimento e uso da água
10. Águas subterrâneas e remediação
11. Tanques de armazenamento
12. Políticas e normas ambientais
13. Planejamento e Objetivos
14. Treinamento e comunicação
15. Gestão de energia
16. Relatórios e investigação para a prevenção de derramamentos
17. Relatório de investigação para prevenção de acidentes

Estes elementos direcionam a gerência e são monitorados mensalmente a nível de diretoria. O cumprimento dos requisitos de cada elemento gera uma pontuação que é revisada todo trimestre e é aprovado pelo gerente da fábrica. Este sistema gera uma porcentagem e sinaliza o que não está sendo atingido para serem direcionadas as ações de melhoria.

A composição das equipes responsáveis por monitorar e disseminar os requisitos e elementos da gestão ambiental é feita por duplas ou trios, de acordo com os critérios descritos

anteriormente e devem fazer campanha de conscientização para todos os funcionários da fábrica. Alegou-se que o objetivo da formação destas equipes é que os requisitos de meio ambiente não fiquem somente com a equipe responsável uma vez que, como mencionado pelo responsável de EHS, é imprescindível que toda a fábrica conheça os requisitos e tenha como objetivo cumpri-los. Esta estratégia de disseminação dos objetivos na Empresa A envolve aproximadamente 86 funcionários, os quais tem a função de disseminar os objetivos, apontar os requisitos, realizar as auditorias para o cumprimento dos requisitos, aprender boas práticas e promover melhorias.

Na empresa A é utilizado um modelo de gestão visual para o meio ambiente que fica disponível nos quadros com os indicadores de processo no chão de fábrica. O qual se trata de um indicador de EHS na forma de radar em que as letras “EHS” são divididas nos dias disponíveis no mês e tem um espaço destinado para cada turno. O facilitador tem a responsabilidade de avaliar o turno de seu centro de trabalho, deste modo no final de cada turno ele deve preencher como o turno cumpriu os requisitos de EHS. O preenchimento deve ser na cor verde, amarelo ou vermelho.

O facilitador deve preencher verdade caso no final do turno tenha sido realizado ações preventivas ou proativas com relação a EHS, um exemplo de ação preventiva é o preenchimento de todos os *checklists* de segurança e meio ambiente do turno. No caso de algum *checklist* não ter sido preenchido ou se alguma anomalia de EHS foi encontrado deve ser preenchido de amarelo. E quando houver qualquer ocorrência no turno como um acidente de trabalho, derramamento acima de quatro litros deve ser preenchido de vermelho e reportar a ocorrência para a central da empresa nos EUA e o plano de ação para o problema ocorrido.

Foi relatado que o objetivo de trabalhar com estes *checklists* é aumentar as ações preventivas. Para avaliar estas ações a Empresa A possui os “*leading indicators*” que são os indicadores preventivos. Existem reuniões semanais relacionadas com os indicadores preventivos de EHS em que são discutidos:

- Oportunidades de PmaisL;
- Ações para reduzir o risco de determinadas atividades, mais relacionada com segurança;
- Avaliação de processos perigosos geralmente processos inflamáveis;
- Avaliar os impactos dos processos que sofreram mudanças;
- Recomendações dos especialistas em EHS;
- Resultado das auditorias de Segurança Elétrica.

O supervisor de EHS exemplifica que o indicador de segurança que mostra dias com segurança ou dias sem afastamento não é adequado, pois não se trata de um indicador preventivo. O objetivo de um indicador deve ser medir o que foi feito para alcançar a segurança, como por exemplo: se todos os *checklists* foram preenchidos, se o equipamento foi bloqueado quando deveria, se o equipamento de controle de emissão foi checado e se foi feita a manutenção preventiva dele. A Empresa A considera que o indicador reativo não é adequado e para isso existe um trabalho de conscientização da importância dos indicadores preventivos.

Ainda, no que tange a gestão ambiental desta empresa a mesma é certificada pela norma gestão ambiental ISO14.001 há aproximadamente oito anos e, segundo o entrevistado, esta certificação foi uma decisão da empresa por considerar o meio ambiente como um valor para o negócio, ou seja, as iniciativas que buscam melhorar o desempenho ambiental também fortalecem a marca da empresa. Destacou-se que a política ambiental e as iniciativas são reportadas anualmente por meio do relatório anual de sustentabilidade e é vista pelos *stakeholders* (acionistas, colaboradores, clientes e a comunidade) como valor.

Com relação aos aspectos ambientais consumo de energia e resíduos sólidos, destacou-se que no que diz respeito à redução do consumo de energia a empresa tem iniciativas destinadas a isso, como por exemplo o comitê de gerenciamento de energia responsável por projetos relacionados tanto à energia elétrica quanto energia térmica. A Empresa A é muito reconhecida em eficiência energética, pois apresenta o indicador de desempenho de energia em Btu/lb, monitorando e buscando continuamente melhorar este indicador.

Do mesmo modo, no que se refere aos resíduos sólidos a Empresa A possui 96% de resíduos de classe II- resíduo não perigoso e reciclável e 4% são resíduos de classe I- resíduos perigosos oriundos de tinta e solventes que são enviados para co-processamento. No caso dos 96% de resíduos não perigosos, estes são enviados para empresas externas que fazem reciclagem ou ocorre o reaproveitamento interno que é feito por meio da trituração do resíduo que volta para o processo produtivo interno para compor o produto final.

Por fim, no que concerne a legislação ambiental A Empresa A cumpre todos os parâmetros impostos pela legislação nacional vigente. De modo que, segundo o responsável, os indicadores ambientais excedem com grande margem o que é exigido por lei. Para alcançar isto, além das ações proativas para redução dos impactos ambientais, a empresa possui mecanismos para ações corretivas, conhecidas como “medidas fim de tubo”. A unidade possui equipamentos para o controle de emissão, visto que existem dois processos de grande dimensão que emitem VOCs (compostos orgânicos voláteis). Estes processos que emitem VOC são

ligados nestes equipamentos, deste modo é possível medir o número de emissão deste composto.

Ainda, com relação aos processos que tem produto a base de solvente é necessário que este produto passe por um processo de secagem em uma estufa e quando seco o solvente precisa ser retirado. Este solvente que foi retirado no processo de secagem gera VOC, no entanto, a Empresa A possui um recuperador de solvente que age na captação deste gás, o qual passa por tanques realizando o processo de recuperação e o solvente novamente. Esta empresa estima que se não tivesse o recuperador de solvente estaria sendo gerado mais de 200 toneladas de VOC por ano.

O outro equipamento que realiza “medidas fim de tubo” é o termooxidador, o qual age quando não é possível recuperar o solvente o queimando, isto é ao invés de emitir o gás, ele é queimado. Com estes equipamentos é possível controlar as emissões pois todos os processos que geram emissões estão ligados nestes dispositivos de controle, visando controlar para emitir o mínimo possível. Ressaltou-se que estas medidas de controle não conseguem eliminar em 100% as emissões, deste modo, existe uma pequena parcela de emissão que é reportada nos indicadores.

Além dos resultados já apresentados sobre a Manufatura Enxuta e a PmaisL na Empresa A, no tópico seguinte serão apresentadas as evidências encontradas sobre as duas áreas abordadas de maneira conjunta.

4.1.3 - A Manufatura Enxuta e a PmaisL na Empresa A

Inicialmente, na Empresa A, as decisões não consideravam a variável ambiental, ou seja, a gestão do meio ambiente e a gestão da produção ocorriam de maneira separadas ou pouco se interagiam. A partir da reestruturação da Manufatura Enxuta a empresa está buscando integrar todas as variáveis possíveis em seu sistema de gestão para gerenciar de maneira mais consistente e completa. Por isto, este sistema de gestão inclui recursos humanos de várias especialidades, desde meio ambiente até engenharia de fábrica buscando alcançar um sistema de manufatura enxuta de acordo com as características da empresa, contemplando e integrando todas as áreas e processos.

Destacou-se também que nesta reestruturação da Manufatura Enxuta que está sendo feita na empresa visando criar o “Empresa A Manufacturing System” a importância de incluir os elementos e requisitos de EHS nesta filosofia de gestão. Uma evidência disto é que o supervisor de EHS foi convidado a integrar a equipe de Manufatura enxuta, chamada na

Empresa A de “governança *Lean*”. Esta equipe anteriormente era formada exclusivamente por especialistas em Manufatura Enxuta e com esta nova estruturação, além do representante de EHS, incluiu-se um representante de qualidade e processos.

De acordo com o supervisor de produção e o coordenador *Lean* as questões ambientais e a gestão da produção precisam ser convergentes e não é possível desvinculá-las, elas devem ter os mesmos objetivos. Ainda, foi relatado que isto vem acontecendo junto com a evolução da Manufatura Enxuta na empresa e ocorre de forma natural visto que a empresa tem o meio ambiente como valor.

A Empresa A entende que a filosofia *Lean* é que impulsiona a gestão da fábrica, por isso, segundo os entrevistados, é extremamente necessário incluir os requisitos de EHS dentro das inspeções, reuniões e sistemas de gestão. Esta empresa tem como objetivo integrar as áreas para alinhar os objetivos e evitar conflitos entre a Manufatura Enxuta e os requisitos de EHS. Um exemplo citado é que nas reuniões diárias o supervisor de EHS sempre participa, juntamente com o supervisor de produção e o gerente da fábrica visando solucionar problemas ocorridos, propor melhorias e alinhar os objetivos. Ressaltou-se também que o supervisor de EHS não é envolvido em todas as melhorias, apenas naquelas que possam envolver mudança de processo ou não cumprir algum requisito de EHS.

Questionou-se sobre a inclusão das questões ambientais nas práticas *Lean* utilizadas na Empresa A e segundo alegado e apresentado pelo coordenador *Lean* o *checklist* do programa 5s possui apenas um item relacionado ao meio ambiente referindo-se à segregação de resíduos. Ainda, foi exposto que as normas que regem os controles ambientais e os programas de redução de perdas já existiam independente da Manufatura Enxuta e, portanto, para os entrevistados não é necessário o controle dos requisitos ambientais por meio da Manufatura Enxuta.

Do mesmo modo, foi questionado se durante os treinamentos para a implantação de qualquer melhoria para os operadores no chão de fábrica é mencionado as oportunidades de PmaisL e, segundo o supervisor de meio ambiente, os projetos deste programa estão mais voltados para o nível de Engenharia. No entanto, relatou-se que existe uma mentalidade de redução contínua de desperdícios de materiais e iniciativas para redução no consumo de energia, que colaboram para o alcance de bons indicadores de produtividade e ambientais.

Foi discutido também se os aspectos ambientais são considerados no MFV, segundo relato do coordenador *Lean* na Empresa A já teve uma iniciativa de elaboração do MFV com os aspectos ambientais consumo de água, energia e materiais. No entanto, esta iniciativa não deu certo, uma vez que encontraram muita dificuldade de realizar as medições

destes aspectos individualmente para cada processo. Foi exemplificado que no momento da iniciativa não se possuía a medição de energia individual para cada equipamento. Assim, até o presente momento no MFV não são considerados consumo de água e energia. O entrevistado alega que o consumo de energia não é discutido por já existir um comitê de energia responsável pela eficiência energética da fábrica que trabalha somente nisso durante o ano inteiro.

Salientou-se ainda que atualmente estas medições vêm sendo aprimoradas pois estão sendo instalados vários equipamentos de medições individuais de energia e visando mais precisão e geração de indicadores para traçar os planos de melhoria na redução do consumo, uma vez que quando não se mede individualmente não é possível encontrar a causa raiz do problema e alcançar a melhoria.

Segundo o responsável pelo meio ambiente na Empresa A, os requisitos de EHS, de alguma forma, já estão implícitos no MFV visto que fazem parte da cultura de toda a companhia. Para a Empresa A, qualquer melhoria que for contra requisitos de EHS é descartada, exemplificou-se os casos em que já existiram várias sugestões de melhorias que foram contidas por poder gerar problemas de EHS.

Relatou-se que quando uma melhoria envolve mudança de equipamento ou dispositivo é utilizado um sistema de gerenciamento da mudança para garantir o cumprimento dos requisitos de segurança e meio ambiente. Atualmente o supervisor de EHS tem focado mais em segurança do que em meio ambiente em virtude da estrutura, cumprimento de normas e da maturidade que os funcionários e a Empresa A possui com relação ao meio ambiente.

Quando questionou-se sobre os possíveis *trade-offs* entre os objetivos de desempenho da Manufatura Enxuta, tais como custo qualidade, tempo, flexibilidade e velocidade de entrega, e os propósitos da PmaisL alegou-se que não existem conflitos. Foi exemplificado o caso em que deseja-se aumentar a velocidade da máquina, porém o equipamento de controle de emissão não vai suportar o volume de gás que chegará nele devido à esse aumento de velocidade da máquina. Deste modo, concluiu-se que não é possível aumentar a velocidade da máquina antes de realizar uma melhoria no equipamento de controle de emissão para que suporte o volume de gás que chegará nele. Antes de qualquer tomada de decisão visando a eficiência são analisados os requisitos ambientais e de segurança para que haja prejuízo para ambas, os entrevistados alegam que enquanto a melhor solução não for encontrada o projeto não é validado e colocado em prática.

Foi relatado também que quando as iniciativas para a melhoria de produtividade estão alinhadas às questões ambientais no caso da programação e redução dos tempos de *setups*, é necessário analisar o *setup* com relação ao consumo de material de limpeza, água e energia.

A programação na empresa é pensada para otimizar estas questões. Por exemplo, existe um setor em que tem um equipamento de grande dimensão e a limpeza deste equipamento é extremamente trabalhosa, consome muito tempo, materiais de limpeza, pano, solvente, entre outros. O objetivo de otimizar a programação é para que se permita setups para limpeza gradual, neste caso em particular pensa que conforme a sequência do setup que vai ser realizado deve obedecer a lógica de uma cor mais clara, por exemplo do preto para o marrom, deste modo o setup se torna mais gradativo. No entanto, isto não exclui o momento em que precisa de uma limpeza mais intensa em que a cor muda de “preto para branco”. Destacou-se que fazendo desta forma obtém-se produtividade e melhoria no desempenho ambiental.

Para o responsável pelo meio ambiente na unidade, a melhoria do fluxo promove várias outras reduções, como otimização de embalagem, projetos de melhoria de eficiência energética. Um exemplo dado por ele é que na melhoria da programação eu consigo melhorar o desempenho ambiental e operacional, uma vez que para otimizar a programação de um equipamento eu evito *setups* desnecessários, paradas, espera por material e máquinas funcionando sem necessidade, equipamento aquecido e não desaqueceu, para aquecer depois. Segundo o supervisor de EHS há uma relação direta e entre as melhorias da Manufatura Enxuta e as de PmaisL, isto é estão muito relacionados.

Ainda, mencionou-se o caso de uma tomada de decisão em que teve *trade-offs* de custo e geração de resíduos. Segundo o supervisor de EHS a fábrica estava planejando implantar uma nova linha de produção para a manufatura de um novo produto muito lucrativo, mas que gerava uma taxa de perda em torno de 40% em uma unidade fabril instalada em outro país, esta perda implicava em resíduos destinados para aterros. Deste modo, antes de aprovar a fabricação deste produto na Empresa A foi realizado um projeto na área técnica para solucionar o problema dos resíduos que este produto geraria e conseguiram encontrar uma alternativa de aplicação para o produto e decidiu-se vender o resíduo para empresas que poderiam incorporar em seus produtos. Em resumo, todo o resíduo gerado por este produto é vendido, gerando retorno financeiro e não sendo necessário o envio para o aterro.

Este exemplo foi uma iniciativa de PmaisL muito bem reconhecida na empresa. Ainda, destacou-se que a filosofia da empresa é sempre buscar uma solução para estes *trade-offs* sem prejudicar o meio ambiente e os resultados financeiros. Atualmente, esta solução apresentada foi levada para as outras unidades produtivas que não reaproveitava os resíduos deste produto.

Por fim, questionou-se sobre a necessidade de passar a incluir os aspectos ambientais no MFV. Tanto o supervisor de produção quanto o responsável pelo meio ambiente

acreditam que não há necessidade. Os entrevistados alegaram que o MFV auxilia mais na análise do fluxo e também pelo fato de que a empresa já monitora regularmente, por meio de indicadores, cada equipamento crítico com relação ao meio ambiente.

Ainda, argumentou-se que já existe uma cobrança para atingir as metas específicas com relação às normas ambientais e no caso desta ferramenta para a gestão do dia a dia seria mais um item que iria acrescentar na gestão. Ressaltou-se que como existe um controle em cima dos parâmetros ideais que o chão de fábrica deve trabalhar, a gestão dos indicadores de meio ambiente fica sob responsabilidade somente do supervisor de EHS. Entretanto, na visão do coordenador *Lean* incluir os aspectos ambientais ajudaria a visualizar os possíveis problemas, mas além da medição ser complicada poderia ter resistência dos funcionários por representar mais uma tarefa a ser realizada.

Com base neste relato do caso próximo tópico analisa as evidências encontradas e descreve as considerações finais sobre este capítulo.

4.2 Análise do caso e considerações finais sobre o capítulo

O estudo de caso evidenciou que a empresa A já possui uma boa estruturação da Manufatura Enxuta e vem buscando aprimorar esta abordagem na empresa por meio da instalação do seu próprio sistema de gestão o “Empresa A Manufacturing System”, baseando nas características e estratégias da empresa, nos princípios e práticas da Manufatura Enxuta e considerando questões relativas à EHS.

Relatou-se que para que a Empresa A atingisse o atual grau de maturidade no sistema *Lean* foi imprescindível que tivesse o comprometimento da alta direção, assim como apresentado por Alta direção: como mostrado na literatura por Karim e Zamam (2013); Gurumurthy e Kodali (2010); Turesky e Connell (2010); Bertolini e Romagnoli (2013). Do mesmo modo foi fundamental o comprometimento de todos funcionários para a implantação da Manufatura Enxuta e na estruturação deste sistema de gestão, evidenciando o que foi apontado nos estudos de Narang (2004); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Das, Venkatadri e Pandey (2014), Deflorin e Scherrer-Rathje (2012), Gurumurthy e Kodali (2010), Cudney e Elrod (2010); Sahoo, Singh e Shankar (2008).

Além do comprometimento da alta direção e de todos os funcionários foi evidenciado que o treinamento dos funcionários, desde operadores até os níveis de alto direção, sobre as práticas da Manufatura Enxuta foram essenciais para a estruturação do sistema,

conforme foi relatado nas pesquisas de Motwani (2003) ; Quddus e Ahsan (2014); Narang (2004);Bhasin (2012); Srinivasaraghavan e Allada (2006); Das, Venkatadri e Pandey (2014); Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009); Gurumurthy e Kodali (2011); Gurumurthy e Kodali (2010); Cudney e Elrod (2010); Djassemi (2014); Dopp e Moran (2010) ; Prasanna e Vinodh (2013); Turesky e Connell (2010); Henderson e Larco (2000).

No caso apresentado identificou-se também quais e como as práticas da Manufatura Enxuta são utilizadas na Empresa A, como pode ser observado no Quadro 10.

Práticas Identificadas	Informações obtidas no caso
Comprometimento da alta direção	O comprometimento da Alta Direção foi fundamental para que a empresa A atingisse a maturidade na Manufatura Enxuta.
Comprometimento de todos os funcionários	É considerado fundamental e houve treinamento sobre as práticas da Manufatura Enxuta para todos os funcionários.
Formação de uma equipe multifuncional	A empresa A apresentou que na rotina diária e na elaboração do MFV existe a participação de funcionários de todos os setores e de todos os níveis hierárquicos. Sendo fundamental para que não exista conflito de interesses e na geração de melhorias. Além disso, para encontrar a causa raiz dos problemas ocorridos, em específico na elaboração do Formulário de solução de problemas (FSP) que inclui o uso da AE utilizado uma equipe multifuncional com as habilidades técnicas necessárias.
Mapeamento do fluxo de valor (MFV)	Esta aponta projetos pontuais de melhorias a serem implantadas e funciona como parte do planejamento estratégico da empresa, ocorrendo anualmente. São feitos anualmente e abordam questões relacionadas aos custos, estoques, produtividade, fluxo e perda de material, mas os aspectos ambientais, tais como consumo de água e energia ainda não são ponderados. A elaboração dos MFVs é feita alinhada à meta de redução de despesas e contém todas as informações de processo mas não aborda os aspectos ambientais. É utilizado para analisar, anualmente, os fluxos de valor e traçar futuros projetos de melhoria para estes fluxos.
Programa 5s	Prática essencial na empresa A. Previamente à implantação de outra prática a empresa busca padronizar seus processos.
Treinamentos	A empresa realiza capacitação com todos os funcionários sobre o seu sistema de gestão e as práticas da Manufatura Enxuta. Na empresa A os treinamentos são realizados por Engenheiros de Produção previamente à implantação de ferramentas da Manufatura Enxuta.
Padronização/ Trabalho Padronizado	Prática essencial na empresa A. Previamente à implantação de outra prática a empresa busca padronizar seus processos.
Melhoria contínua	É aplicada na resolução de problemas por meio do ciclo PDCA e, anualmente, por meio do ciclo proposto por Rother e Shook (1999) para a realização do MFV.

Continua

Conclusão

Redução do setup (SMED).	Busca-se melhorar o tempo de setup para otimizar a produção, além disso, objetivo de otimizar a programação é para que se permita setups para limpeza gradual, neste caso em particular pensa que conforme a sequência do setup que vai ser realizado deve obedecer a lógica de uma cor mais clara, por exemplo do preto para o marrom, deste modo o setup se torna mais gradativo.
Fluxo Contínuo	Esta prática esta no último nível de certificação almejado pela Empresa A , para a implantação desta prática é preciso que a empresa já tenha implantado o TPM, gestão visual, gestão da rotina, programa 5s e padronização.
Gestão Visual	São utilizados quadros de gestão visual no chão -de- fábrica que disponibiliza os indicadores de produção, como por exemplo produtividade e paradas de máquina e também um indicador de EHS.
Sistema de medição de desempenho	A empresa A possui uma avaliação de desempenho de maneira contínua e inclui indicadores diários de produtividade, envolvendo o chão de fábrica, supervisão e a alta direção, e indicadores mensais de meio ambiente monitorados somente pela alta gerência da unidade fabril e alta direção da companhia.
Programação puxada	Esta prática está no último nível almejado pela Empresa A , para a implantação desta prática é preciso que a empresa já tenha implantado o fluxo contínuo.
Identificação da causa raiz dos problemas	Busca identificar e eliminar as causas raízes dos problemas que ocorrem na organização tanto no âmbito de produtividade quanto de meio ambiente. As práticas utilizadas para encontrar as causas raiz dos problemas na empresa A são: 5 porquês, <i>brainstorming</i> e diagrama de causa e efeito.
Check-list para monitoramento do processo e ações de manutenção	São utilizados <i>checklists</i> para a verificação de anomalias e equipamentos, quanto à segurança e manutenção.
Gestão da Rotina	Ocorre por meio de reuniões diárias no início da manhã, as quais se tratam de pequenas reuniões que começam no nível operacional de chão de fábrica e finalizam com a alta gerência da fábrica.
Eventos kaizen/kaizen	São ealizados eventos kaizen para a implantação de práticas da Manufatura Enxuta.
Processo formal de resolução de problemas	A empresa A estrutura este processo em uma cadeia de ajuda que tem como princípio buscar os profissionais adequados até encontrar uma solução para o problema ocorrido e orientar os supervisores e operadores de máquinas nas tomadas de decisão. Além disso, utiliza-se o ciclo PDCA para encontrar a causa raiz dos problemas.
Balanceamento das operações	Não foi apresentado uma descrição da prática em detalhes.

Quadro 10 - Evidências do caso sobre as práticas da Manufatura Enxuta

Vale destacar que assim como na literatura apresentada por Motwani (2003), Quddus e Ahsan (2014), Srinivasaraghavan e Allada (2006), Vinodh, Arvind e Somanaathan

(2010), Thomas, Barton e Chuke-Okafor (2009), Gurumurthy e Kodali (2011), Gurumurthy e Kodali (2010), Vinodh, Somanaathan e Arvind (2010), Macedo et al. (2014), Kumar et al. (2006), Chowdary e George (2011), Silva et al. (2011), Dopp e Moran (2010), Simmons et al. (2010), Deffense e Cachadinha (2011), Prasanna e Vinodh (2013), Liu e Qian (2011), Vedat, Akçagün e Yilmaz (2013), Chowdary e George (2011), Womack e Jones (2004), Henderson e Larco (2000) práticas “Padronização” e “Programa 5s” são consideradas primordiais para um sistema de Manufatura Enxuta e a base para a implantação de outras práticas, as quais são as primeiras a serem implantadas para o programa de certificação do sistema de gestão da empresa A.

A melhoria contínua na empresa ocorre por meio do ciclo PDCA tanto na resolução de problemas quanto na visão estratégica por meio do MFV, assim como proposto por Rother e Shook (1999) e apresentado nos estudos de Singh et al. (2006), Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010), Das, Venkatadri e Pandey (2014); Vinodh, Somanaathan e Arvind (2010), Vedat, Akçagün e Yilmaz (2013), Zahraee et al. (2014), Sahoo, Singh e Shankar (2008), Boppana e Damian (2011), Chen, Li e Shady (2010), Marudhamuthu, Krishnaswamy e Pillaic (2011); Henderson e Larco (2000); Deffense e Cachadinha (2011); Metzinger e Latif (2003), Singh e Sharma (2009) e Aulakh e Gill (2008). Pois como apresentado no caso da Empresa A o MFV compõe parte do planejamento estratégico anual da empresa e ocorre uma vez ao ano a elaboração do MFV atual e do MFV futuro com as possíveis melhoria.

Ainda, no que tange às práticas vale destacar a gestão da rotina, a qual não foi evidenciada na literatura e é utilizada na Empresa A com a participação de todos os níveis hierárquicos, da direção ao chão de fábrica, e de todos os setores, produção, administrativo, qualidade e EHS, como alegado pelos entrevistados traz muitos benefícios relacionado à rápida resolução dos problemas e identificação de possíveis melhorias nos processos. Por fim, com relação às práticas no caso não foi mencionado a utilização de dispositivos *poka-yoke*.

Os indicadores utilizados nos processos produtivos da Empresa A refletem a produtividade, perdas, qualidade, segurança e OEE, os quais são monitorados diariamente e auxiliam nas tomadas de decisão e identificação de problemas diante de qualquer anormalidade do processo.

Com relação à PmaisL o caso mostrou que a companhia da empresa A foi uma das pioneiras a nível mundial com medidas de melhoria no desempenho ambiental nos processos produtivos, ou seja, medidas de Produção mais Limpa. Na unidade de análise a PmaisL faz parte da gestão ambiental da empresa.

Ainda vale destacar que a empresa A obteve significativos resultados de melhoria no desempenho ambiental por meio de medidas de PmaisL tais como na redução de emissões, resíduos e consumo de energia assim como exposto por EPA (2001) e CNTL (2003). Do mesmo modo salientou-se que estas melhorias também geraram benefícios financeiros e no fluxo produtivo. Ressaltando-se também que as iniciativas de PmaisL desenvolvidas na empresa abrange em todos os níveis apresentados pela CNTL (2003).

É válido destacar também que na empresa não é utilizada uma metodologia padrão, como proposto pela UNEP (2004) e CNTL (2003), para a implantação da PmaisL. O funcionamento ou ações de PmaisL estão atreladas a geração de ideias de PmaisL que se tornam projetos individuais e precisam atender a critérios estabelecidos pela empresa, como mostrado neste capítulo, e ser viável ambientalmente e economicamente. Salienta-se que estas iniciativas são geradas em sua maioria por funcionários relacionados à engenharia, poucos projetos são advindos do pessoal de chão de fábrica. Segundo observado, nos treinamentos para a implantação de práticas da Manufatura Enxuta ainda não são mencionados os elementos de PmaisL.

Os indicadores ambientais, consumo de energia, geração de resíduos, e emissões atmosféricas, são monitorados mensalmente a nível de diretoria. No que diz respeito aos indicadores a nível de chão de fábrica, existe apenas um abordado de maneira qualitativa. A supervisão encarrega de monitorar os 17 elementos da gestão ambiental da unidade fabril de sua responsabilidade que são relacionados a estes indicadores ambientais. Alegou-se que cada elemento é composto por requisitos que a empresa deve seguir e, assim, a empresa consegue alcançar melhorias nos indicadores de meio ambiente. Destaca-se também que a empresa encara o meio ambiente como valor e o insere em sua estratégia, como mostrado no organograma é um elemento que tem atenção direta da gestão a nível de diretoria.

Com relação à Manufatura Enxuta e a PmaisL de maneira integrada foi possível observar que existe uma integração parcial. Isto justifica-se pelo fato de que o “Empresa A Manufacturing System” pondera a variável ambiental na implantação de melhorias e solução de problemas e pelo fato da percepção dos gestores desta empresa de que estas abordagens são complementares e compatíveis assim como mostra a literatura (FLORIDA, 1996; MAXWELL et al., 1998; EPA, 2000; KING; LENOX, 2001; ROTHENBERG; PIL; MAXWELL, 2001; LARSON; GREENWOD, 2004; EPA, 2007a; EPA 2007b; FLIEDNER, 2008; BAE; KIM, 2009; BERGMILLER; MCCRIGHT, 2009a; BERGMILLER; MCCRIGHT, 2009b; BERGMILLER; MCCRIGHT, 2009c; NAHMENS, 2009; MILLER; PAWLOSKI; STANDRIDGE, 2010; EPA, 2010; TORIELLI et al., 2010; PARVEEN; KUMAR; RAO, 2011;

EPA, 2011; VINODH; ARVIND; SOMANAATHAN, 2011; YANG; HONG; MODI; 2011, AGUADO; ALVAREZ; DOMINGO, 2013; JABBOUR et al.,2012; SOBRAL; JABBOUR; JABBOUR, 2013; DÜES; TAN ; LIM, 2013). Por outro lado, não existe uma integração completa porque a geração de oportunidades de PmaisL ainda não compõe o escopo dos treinamentos da Manufatura Enxuta e não existe ferramentas enxutas sendo aplicadas para obter resultados ambientais.

Outro ponto importante a ser aqui destacado é que a inclusão de indicadores no ambientais no chão de fábrica ou de um MFV com aspectos ambientais foi considerado desnecessário e trabalhoso na visão do supervisor de meio ambiente e do supervisor de produção, contrariando a opinião do coordenador *Lean*. Para estes dois primeiros a revisão mensal dos indicadores ambientais e os 17 elementos do sistema de gestão ambiental já são suficientes.

Por fim, este estudo de caso permitiu observar na prática como uma empresa aplica a Manufatura Enxuta e a PmaisL. Apesar de não estarem integradas totalmente foi possível obter informações que colaborarão para a elaboração das recomendações, as quais serão apresentadas a seguir no Capítulo 5.

CAPÍTULO 5 -RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA CONSIDERANDO OS PROPÓSITOS DA PMAISL

Neste capítulo serão apresentadas as recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da PmaisL, baseadas no que foi encontrado na literatura e no estudo de caso, estruturadas nas fases do DMAIC. Primeiramente será apresentado o processo de formulação destas Recomendações e posteriormente a descrição das mesmas.

5.1 - Processo de Formulação das Recomendações

As Recomendações foram formuladas a partir de duas fontes de informação: a literatura e o estudo de caso. No que tange à literatura foi possível extrair as práticas essenciais para a implantação da Manufatura Enxuta e os propósitos da PmaisL. Obteve-se também resultados referentes ao modo como estas duas abordagens são tratadas na literatura de maneira integrada. Com relação do estudo de caso, buscou-se encontrar, em uma unidade de análise que tivesse a Manufatura Enxuta e que utilizasse a PmaisL, evidências empíricas da aplicação na prática das duas abordagens.

A composição das recomendações foi orientada pelas práticas essenciais para a implantação da Manufatura Enxuta, as quais foram identificadas no Capítulo 2. Adotando tais práticas, foram compiladas as informações obtidas na literatura e no estudo de caso, como descrito no 5 e no Quadro 10. Na figura 31 é ilustrado este processo de formulação.

Figura 31 – Processo de formulação das Recomendações

As práticas que serão utilizadas para a formulação das recomendações são as práticas consideradas essenciais, ou seja, aquelas práticas que são aplicáveis a qualquer contexto organizacional e são a base para o funcionamento de um sistema enxuto, as quais são:

- Mudança cultural;
- Entendimento do contexto organizacional;
- Comprometimento da alta direção e de todos os funcionários;
- Formação de uma equipe multifuncional para a implantação;
- Treinamentos;
- Trabalho padronizado;
- Gestão visual;
- Melhoria contínua;
- Sistema de medição de desempenho;
- Identificação das causas raízes dos problemas;
- Processo formal de resolução de problemas;
- MFV;
- Programa 5s;
- Redução do *setup*;
- E os eventos *kaizen*.

Vale destacar que a prática “Entendimento do Contexto Organizacional” não foi considerada no caso e nem abordada nos questionamentos porque o processo de implantação nesta empresa estudada foi iniciado por uma consultoria, a qual responsável por realizar esta prática. Deste modo, como foi a consultoria que precisou entender para implantar não questionou-se.

Outro ponto a ser observado é com relação à Mudança Cultural e o Comprometimento da alta-direção e dos funcionários, entende-se que ambos estão diretamente relacionadas pois buscam o mesmo objetivo. Neste sentido, as recomendações serão elaboradas considerando estas duas práticas conjuntamente.

Vale destacar também que na literatura foi encontrado a prática de coletar dados do processo dentro do entendimento dos detalhes da empresa. Esta prática está alinhada a um dos objetivos propostos pelo MFV, que é coletar todas as informações do fluxo produtivo. Sendo assim, a prática de coletar os dados do processo será considerado um objetivo do o MFV.

5.2 - Recomendações

O objetivo destas recomendações é orientar os gestores dos sistemas produtivos que desejam implantar a Manufatura Enxuta em seus sistemas produtivos ponderando questões ambientais ou aqueles que já possuem a Manufatura Enxuta implantada e desejam começar a ponderar as questões ambientais nos processos de melhoria. Além disso, estas recomendações são direcionados para os níveis 1 e 2, propostos pela CNTL (2003), da PmaisL.

Destaca-se que para a elaboração dessas recomendações não se buscou limitar o setor da empresa, buscando apresenta-las de maneira generalista e adaptável a quaisquer iniciativas de implantação da Manufatura Enxuta em ambientes fabris.

Como exposto no Capítulo 2, estas recomendações foram estruturadas no nas fases do Método DMAIC. As quais serão descritas fase a fase, anteriormente a descrição de cada fase serão apresentados quadros correspondentes às recomendações existentes em cada fase. No Quadro 11 é apresentada uma visão geral das recomendações nas fases DMAIC e em negrito é destacado o que é considerado necessário incluir para a ponderação dos propósitos da PmaisL na implantação da Manufatura Enxuta.

Fase	Recomendações
DEFINE	1. Entender o contexto organizacional
	2. Garantir o comprometimento da alta direção e funcionários
	3. Formar uma equipe multifuncional, incluindo um profissional de meio ambiente
	4. Capacitar os funcionários sobre Manufatura Enxuta e nos propósitos da PmaisL
	5. Listar quais pontos a empresa deseja e precisa melhorar abrangendo todos os critérios de desempenho (custo, qualidade, meio ambiente , flexibilidade, velocidade, entre outros).
	6. Planejamento: estabelecer um cronograma.
MEASURE	1. Definir sistema de medição de desempenho: Indicadores de desempenho operacionais e incluir os principais indicadores ambientais com base nos principais aspectos ambientais envolvidos no processo.
	2. Gestão Visual, com indicadores de desempenho de produção e indicadores de meio ambiente.
	3. Mapeamento do processo e Coleta de dados da situação atual Elaborar MFV atual com aspectos ambientais.
	4. Identificação dos problemas e suas variações e os possíveis obstáculos.
ANALYSE	1. Identificar as causas-raiz dos problemas (possíveis variações).
	2. MFV futuro com aspectos ambientais.
	3. Detalhamento técnico das soluções considerando o meio ambiente.
	4. Priorizar as melhorias a serem implantadas.
	5. Cronograma de implantação das melhorias.
IMPROVE	1. Planejar o kaizen.
	2. Capacitação complementar, incluindo os propósitos da PmaisL.
	3. Implantar a melhoria por meio do <i>kaizen</i> .
	4. Fechamento das ações.
CONTROL	1. Acompanhar o desempenho do que foi implantado e verificar se a meta foi atingida;
	2. Auditorias (garantia de sustentação das melhorias implantadas);
	3. Retomada de ciclo de melhoria contínua.

Quadro 11 - Recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da PmaisL.

Neste quadro apresenta-se as recomendações estruturadas nas fases do DMAIC, a seguir serão apresentadas as descrições das mesmas, fase a fase. No Quadro 12 podem ser visualizadas as recomendações referentes à etapa “Define” seguido pela descrição da fase.

Fase	Recomendações
DEFINE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entender o contexto organizacional. 2. Garantir o comprometimento da alta direção e funcionários. 3. Formar uma equipe multifuncional, incluindo um profissional de meio ambiente. 4. Capacitar os funcionários sobre Manufatura Enxuta e nos propósitos da PmaisL. 5. Listar quais pontos a empresa deseja e precisa melhorar abrangendo todos os critérios de desempenho (custo, qualidade, meio ambiente, flexibilidade, velocidade, entre outros). 6. Planejamento: estabelecer um cronograma.

Quadro 12 - Recomendações na fase “Define”.

A primeira recomendação “Entender o contexto organizacional” diz respeito à compreensão das características organizacionais, tais como estratégia corporativa, processos-chaves do negócio, cultura e estrutura organizacional e o valor esperado pelo cliente, ou seja, para qual mercado a empresa atua e quais as expectativas destes.

Na sequência recomenda-se garantir o comprometimento da alta direção e dos funcionários. A alta direção deve estar motivada e deve disponibilizar tempo, informações e recursos para a implantação do sistema de gestão. Após ter obtido o comprometimento da alta direção, a mesma deve buscar o comprometimento dos funcionários, os motivando e os conscientizando da importância e do que se trata o processo de mudança, apresentando os principais conceitos e os resultados esperados. O objetivo é que obtendo o comprometimento de toda a empresa, seja alcançada a Mudança Cultural na busca pela eliminação dos desperdícios, os já considerados pela Manufatura Enxuta, como estoque, movimentação excessiva, entre outros, e os ambientais, tais como desperdício de materiais e energia.

A terceira recomendação na fase “Define” envolve a formação de uma equipe multifuncional que deve ser composta por especialistas e gestores de diferentes departamentos: custos, qualidade, engenharia de processos, meio ambiente, entre outros; por membros dos vários níveis hierárquicos desde a alta direção até os trabalhadores do chão de fábrica. Com esta equipe deve-se buscar a integração de todas as áreas e a resolução de possíveis conflitos de interesse na implantação de melhorias e solução de problemas. Ainda, como proposto por Womack e Jones (2004), é necessário definir um agente de mudança, ou seja, um responsável pelo projeto de implantação. Esta equipe e o agente de mudança devem participar de todas as etapas da implantação.

Recomenda-se que após definir a equipe para a implantação é preciso capacitá-la, bem como todos os funcionários envolvidos com o processo de implantação. Esta capacitação está relacionada com um treinamento inicial com o objetivo de explicar todos os conceitos relacionados ao projeto de implantação do novo sistema, apresentando:

- O método que será utilizado para a implantação;
- Princípios e práticas da Manufatura Enxuta;
- Propósitos da PmaisL;
- E os possíveis desperdícios a serem encontrados no sistema produtivo;

Vale ressaltar que nesta etapa entende-se como essencial ressaltar para os funcionários que em qualquer iniciativa de melhoria o meio ambiente deve ser ponderado e, assim, deve ser mensurado o desempenho ambiental alcançado.

Ainda, na fase de “Define”, sugere-se que a equipe responsável pela implantação faça uma lista dos principais pontos que a empresa deseja e precisa melhorar abrangendo todos os critérios de desempenho (custo, qualidade, meio ambiente, flexibilidade, velocidade, entre outros). Esta lista precisa definir os objetivos e metas a serem alcançados com a implantação da Manufatura Enxuta e orientar sobre a real necessidade de mudança e os requisitos para a condução do processo de implantação, alinhados à estrutura organizacional. Vale destacar que caso a organização possua mais de uma linha de produção é preciso definir por onde se deseja começar.

Por fim, como última recomendação desta fase, entende-se que é importante estabelecer um cronograma, baseado na lista definida pela equipe de implantação, com todas as atividades que se pretende realizar durante o processo de implantação. Este cronograma deve buscar operacionalizar estas atividades e ser a orientação para a processo de mudança. Ainda, sugere-se que este planejamento seja estruturado nas fases do DMAIC e que o período de duração seja discutido pela equipe fazendo uma estimativa do mesmo e ajustando conforme a necessidade e o andamento do projeto.

Depois de ter os funcionários comprometidos e capacitados, definido os responsáveis e o cronograma pelo projeto de implantação, finaliza-se a primeira etapa “Define” e deve ser iniciada a fase “Measure”. No Quadro 13 são expostas as recomendações relacionadas com esta fase.

Fase	Recomendações
Measure	1. Definir sistema de medição de desempenho: Indicadores de desempenho operacionais e incluir os principais indicadores ambientais com base nos principais aspectos ambientais envolvidos no processo. 2. Gestão Visual, com indicadores de desempenho de produção e indicadores de meio ambiente. 3. Mapeamento do processo e Coleta de dados da situação atual Elaborar MFV atual com aspectos ambientais. 4. Identificação dos problemas e suas variações e os possíveis obstáculos;

Quadro 13 - Recomendações na fase “Measure”

A primeira recomendação desta fase é definir um sistema de medição de desempenho a partir das características do processo e dos objetivos estratégicos da organização. Isto é, precisa ser definido quais são os indicadores de desempenho operacionais, como por exemplo produtividade, tempo de ciclo e refugo, e incluir indicadores ambientais. Para definir os indicadores ambientais recomenda-se analisar quais os aspectos ambientais envolvidos no

processo produtivo, por exemplo: consumo de energia, água e materiais ou aqueles que geram emissões gasosas ou resíduos sólidos. Após a conclusão de quais são os aspectos ambientais envolvidos, deve-se criar um indicador para eles, como por exemplo:

- Consumo de água: m^3 de água por produto produzido em quilo (m^3/kg);
- Energia: consumo de energia por produto produzido em quilo (kw/kg);
- Consumo de materiais: materiais utilizados em quilo por produtos finais em quilo.

Após definidos os indicadores de desempenho sugere-se o estabelecimento da Gestão Visual por meio da disponibilização dos principais indicadores do processo no chão de fábrica. O gerenciamento visual tem o objetivo de melhorar a comunicação entre todos, informando o desempenho dos processos e das melhorias implantadas. Além disso, com a melhoria nos resultados pode aumentar a conscientização e motivação com o novo sistema de gestão. Ou seja, esta prática é para permitir que a situação do sistema seja entendida por todos os envolvidos.

A elaboração do MFV atual é a terceira e, entende-se como, a mais importante recomendação da fase de “Medir” uma vez que é nesta atividade que os processos são mensurados antes de iniciar a implantação de melhorias. A elaboração do MFV deve seguir as seguintes atividades:

- Entender o fluxo do processo;
- Desenhar todas as etapas do processo produtivo, incluindo os estoques entre estas etapas;
- Desenhar o fluxo de informações e materiais;
- Coletar dados sobre o tempo dos processos, tempo de setup, estoques, demanda, número de funcionários e sobre os aspectos ambientais envolvidos (consumo de energia, água, materiais e/ou emissões);
- Identificar os desperdícios envolvidos nos processos;
- E representar todos os dados coletados na forma de MFV como proposto por Rother e Shook (1999) e EPA (2010).

Vale destacar que a medição dos aspectos ambientais pode ser complexa, uma vez que para levantar dados individuais dos processos pode ser necessário equipamentos de medição específicos.

O objetivo do MFV atual é representar a situação em que o processo se encontra e os pontos que precisam ser melhorados. Ressalta-se que no caso de mais de uma linha de

produção ou família de produtos deve-se elaborar um MFV para cada. Ainda, destaca-se que o MFV pode colaborar na comunicação com os *stakeholders* sobre as atividades da empresa e os fluxos de materiais, energia e resíduos no sistema produtivo.

Com base nos dados obtidos por meio da mensuração de todos fatores envolvidos no processo tem-se como última etapa da fase de “Medir” a identificação dos problemas relacionados com o processo analisado e os possíveis obstáculos para sua resolução. Assim, com o objetivo de entender e analisar detalhadamente o processo produtivo da família de produtos que será iniciado a implantação da Manufatura Enxuta, recomenda-se a terceira fase “Analyse”, como pode ser vista no Quadro 14 e descrita na sequência.

Fase	Recomendações
ANALYSE	1. Identificar as causas-raiz dos problemas (possíveis variações). 2. MFV futuro com aspectos ambientais . 3. Detalhamento técnico das soluções considerando o meio ambiente . 4. Priorizar as melhorias a serem implantadas. 5. Cronograma de implantação das melhorias

Quadro 14 - “Recomendações na fase “Analyse”

Para iniciar a fase “Analyse” recomenda-se identificar as causas-raiz dos problemas encontrados e suas possíveis variações. Isto pode ser feito por meio de *brainstorming*, “5 porquês” e diagrama de causa e efeito. A identificação da causa raiz de um problema é muito importante visto que para a resolução efetiva deste problema é preciso chegar na sua exata causa e permitir encontrar a solução adequadas. Além disso, é muito importante identificar as variações dos problemas encontrados. Vale ressaltar que no que se refere aos problemas de meio ambiente é muito importante que a melhoria ocorra na fonte do problema ambiental visto que é o meio mais eficaz em termos de custos ambientais para a redução dos impactos.

Deste modo, recomenda-se que após encontrar a causa raiz dos problemas deve ser elaborado um MFV da situação futura. Este MFV deve conter todas as informações listadas no estado atual e refletir o estado ideal em que o processo deve ficar após a resolução dos problemas. Isto é, deve refletir qual é a meta deste projeto de implantação.

Na sequência propõe-se buscar e analisar soluções adequadas para a resolver os problemas encontrados. As práticas da Manufatura Enxuta podem solucionar vários problemas encontrados nos processos produtivos. No Quadro 15 são apresentadas as práticas que merecem

atenção, visto que podem oferecer *trade-offs* com o meio ambiente, informações que também foram obtidas por meio dos resultados da literatura e do estudo de caso.

Práticas da Manufatura Enxuta	Soluções oferecidas	Possíveis <i>trade-offs</i> com o desempenho ambiental
JIT	Visa produzir somente conforme a demanda e evita a produção além do necessário podendo ocasionar redução no consumo de materiais, água, energia e substâncias tóxicas.	Para entregar na quantidade requerida pode ser necessário consolidar pequenos lotes para transporte implicando no aumento no número de entregas que gera mais emissões, consumo de combustíveis e desgaste do automóvel.
Produção Nivelada	Pode reduzir a quantidade de produtos em estoque e evita a produção além do necessário	Pequenos lotes de produção podem requerer mais setups, isto pode aumentar a quantidade de limpeza dos equipamentos sendo necessários mais produtos de limpeza e em alguns casos descarte de materiais.
5s	Auxilia na padronização e organização do e ao acrescentar o sexto "S" de segurança o risco ao trabalhador passa a ser considerando, melhorando assim suas condições de trabalho.	Pode aumentar o consumo de materiais de limpeza, que podem conter substâncias tóxicas.

Quadro 15 - Soluções oferecidas e possíveis *trade-offs* das práticas da Manufatura Enxuta com o desempenho ambiental.

Deste modo, previamente a escolha da prática a ser implantada deve haver uma análise de suas soluções oferecidas a fim de verificar convergência para a resolução dos problemas identificados. Do mesmo modo, devem ser considerados os possíveis *trade-offs* com o desempenho ambiental, para que uma melhoria não seja feita em detrimento do prejuízo em algum indicador ambiental. Vale ressaltar que os possíveis *trade-offs* carecem de uma análise mais detalhada, o que foi apresentado tem caráter de orientar e sinalizar pontos de atenção.

Portanto, antes de determinar quais as melhorias serão implantadas deve haver um estudo de viabilidade econômica e análise da viabilidade ambiental da solução encontrada. Neste sentido, a próxima recomendação é priorizar quais a implantação de melhorias. Esta recomendação diz respeito a ordem de implantação de melhorias. Entende-se que existem práticas que são prioritárias e aplicáveis à qualquer processo, assim sugere-se implantar as seguintes práticas na respectiva ordem:

1. Programa 5s;
2. Padronização;
3. Redução de setup por meio do SMED;
4. E um programa formal de resolução de problemas.

A implantação das outras práticas vai depender das especificidades do processo, estas são consideradas práticas essenciais e de uso geral. Para a implantação das melhorias deve ser estabelecido um cronograma. Assim, a próxima fase é a “Improve”, etapa em que as melhorias serão implantadas por meio de “Eventos *Kaizen*”. No Quadro 16 podem ser visualizadas as recomendações para esta fase.

Fase	Recomendações
IMPROVE	<ol style="list-style-type: none">1. Planejar o <i>kaizen</i>.2. Capacitação complementar, incluindo os propósitos da PmaisL.3. Implantar a melhoria por meio do <i>kaizen</i>.4. Fechamento das ações.

Quadro 16 - Recomendações na fase “Melhorar”

É válido evidenciar que recomenda-se a implantação da melhoria ocorra por meio de um processo planejado. Sugere-se que as melhorias sejam implantadas por meio de “Eventos *kaizen*” pelo fato de que, como apontam Araújo e Rentes (2006), este método de implantação de melhorias envolve uma equipe dedicada e ocorre em um curto período de tempo, usualmente em cinco dias, permitindo a obtenção rápida dos resultados. No entanto, ressalta-se que não é o único meio para a implantar uma melhoria, propôs-se a utilização do *Kaizen* por ser uma forma muito difundida de se implantar melhoria.

Assim, a primeira etapa da fase “Improve” é a realização de um planejamento do *Kaizen*. Este planejamento envolve a definição da equipe que participará da implantação, a qual, com base em Araújo e Rentes (2006), deve ser composta por:

- Especialistas nos processos da área;
- Clientes e/ou fornecedores internos relacionados à área;
- Pessoas de fora da área, com o objetivo disseminar os princípios;
- Facilitadores ou coordenadores de produção;
- Líderes (supervisores ou gestores da área)
- Especialistas ou consultores externos devem estar presentes sempre que solicitado pela equipe.

Posteriormente, devem ser verificadas e programadas as atividades necessitam ser realizadas previamente ao evento. Além disso, é necessário elaborar um cronograma do evento, determinando um período para treinamento, ação, implantação da melhoria e ajustes,

consolidação do que foi implantado, apresentação dos resultados e um tempo para uma celebração.

Depois de definida a equipe e o planejamento do Evento *Kaizen* recomenda-se que seja realizada uma capacitação complementar relacionada com a prática que será implantada. Nesta capacitação devem ser incluídos os propósitos da PmaisL e as maneiras de atingi-los por meio das práticas da Manufatura Enxuta, além dos possíveis *trade-offs*. Este treinamento deve ser repetido conforme for necessário o re-treinamento dos funcionários ao longo do tempo. Deste modo, após a equipe capacitada a melhoria deve ser implantada por meio do Evento *Kaizen* e recomenda-se também que deve haver um fechamento das ações que está relacionado com a padronização e treinamento para todos os envolvidos no processo sobre o que foi implantado, além da divulgação dos resultados obtidos.

Para garantir a estabilidade das melhorias implantadas deve existir a última fase “Control”, apresentada no Quadro 17. Esta fase está relacionada com a Melhoria Contínua, que é um dos princípios da Manufatura Enxuta e um dos propósitos da PmaisL.

Fase	Recomendações
CONTROL	<ol style="list-style-type: none">1. Acompanhar o desempenho do que foi implantado e verificar se a meta foi atingida;2. Auditorias (garantia de sustentação das melhorias implantadas);3. Retomada de ciclo de melhoria contínua.

Quadro 17 - Recomendações na fase “Control”

Nesta fase recomenda-se o acompanhamento, por meio dos indicadores, do desempenho do que foi implantado e para verificar se as metas propostas foram atingidas. Entende-se que para atender aos propósitos da PmaisL é preciso estar atento se a melhoria do desempenho em produtividade, velocidade de entrega, custo, qualidade não ocorreu em detrimento da piora no desempenho ambiental. Do mesmo modo, a melhoria em ambos os indicadores devem ser divulgadas serem “agentes” de motivação e conscientização da implantação do novo sistema.

Por fim, este acompanhamento deve ser realizado de maneira periódica por meio de auditorias que verifiquem se os processos estão ocorrendo dentro dos padrões estabelecidos e os pontos a serem melhorados. Ainda, entende-se que é importante a busca pela manutenção da melhoria alcançada e deve-se buscar potenciais causas caso haja dificuldade de manutenção do ganho. Tudo isto, com o objetivo de retomada do ciclo de melhoria contínua.

5.3 - Considerações finais sobre o capítulo

Estas recomendações foram elaboradas a partir de evidências da literatura e de um estudo de caso único, as quais tem como objetivo prover uma orientação para aqueles que almejam a implantação da Manufatura Enxuta ponderando a variável ambiental por meio da consideração dos propósitos da PmaisL. Isto é, dar suporte para buscar simultaneamente desempenho econômico e ambiental nos sistemas produtivos. No entanto, vale destacar que não ocorreu uma validação prática das recomendações. Deste modo, não foi possível testar a aplicabilidade e apontar todas as limitações das recomendações propostas. Contudo, vale destacar que a empresa estudada já consegue fazer essa junção das duas abordagens e obtendo ganhos representativos

Previamente é possível assegurar que estas recomendações possuem uma estrutura genérica que possibilita a aplicação em qualquer setor de manufatura, permitindo a adequação conforme as características da organização e de seus processos. Além disso, espera-se contribuir para a literatura de Manufatura Enxuta e PmaisL acerca da aplicação integrada destas abordagens.

Além disso, destaca-se que uma limitação destas recomendações é com relação a fase “Measure”, uma vez que restringiu-se apenas em descrever o que deve ser medido, não direcionando para como medir. Do mesmo modo, os possíveis *trade-offs* entre o desempenho ambiental e as práticas da Manufatura Enxuta foram citados em poucos detalhes carecendo de pesquisas que os estudem detalhadamente, prática por prática visando solucioná-los.

É importante destacar que apesar de no caso da Empresa A o MFV com aspectos ambientais não foi considerado necessário visto que antes da implantação da Manufatura Enxuta a empresa já tinha a PmaisL implantada e buscava melhorias para o meio ambiente. Portanto, para as empresas que ainda não se preocupam com o meio ambiente em seus processos produtivos recomenda-se que o MFV inclua os aspectos ambientais.

Apesar destas limitações, entende-se que estas recomendações norteiam a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da PmaisL. Deste modo, é possível afirmar que o objetivo proposto por esta pesquisa foi alcançado. Além disso, com a elaboração destas recomendações foi possível observar que o processo básico de implantação da Manufatura Enxuta não sofre grandes alterações em sua estrutura para a inclusão dos propósitos da PmaisL.

Uma vez tendo sido apresentado o embasamento teórico para esta dissertação, o estudo de caso realizado e as recomendações desenvolvidas, no capítulo seguinte são apresentadas as conclusões da pesquisa.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

A Manufatura Enxuta apresenta-se como uma filosofia de gestão da produção composta por princípios e práticas que visam eliminar os desperdícios dos sistemas produtivos a fim de alcançar melhores resultados em custo, produtividade, qualidade e velocidade de entrega. Esta abordagem ainda não busca de maneira direta a redução dos impactos ambientais nos produtos e processos, o que na atualidade se trata de uma exigência dos *stakeholders*, isto é, da sociedade, consumidores, governos e acionistas. No entanto, na literatura e no estudo de caso foi possível perceber que seus princípios e ferramentas possuem muitas convergências para a melhoria do desempenho ambiental.

Além disso, para a implantação da Manufatura Enxuta não é determinado um método ou norma padrão visto que cada empresa possui suas características específicas e problemas variados. Portanto, as ferramentas e a ordem de implantação destas poderão variar. Contudo, observou-se que existem as práticas essenciais e é preciso que este processo ocorra de maneira estruturada. Neste sentido, constatou-se que o método DMAIC foi o mais adotado, segundo a literatura estudada, para estruturar essas implantações e, por isso, adotado como estrutura neste trabalho.

Foi possível identificar relatos de implantação e algumas propostas de estrutura para guiar este processo. Destas pesquisas encontradas na literatura foi possível extrair práticas essenciais para implantar a Manufatura Enxuta de maneira estruturada, as quais são: Mudança cultural; Entendimento do contexto organizacional; Comprometimento da alta direção e de todos os funcionários; Formação de uma equipe multifuncional para a implantação; Treinamentos; trabalho padronizado; gestão visual; Melhoria contínua; Sistema de medição de desempenho; Trabalhador multifuncional; Identificação das causas raízes dos problemas; Processo formal de resolução de problemas; Programa 5s; Redução do setup; E os eventos kaizen. Além destas, identificou-se que uma maneira de estruturar estas práticas é por meio do método DMAIC, o qual se trata de um ciclo de desenvolvimento de projetos de melhoria utilizado para organizar o processo de implantação da Manufatura Enxuta.

Para reduzir os impactos ambientais causados pelos sistemas produtivos existe a PmaisL, a qual se trata de uma estratégia de gestão ambiental que busca melhorar o desempenho

ambiental dos processos produtivos por meio do uso eficiente dos recursos e da eliminação dos impactos ambientais em sua fonte geradora. Esta abordagem propõe que as melhorias sejam realizadas desde mudanças nos produtos e processos até por meio de substituição de matérias-primas visando a redução do consumo de energia, água, materiais, redução nas emissões gasosas e na geração de resíduos. A adoção desta estratégia em conjunto com a Manufatura Enxuta pode colaborar para anteder as atuais demandas e melhorar simultaneamente o desempenho econômico e ambiental das organizações.

A partir da revisão de literatura acerca da Manufatura Enxuta e da PmaisL observou-se que existem compatibilidades e divergências entre as abordagens. Além disso, encontrou-se recomendações para melhorar o desempenho ambiental dos sistemas enxutos e o modo como os recursos humanos interferem na integração destas áreas e, além disso, como as práticas enxutas podem ser utilizadas para atingir os propósitos da PmaisL. Contudo, constatou-se na literatura algumas divergências no sentido de que a Manufatura Enxuta ainda não mensura os ganhos ou prejuízos em desempenho ambiental na implantação de suas melhorias como mostrado por EPA (2010), Larson e Greenwood (2004), Dakov e Novkov (2007) e Dües, Tan e Lim (2013). Do mesmo modo, identificou-se algumas práticas, como *Just in Time*, Produção Nivelada e Programa 5S, podem apresentar *trade-offs* com os propósitos da PmaisL como mostra o estudo de Rothenberg, Pil e Maxwell (2001) e Dües, Tan e Lim (2013).

No estudo de caso foi possível constatar na prática a necessidade de incluir objetivos de desempenho ambiental na Manufatura Enxuta para que a implantação de melhorias *Lean* não ocorram em detrimento de piores resultados em desempenho ambiental. Ainda, destacou-se que iniciativas de PmaisL trazem retornos financeiros para a organização e exemplificou-se projetos de melhorias da Manufatura Enxuta que resultaram em melhorias ambientais.

Assim, foi possível concluir que a prática e a literatura são em grande parte convergentes visto que para ambas a Manufatura Enxuta e os propósitos da PmaisL são compatíveis. Ambos apreciam os Recursos Humanos como fundamentais para a melhoria e continuidade dos resultados, além disso consideram que a redução dos desperdícios abordados pela Manufatura Enxuta acarreta diminuição dos impactos ambientais. Porém, constatou-se uma divergência relacionada ao MFV, em que a literatura considera como ferramenta vital para a integração da variável ambiental na Manufatura Enxuta, enquanto os supervisores, de produção e de meio ambiente, entrevistados no estudo de caso consideram desnecessário considerar os aspectos ambientais no MFV.

A partir das evidências encontradas na literatura e no estudo de caso a proposição defendida foi confirmada. Pois a literatura e os resultados do estudo de caso demonstraram que devem ser considerados elementos de prevenção a poluição nos sistemas enxutos para tornar as atividades da manufatura mais ambientalmente sustentáveis. Do mesmo modo foi demonstrado que existem várias compatibilidades entre as abordagens e para a empresa analisada no estudo de caso os propósitos de ambas as abordagens são “compatíveis” e devem estar alinhados para evitar possíveis conflitos.

Buscando aumentar o campo de conhecimento sobre implantação da Manufatura Enxuta e tornar esta implantação alinhada às atuais demandas de produtos e processos com baixo impacto ambiental foram propostas as recomendações para a consideração dos propósitos da PmaisL nas práticas essenciais da implantação da Manufatura Enxuta estruturadas em um ciclo de melhoria contínua do método DMAIC. Deste modo, permitindo que o objetivo geral e os objetivos específicos fossem atingidos.

De forma geral, para o desenvolvimento das recomendações, o que se buscou foi consolidar as práticas essenciais para a implantação da Manufatura Enxuta por meio de propostas disponíveis na literatura, delimitar os propósitos da PmaisL a partir do referencial teórico, encontrar os princípios, conceitos e práticas comuns e divergentes entre a Manufatura Enxuta e a PmaisL e investigar empiricamente, por meio de um estudo de caso, como os propósitos da PmaisL são inseridos na Manufatura Enxuta em uma empresa de referência.

As recomendações propostas podem orientar as empresas de manufatura que desejam aplicar as abordagens da Manufatura Enxuta e da PmaisL de maneira conjunta, operacionalizando o processo de implantação e contribuindo para alcançar os potenciais benefícios desta integração, como as melhorias em desempenho ambiental e econômico.

Apesar de adotar um estudo de caso único de uma empresa multinacional de grande porte como objeto de pesquisa, esta proposta pode contribuir do mesmo modo para a aplicação destas recomendações nas demais empresas de manufatura visto que aborda as práticas essenciais e possui uma estrutura genérica, adaptável ao contexto de cada organização.

Por fim é importante destacar que o trabalho limitou-se, pela indisponibilidade de tempo, somente a proposta das recomendações. Uma possível limitação deste trabalho é o fato de não ter ocorrido uma aplicação das recomendações com o propósito de avaliá-las e verificar os ajustes necessários. No entanto, a aplicação prática das recomendações propostas e a respectiva avaliação poderá ser conduzida em pesquisas futuras. Outra sugestão para trabalhos futuros é estudar em detalhes os *trade-offs* de cada prática da Manufatura Enxuta com relação aos propósitos da PmaisL.

REFERÊNCIAS⁶

AGUADO, S.; ALVAREZ,R.; DOMINGO,R. Model of efficient and sustainable improvements in a lean production system through processes of environmental innovation. **Journal of Cleaner Production**, v.47, 2013.

ÅHLSTRÖM, P. Sequences in the implementation of lean production. **European Management Journal**, v. 16, Issue 3, 1998.

ARAÚJO, C. A. C.; RENTES, A. F. A Metodologia Kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de Produção Enxuta. **Revista Gestão Industrial**. v. 02, n. 02: p. 126 135, 2006.

AULAKH, S.S, GILL, J.S. Lean manufacturing- a practitioner's perspective. **International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, 2008.

BAE, J.; KIM, Y. Assessing the environmental impacts of lean supply System: a case study of rebar supply in high-rise condominium construction projects. **Construction Research Congress**, 2009.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BERGMILLER, G. G.; MCCRIGHT, P. R. (a) Lean Manufacturers' Transcendence to Green Manufacturing. **Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference**, 2009. Disponível em : < http://zworc.com/site/publications_assets/leanmanufacturerstranscendence.pdf > Acesso em: 26, fev. 2014.

BERGMILLER, G. G.; MCCRIGHT, P. R. (b) Are Lean and Green Programs Synergistic?. **IProceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference**, 2009. Disponível em : < http://zworc.com/site/publications_assets/leanmanufacturerstranscendence.pdf > Acesso em: 26, fev. 2014.

BERGMILLER, G. G.; MCCRIGHT, P. R. (c) Parallel Models for Lean and Green Operations. **Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference**, 2009. Disponível em : < http://zworc.com/site/publications_assets/leanmanufacturerstranscendence.pdf > Acesso em: 26, fev. 2014.

BERKEL, R. V. Cleaner Production for process industries- Overview of the cleaner production concept and relation with other environmental management strategies. **CHEMECA Australasian Chemical Engineering Conference**, Perth WA, 9-12 July 2000. Disponível em: <<http://infohouse.p2ric.org/ref/13/12031.pdf>> Acesso em: 06-março-13.

⁶ De acordo com SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS - SIBi/USP **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: documento eletrônico e impresso, Parte I (ABNT)**. 2ª Ed. São Paulo, 2009.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. Revisitando a produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Revista Produção**. v.24, n.1 São Paulo Jan./Mar. 2014.

BERTOLINI, M.; ROMAGNOLI, G. Lean manufacturing in the valve pre-assembly area of a bottling lines production plant: An Italian case study. **Proceedings of 2013 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)**, 2013.

BHASIN, S. An appropriate change strategy for lean success. **Management Decision**, v. 50 Iss: 3, pp.439 – 458, 2012.

BOPPANA, C.; DAMIAN, G. Application of Flexible Lean Tools for Restructuring of Manufacturing Operations: A Case Stud. **Global Journal of Flexible Systems Management**, v. 12, 2011

CAGNO, E.; TRUCCO, P.; LORENZO, T. Cleaner production and profitability: analysis of 134 industrial pollution prevention (P2) project reports. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, p. 593-605, 2005.

CEBEDS- Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável . **Guia de Produção mais Limpa**, 2003. Disponível em <<http://www.cebds.org.br/media/uploads/pdf-capas-publicacoes-cebds/ecoeficiencia/guiapratico-implementacao-metodologia-pmais1.pdf>> Acesso em 12 jun. 2013.

CHEN, J. C.; LI, C.; SHADY; B. D. From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. **International Journal of Production Research**, v., 48, Issue 4, 2010.

CHEN, J. C.; CHEN, K. Application of ORFPM system for lean implementation: an industrial case study. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. v. 72, Issue 5-8, pp 839-852, 2014.

CHOWDARY, B. V.; GEORGE, D. Improvement of manufacturing operations at a pharmaceutical company: A lean manufacturing approach. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 23 Iss: 1, pp.56 – 75, 2012.

CNTL- Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre- RS, 42 p., 2003.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. D. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: 8o Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP, Porto Alegre. **Anais**. p.1-12, 2011.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in Time, MRPII e OPT**: um enfoque estratégico. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 1993. 186, p.

- COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.
- CUDNEY, E.; ELROD, C. Incorporating lean concepts into supply chain Management **International. Journal Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 6, Nos. 1/2, 2010.
- DAKOV, I.; NOVKOV, S. Assessment of the lean production effect on the sustainable industrial enterprise development. **Business: Theory and Practice**, v. 8, No 4, 183–188, 2007.
- DAS, B. ;VENKATADRI, U.;PANDEY, P. Applying lean manufacturing system to improving productivity of air conditioning coil manufacturing. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 71, Issue 1-4, pp 307-323, 2014.
- DEFFENSE, J.; CACHADINHA, N. Lean production in the precast concrete components' industry. **19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2011 (IGLC)**, 2011.
- DEFLOIRINA, P.; SCHERRER-RATHJE, M. Challenges in the transformation to lean production from different manufacturing-process choices: a path-dependent perspective. **International Journal of Production Research**. v. 50, Issue 14, 2012.
- DENNIS, P. **Lean Production Simplified**. Second Edition: Productivity Press, New York, 2007.
- DJASSEMI, M. Lean Adoption in Small Manufacturing Shops: Attributes and Challenges. **Journal of Technology, Management & Applied Engineering**, v. 3, 2014.
- DOPP, D.; MORAN, A; Lean implementation in a GaAs semiconductor factory. **Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC)**, 2010.
- DÜES, C. M.; TAN, K. H.; LIM, M. Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 40 , 2013.
- EPA - Environmental Protection Agency (a). **An Organizational Guide to Pollution Prevention**, 2001. Disponível em: < <http://www.epa.gov/ppic/pubs/organizationalGuide.pdf>>. Acesso em: 13/02/2014.
- _____. (a). **Case Studies and Best Practices**. 2011. Disponível em: <<http://www.epa.gov/lean/environment/studies/>> Acesso em: 10 fev. 2014.
- _____. **Environmental Benefits and Shortcomings**. 2010 Disponível em <<http://www.epa.gov/lean/environment/benefits.htm> />. Acesso em: 20 jan 2014.
- _____. **Pursuing perfection: Case studies examining lean manufacturing strategies, pollution prevention, and environmental regulatory management implications**, 2000. Disponível em: <<http://www.epa.gov/lean/environment/pdf/perfection.pdf> >. Acesso em: 09 agosto 2013.

_____. **Lean Manufacturing and the Environment: Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendations for Leveraging Better Environmental Performance.** Disponível em: <http://www.epa.gov/lean/environment/pdf/leanreport.pdf> Acesso em: 09 agosto 2013

_____. (b). **Lean Six Sigma and Environment Case Study JEA.** 2011. Disponível em: <<http://www.epa.gov/lean/environment/studies/jea.pdf>> Acesso em: 10 fev. 2014.

_____. (a). **The Lean and Environment Toolkit.** 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov/lean/environment/toolkits/environment/>> Acesso em: 15 jun. 2013.

_____. (b). **The Environmental Professional's Guide to Lean & Six Sigma,** 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov/lean/environment/toolkits/professional/resources/Enviro-Prof-Guide-Six-Sigma.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2013..

ESPOSTO, K. F. **Elementos estruturais para gestão de desempenho em ambientes de produção enxuta.** Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 241 p, 2008.

FELD, W. M. **Lean Manufacturing: tools, techniques and how to use them.** Boca Raton: St. Lucie Press, 2000. 228 p.

FLEURY, A. Planejamento do projeto de pesquisa e definição do modelo teórico. In: CAUCHICK, P. M. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

FLIEDNER, G. Sustainability: a new lean principle. **Proceedings of the 39th Annual Meeting of the Decision Sciences Institute,** 2008. Disponível em: <<https://www.decisionsciences.org/Proceedings/DSI2008/docs/332-3500.pdf>> Acesso em: 10 fev. 2014.

FLORIDA, R. Lean and Green: The Move to Environmentally Conscious. **Manufacturing California Management Review,** v. 39, n. 1, p. 80–105, 1996.

FRESNER, J. Cleaner production as a means for effective environmental Management. **Journal of Cleaner Production,** v.6, 1998.

GETZNER, M. The quantitative and qualitative impacts of clean technologies on employment. **Journal of Cleaner Production** , v.10 p. 305–319, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GODINHO FILHO, M. **Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura – configuração, relações com o planejamento e controle da produção e estudo exploratório na indústria de calçados.** 2004. Tese (Doutorado) –Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

GODINHO FILHO, M; FERNANDES, F. C. F. Manufatura Enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. **Gestão e Produção,** Vol.11, No.1, p.1-19, Jan./Apr. 2004.

GREIF, M. **The visual factory**: building participation through shared information. Portland: Productivity Press, 1991, 283 p.

GURUMURTHY, A. KODALI, R. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: A case study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 22 Iss: 4, pp.444 – 473, 2011.

GURUMURTHY, A. KODALI, R. Development of a framework for implementation of lean manufacturing systems. **Journal International Journal of Management Practice**. v. 4, Nº 1, 2010

HENDERSON, B. A; LARCO, J. L. **Lean Transformation**: how to change your business into a lean enterprise. Richmond: The Oaklea Press, 2000. 286 p.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean**. A guide to implementation. Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK, 2000. Disponível em <http://www.timchristiansen.dk/Going_Lean.pdf>. Acesso em 17 maio 2003.

HODGE, G. L.; ROSS, K. G.; JOINES, J. A.; THONEY, K. Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. **Production Planning & Control: The Management of Operations**, v. 22, Issue 3, 2011.

HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, p. 420-437, 2007.

JABBOUR, C. J. C. et al. Environmental management and operational performance in automotive companies in Brazil: the role of human resource management and lean manufacturing. **Journal of Cleaner Production**. v. 47, p. 129-140, 2012.

KARIM, A.; ZAMAM, K. A. U. A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. **Business Process Management Journal**. v. 19, n. 1, p. 169-196, 2013.

KASUL, R. A; MOTWANI, J. G. Successful implementation of TPS in a manufacturing setting: a case study. **Industrial Management & Data Systems**, v. 97 Issue: 7, 1997.

KING, A. A.; LENOX, M. J. Lean and green? An empirical examination of the relationship between Lean Production and environmental performance. **Production and Operations Management**, v. 10, n. 3, 2001.

KLASSEN, R. B. Just-in-Time Manufacturing and Pollution Prevention Generate Mutual Benefits in the Furniture Industry. **Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS)**, 2000.

KRAFCIK, J. F. Triumph of the lean production system. **Sloan Management Review**, v. 30, p. 41-52, 1988.

- KUMAR, M.; ANTONY, J.; SINGH, R. K.; TIWARI, M. K.; PERRY, D. Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study, **Production Planning & Control: The Management of Operations**, v. 17, Issue 4, 2006.
- LARSON, T; GREENWOD, R. Perfect complements: Synergies between lean production and eco-sustainability initiatives. In: **Environmental Quality Management**. v. 13, p. 27–36, 2004.
- LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico Lean**: Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. São Paulo: Lean Institute Brasil, v. 1.0, 97 p., 2003.
- LEWIS, M. Lean production and sustainable competitive advantage. In: **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 8, p. 155- 170, 2000.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIKER, J.K., MEIER, D.P. **O modelo Toyota**: Manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- LIU, S.; QIAN, X. Research on the mode of putting TPS in enterprise's practice. **18Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM)**, 2011.
- MACEDO, M; FISCHER, D. A.; GAUTHIER, F. O. TRINDADE, E. P. Aplicação da manufatura enxuta para melhoria dos resultados operacionais no processo de macharia de uma fundição: estudo de caso Docol. **Espacios**. v. 35 (Nº 3), 2014.
- MARTINS, R. A. Abordagens Quantitativa e Qualitativa. In: CAUCHICK, P. M. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MARUDHAMUTHU, R.; KRISHNASWAMY, M.; PILLAIC, D. M. The Development and Implementation of Lean Manufacturing Techniques in Indian garment Industry. **Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering**, v. 5, Nº 6, 2011.
- MAST, J.; LOKKERBOL, J. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. **International Journal Production Economics**, v.139, p.604–614, 2012.
- MATTHEWS, H. S.; HENDRICKSON, C. T. The Economic and Environmental Implications of Centralized Stock Keeping. **Journal of Industrial Ecology**, v. 6, n.2, 2003.
- MAXWELL, J.; BRISCOE, F.; SCHENK, B.; ROTHENBERG, S. Case study: Honda of America Manufacturing, Inc.: Can lean production practices increase environmental performance? **Environmental Quality Management**, v. 8, 1998.
- MEDEIROS, D. D.; CALÁBRI, F. A.; SILVA, G. C. S.; FILHO, J. C. G. Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 109-128, Jan./Abr. 2007.

- MENEZES, T. M.; MARTINS, J. C. Mapeamento do Fluxo de Valor: uma análise da sua utilização e resultados em uma empresa do ramo de ar condicionado. **Anais XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Carlos, SP, Brasil, 2010.
- METZINGER, A.; LATIF, N. Lean manufacturing techniques reduce lead time for implant production. **Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition**, 2003.
- MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, Jan./Abr. 2007
- MIGUEL, P. A. C. A adoção do Estudo de Caso na Engenharia de Produção. In: MIGUEL, P. A. C. A. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MIGUEL, P. A. C.; HO, L. L. Levantamento tipo Survey. In: MIGUEL, P. A. C. A (Coord.). **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MILLER, G.; PAWLOSKI, J.; STANDRIDGE, C. A case study of lean, sustainable manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 3, n. 1, p. 11-32, 2010.
- MORTIMER, A. A lean route to manufacturing survival. In: **Assembly Automation**, Vol. 26 Iss: 4, pp.265 – 272, 2006.
- MOSTAFA, S.; DUMRAK, J.; SOLTAN, J. A framework for lean manufacturing implementation. **Production & Manufacturing Research: An Open Access Journal**, v.1:1 ,p. 44-64, 2013.
- MOTWANI, J. A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study. **Industrial Management & Data Systems**, v. 103,p.339 – 346, 2003.
- MUSLIMEN, R.; YUSOF, S. M.; ABIDIN, A. S. Z. Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Components Manufacturer: a Case Study. **Proceedings of the World Congress on Engineering**, v.1, 2011.
- NAHMENS, I. From lean to green construction: a natural extension. **Construction Research Congress**, 2009.
- NARANG , R. An Approach to Teach and Implement Lean Manufacturing. **Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition**, 2004.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PARVEEN, C. M. ; KUMAR, A. R. P; RAO, T. V. V. L. N. Integration of lean and green supply chain - Impact on manufacturing firms in improving environmental efficiencies. **2 International Conference on Green Technology and Environmental Conservation**, 2011.

- PORTER, M. E.; LINDE, C. Green and Competitive: Ending the Stalemate. In: **Harvard Business Review**, 1995. Disponível em < <http://hbr.org/1995/09/green-and-competitive-endingthe-stalemate/ar/1>>. Acesso em: 23 set. 2013.
- PUVANASVARAN P.; SWEE TIAN, R. K.; SURESH, V.; MUHAMAD, M. R. Lean principles adoption in environmental management system (EMS): A survey on ISO 14001 certified companies in Malaysia. **Journal of Industrial Engineering and Management**, 2012.
- QUDDUS, A.; AHSAN, A. M. M. N. A Shop-floor Kaizen Breakthrough Approach to Improve Working Environment and Productivity of a Sewing Floor in RMG Industry. **Journal of Textile & Apparel Technology & Management (JTATM)**, Vol. 8 Issue 4, 2014.
- RAHANI, A.R.; ASHRAF, M. Production flow analysis through Value Stream Mapping: A lean manufacturing process case study. **International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors**, Vol. 41, 2012.
- ROTHENBERG, S. Knowledge Content and Worker Participation in Environmental Management at NUMMI. **Journal of Management Studies**.V. 40 n. 7, 2003.
- ROTHENBERG, S. PIL, F. K.; MAXWELL, J. Lean, green, and the quest for superior environmental performance. **Production And Operations Management**. Vol. 10, No. 3, 2001.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo contínuo** – um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar** – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.
- S. VINODH, S; ARVIND, K. R.; SOMANAATHAN, M. Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives. **Clean Technologies and Environmental Policy**. Nº 13 p. 469–479, 2011.
- SAHOO, A. K; SINGH, N. K.; SHANKAR, M. K. Lean philosophy: implementation in a forging company. Ravi Tiwari. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Volume 36, Issue 5-6, pp 451-462, 2007.
- SAURIN, T. A.; RIBEIRO, J. L. D.; MARODIN, G. A. Identificação de oportunidades de pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do exterior. **Gestão & Produção**.Vol.17 no.4 São Carlos Oct./Dec. 2010.
- SCHONBERGER, R. J. Japanese production management: an evolution with mixed success. **Journal of Operations Management**, n. 25, p. 403–419, 2007.
- SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management** , n. 21 p. 129–149, 2003.
- SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996. 292 p.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. Rev., Florianópolis-SC: Editora UFSC, 2005.

SILVA, I. B. ; MIYAKE, D. I.; BATOCCHIO, A. AGOSTINHO, O. L. Integrando a promoção das metodologias Lean Manufacturing e Six Sigma na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças. *Gestão & Produção*. Vol.18, n.4, pp. 687-704, 2011.

SIMMONS, L.; HOLT, R.; DENNIS, G.; WALDEN, C. Lean Implementation in a Low Volume Manufacturing Environment: a Case Study. **Proceedings of the 2010 Industrial Engineering Research Conference**, 2010.

SINGH, B; SHARMA, S.K. Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm. **Measuring Business Excellence**, v. 13, p.58 – 68, 2009.

SINGH, R. K; CHOUDHURY, A. K.; TIWARI, M. K.; MAULL, R. S. An integrated fuzzy-based decision support system for the selection of lean tools: A case study from the steel industry. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, 2006.

SOBRAL, M. C.; JABBOUR, A. B. L. S; JABBOUR, C. J. C. Green Benefits From Adopting Lean Manufacturing: A Case Study From the Automotive Sector. **Environmental Quality Management**, 2013.

SOLTERO, C. WALDRIP, G. Using Kaizen to Reduce Waste and Prevent Pollution. **Environmental Quality Management**, V. 11, Issue 3, p. 23–38, 2002.

SPEAR, S. ;BOWEN, H. K. Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção. **Harvard Business Review**, 1999.

SRINIVASARAGHAVAN, J; ALLADA, V. Application of mahalanobis distance as a lean assessment metric. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. Vol. 29, 2006.

TAPPING, D; LUYSTER, T.; SHUKER, T. **Value Stream Management: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements**. Productivity Press. New York, 2002. 169p.

THIOLLENT, M. **A metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2000.

THOMAS, A. RICHARD BARTON, R.; CHUKE-OKAFOR, C. Applying lean six sigma in a small engineering company – a model for change. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 20 Iss: 1, pp.113 – 129, 2009.

TORIELLI, R. M. ;ABRAHAMAS, R. A.; SMILLIE, R.W.; VOIGT, R.C. Using lean methodologies for economically and environmentally sustainable foundries. **China Foundry**, nº 8, p. 74:88.

TURESKY, E. F.; CONNELL, P. Off the rails: understanding the derailment of a lean manufacturing initiative. **Organization Management Journal**, v. 7, 2010.

UNEP. **Guidance Manual: How to Establish and Operate a Cleaner Production Centre**. Austria, 2004. Disponível em <<http://www.unep.fr/scp/publications/details.asp?id=WEB/0072/PA>> Acesso em: 12 jun 2013.

VEDAT, D.; AKÇAGÜN, E.; ABDURRAHIM, Y. Using lean manufacturing techniques to improve production efficiency in the ready wear industry and a case study. **FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe**, v. 21, n.4, 2013.

VINODH, S. GAUTHAM, S.G.; RAMIYA, R. A. Implementing lean sigma framework in an Indian automotive valves manufacturing organization: a case study. **Production Planning & Control: The Management of Operations**. v. 22, Issue 7, 2011.

VINODH, S.; ARVIND, K.R.; SOMANAATHAN, M. Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organization. In: **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 21 Issue 7, p.888 – 900, 2010.

VINODH, S.; ARVIND, K.R.; SOMANAATHAN, M. Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives. In: **Clean Techn Environ Policy**. v. 13, p. 469–479, 2011.

VINODH, S.; SOMANAATHAN, M; ARVIND, K.R. Development of value stream map for achieving leanness in a manufacturing organization. In: **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 11, Issue 2, pp.129 – 14, 2013.

VOSS, C.;TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. In: **International Journal of Operations & Production Management**. v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

VOTTO, R. G.; FERNANDES, F. C. F. Produção enxuta e teoria das restrições: proposta de um método para implantação conjunta na Indústria de Bens de Capital sob Encomenda. **Gestão & Produção**. v.21, n.1, 2014.

WANG, B. Analysis of efficiency of lean production implemented in multi-national optic enterprises. **International Journal of Technology Management**. v. 43, n. 4, 2008.

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY. **Lean & Environment Case Study: Canyon Creek Cabinet Company**, 2007. Disponível em <<http://infohouse.p2ric.org/ref/41/40028.pdf>> Acesso em: 21 agosto 2013.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a cultura Seis Sigma**. Nova Lima: Werkema, 2004.

WITTENBERG, G. **Kaizen: the many ways of getting better**. In: **Assembly Automation**, v. 14, n. 4, p. 12-17. MCB University Press, 1994.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine desperdícios e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. Campus: Rio de Janeiro, 2004.

YANG, M. G.; HONG, P.; MODI, S. B. Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms. **International Journal Production Economics**. v. 129, p.251–261, 2011.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamentos e Métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZAHRAEE, S. M.; HASHEMI, A.; ABDI, A. A.; SHAHPANAH, A.; ROHANI, J. M. Lean Manufacturing Implementation Through Value Stream Mapping: A Case Study, **Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)**, v. 6n. 38, 2014.

ZENG, S. X.; MENG, X. H.; YIN, H. T.; TAMB, C. M.; SUN, L. Impact of cleaner production on business performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, p. 975-983, 2010.

APÊNDICE A

PROTOCOLO DE RBS “IMPLANTAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA”

Este protocolo reúne os critérios e as etapas para a realização de uma RBS. Nele se encontram as bases de dados científicas, os termos pesquisados, sua combinação, bem como critérios de inclusão, exclusão e qualificação dos resultados das buscas (BIOLCHINI, 2005)⁷. O protocolo da RBS utilizado nesta pesquisa foi elaborado com base no roteiro de RBS proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011). É válido destacar que esta RBS foi realizada no período de Junho a Outubro do ano de 2014. A Figura 32 mostra o roteiro adaptado e utilizado nesta pesquisa. Na sequência, cada etapa foi brevemente descrita.

Figura 32 - Roteiro de RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”

Fonte: Adaptado de Conforto, Amaral e Silva (2011).

1. ENTRADA

1.1 Definição do problema de pesquisa

A partir do referencial teórico básico da Manufatura Enxuta deparou-se com o seguinte problema de pesquisa:

⁷ BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; NATALI, A. C. C.; TRAVASSOS, G. H. **Systematic review in software engineering. Technical Report**. Systems Engineering and Computer Science Department. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

- Não existe um conjunto de regras ou método padrão para a implantação da Manufatura Enxuta e a falta de orientação na condução deste processo pode prejudicar a efetividade dos resultados a serem alcançados. Deste modo, buscou-se compreender a seguinte questão:

“Quais são as práticas essenciais na implantação da Manufatura Enxuta?”

1.2 Objetivo

Considerando os problemas de pesquisa levantados para a realização desta revisão, determinou-se o objetivo que será a base para analisar os artigos encontrados nas buscas:

- Identificar as práticas essenciais para a implantação da Manufatura Enxuta.

1.3 Referências primárias

Como referências primárias foram utilizados estudos da área de Manufatura enxuta. Estes estudos incluíram artigos em buscas aleatórias nas bases de periódicos Scopus e ISI Web of Knowledge, uma tese de doutorado e livros clássicos da área. Esta revisão prévia contribuiu para confirmar os problemas motivadores desta RBS bem como para a definição das palavras-chaves de busca. No Quadro 18 são apresentadas as referências primárias desta revisão.

Referências Primárias	
Manufatura Enxuta	Krafcik (1988); Womack e Jones (2004); Liker (2005); Shad e Ward (2005); Godinho Filho e Fernandes (2004) e Esposto (2008).

Quadro 18 – Referências primárias da RBS Implantação da ME.

1.4 Strings de busca

Após uma revisão preliminar sobre Manufatura Enxuta na etapa anterior, algumas palavras-chaves foram identificadas, a construção das *strings* foi realizada a partir da combinação entre os termos ligados à Manufatura Enxuta e “implantação” como apresentado no Quadro 19.

Grupos temáticos	Palavras-chaves
Grupo 1 – Manufatura Enxuta	Lean Manufacturing: lean manufactur* (manufacture, manufacturing); lean thinking; lean production; lean system* (system, systems); toyota production system* (system, systems).
Grupo 2 - Implantação	implementation; implementation steps; implementation process; sequence of implementation;

Quadro 19 – Palavras-chave RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”.

O Quadro 20 apresenta as *strings* utilizadas nas buscas em cada base de periódicos selecionada para esta pesquisa. A apresentação de cada *string* tornou-se necessária pois cada base tem um formato específico de busca avançada exigindo uma construção diferente. Vale destacar, no entanto, que apesar dos formatos distintos, as palavras chaves utilizadas mantiveram-se constantes em cada *string*. Além disso, ressalta-se que os *strings* usados na busca contém diferentes palavras chave para se referir ao PmaisL de forma a retornar o maior número de resultados de interesse e minimizar os resultados fora do tema da pesquisa.

Base de dados	String
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY({lean manufacture} OR {lean manufacturing} OR {lean thinking} OR {lean production} OR {lean system} OR {lean systems} OR {toyota production system} OR {toyota production systems}) AND TITLE-ABS-KEY({implementation} OR {implementation steps} OR {implementation process} OR {sequence of implementation}) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO(LANGUAGE, "Portuguese")) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO(LANGUAGE, "Portuguese"))
ISI Web of Knowledge	("lean manufactur*" OR "lean thinking" OR "lean production" OR "lean system*" OR "toyota production system*")AND ("implementation" OR "implementation steps" OR "implementation process" OR "sequence of implementation")

Quadro 20 - *Srtrings* utilizadas nas bases de dados RBS “Implantação da Manufatura Enxuta”.

1.5 Critérios de inclusão

Ao longo da etapa dois (processamento), dois critérios foram utilizados como forma de selecionar os artigos a serem utilizados na etapa três (saída):

- Artigos de revistas científica ou conferências que abordassem as práticas, etapas, passos ou sequência para a implantação da Manufatura Enxuta;
- Serão excluídos os artigos que não estiverem em língua inglesa ou portuguesa;
- Serão excluídos os artigos que abordarem a implantação da Manufatura Enxuta em serviços, hospitais ou construção civil.

1.6 Critérios de qualificação

Com o objetivo de classificar os artigos selecionados e avaliar a importância do artigo para a pesquisa foram observados os seguintes elementos:

- Método de pesquisa utilizado;
- Setor em que o estudo foi desenvolvido;

- Objetivo do estudo;
- Como foi fundamentado;
- Etapas consideradas;
- Ferramentas da Manufatura Enxuta que utilizou.

1.7 Métodos e ferramentas

Esta etapa envolveu a definição das etapas para a condução das buscas, definição dos filtros, ferramentas utilizadas e das bases dados. As buscas ocorreram por meio de *strings*, os quais foram apresentados no tópico 1.4 deste protocolo e foram definidos de forma a retornem resultados que contenham, simultaneamente, pelo menos uma palavra-chave referente à implantação da Manufatura Enxuta nos campos de busca: título, resumo ou palavras-chave.

Os filtros foram separados em 1, 2 e 3, estes serão descritos detalhadamente no tópico 2. As ferramentas utilizadas para armazenamento dos resultados obtidos foram os softwares JabRef e Microsoft Excel. Além disso, as bases de dados utilizadas nestas pesquisa e seus respectivos endereços eletrônicos são apresentados no Quadro 21.

Base de dados	Endereço eletrônico
SCOPUS	http://www.scopus.com/search/form.url?display=advanced&clear=t&origin=searchbasic&txGid=0D0C2FC989061ED6ABF4EF5E5ED06EC4.53bsOu7mi7A1NSY7fPJf1g%3a2
ISI Web of Knowledge	http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=2F58VjYPcNg8pVOM3IU&preferencesSaved=

Quadro 21 - Base de dados para RBS "Implantação da Manufatura Enxuta".

2. Processamento

Nesta etapa ocorreram as buscas nas bases de dados que ocorreram ao longo de junho de 2014, utilizando as *strings* anteriormente definidas. Os resultados das buscas foram exportados e convertidos como arquivos do programa JabRef, utilizado durante o Filtro 1 e o Microsoft Excel, utilizado durante os filtros 2 e 3. Na sequência será descrito em detalhes como cada filtro foi realizado.

2.1 Filtro 1

O filtro 1 consistiu na leitura do título e resumo de cada estudo encontrado na busca, eliminando artigos que atendiam aos critérios de exclusão, os artigos em duplicata e os artigos que possuíam o acesso vedado ao conteúdo integral de seu texto e não eram disponibilizados para *download*. O quadro 22 resume os resultados desta etapa.

Estudos encontrados com as <i>strings</i> de busca	
Total bruto	1190
Artigos em duplicata	188
Artigos selecionados	458
Artigos disponíveis para <i>download</i>	298

Quadro 22 - Resultados da filtro 1 RBS "Implantação da Manufatura Enxuta".

Este total bruto diz respeito a todos os artigos encontrados com a utilização da *string*. Entre estes 1190 existiam 188 em duplicata. Assim, restando 1002 artigos, os quais foram submetidos aos critérios de inclusão e exclusão do Filtro 1 após a leitura do título e resumo, permitindo a seleção de 458 artigos. Deste último total 160 artigos estavam indisponíveis para downloads nas bases de dados assinadas pela EESC- USP, disponibilizando somente para compra. Deste modo, foi verificado a disponibilidade de recursos da Universidade para adquirir estes artigos. No entanto, os recursos eram limitados, portanto, foi possível realizar o estudo somente com os artigos disponíveis para download.

2.2 Filtro 2

O filtro 2 consistiu em duas etapas distintas. Na primeira delas, fez-se o *download* de todos os artigos disponíveis. A segunda etapa consistiu na leitura da introdução e conclusão de cada um dos 298 artigos para verificar se eram pertinentes ao tema de pesquisa. Além disso, foram registrados o método de pesquisa e a ideia central do estudo. Para o filtro 3 foram selecionados 64 artigos.

2.3 Filtro 3

No filtro 3 foi realizada a leitura integral e fichamento dos 47 artigos selecionados no Filtro 2. Nesse momento foram incluídos três estudos, dois livros e um artigo, fruto de buscas cruzadas, ou seja, referências citadas ao longo dos estudos lidos e que, após serem submetidas aos dois filtros anteriores, foram consideradas relevantes para o escopo desta revisão. O objetivo desta etapa foi extrair informações específicas dos 50 estudos relacionados ao tema da pesquisa. Foram abordados os critérios de qualificação anteriormente destacados.

APÊNDICE B

PROTOCOLO DE RBS PARA ENTENDER COMO A MANUFATURA ENXUTA E A PMAISL SÃO ABORDADAS DE MANEIRA INTEGRADA

Este protocolo reúne os critérios e as etapas para a realização de uma RBS. Nele se encontram as bases de dados científicas, os termos pesquisados, sua combinação, bem como critérios de inclusão, exclusão e qualificação dos resultados das buscas (BIOLCHINI, 2005)⁸. O protocolo da RBS utilizado nesta pesquisa foi elaborado com base no roteiro de RBS proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011). Destaca-se que esta RBS foi conduzida pela pesquisadora em conjunto com o grupo de pesquisa durante o período de Fevereiro à Junho de 2013. A Figura 33 mostra o roteiro adaptado e utilizado nesta pesquisa. Na sequência, cada etapa foi brevemente descrita.

Figura 33 - Roteiro de RBS "Manufatura Enxuta e PmaisL"
Fonte: Adaptado de Conforto, Amaral e Silva (2011).

1. ENTRADA

1.1 Definição do problema de pesquisa

A partir do referencial teórico básico dos temas Manufatura Enxuta e PmaisL, deparou-se com os seguintes problemas de pesquisa:

⁸ BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; NATALI, A. C. C.; TRAVASSOS, G. H. **Systematic review in software engineering. Technical Report.** Systems Engineering and Computer Science Department. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

- Existem poucas práticas de integração entre a Manufatura Enxuta e a PmaisL. A Manufatura Enxuta possibilita um gerenciamento e controle significativo de indicadores de produção, porém não há integração sistemática da variável ambiental. Deste modo, buscou-se compreender a seguinte questão:

“Como a Manufatura Enxuta e a PmaisL são abordadas de maneira integrada?”

1.2 Objetivo

Considerando os problemas de pesquisa levantados para a realização desta revisão, determinou-se o objetivo que será a base para analisar os estudos encontrados nas buscas:

- Identificar a Manufatura Enxuta e a PmaisL estão sendo abordadas de maneira integrada, ou seja identificar suas principais compatibilidades, divergências, aplicação de ferramentas da Manufatura Enxuta na PmaisL e possíveis recomendações para melhorar o desempenho ambiental dos sistemas enxutos.

1.3 Referências primárias

Como referências primárias foram utilizadas estudos da área de Manufatura enxuta e PmaisL. Estes estudos incluíram artigos em buscas aleatórias nas bases de periódicos Scopus e ISI Web of Knowledge, uma tese de doutorado e uma dissertação de mestrado, livros e manuais referências nas áreas. Esta revisão prévia contribuiu para confirmar os problemas motivadores desta RBS bem como para a definição das palavras-chaves de busca.

Referências Primárias	
Manufatura Enxuta	Krafcik (1988);Womack e Jones (2004); Liker (2005); Esposto (2008).
PmaisL	Cagno, Trucco e Tardini (2005); UNEP (2004).

Quadro 23 – Referências primárias RBS “Manufatura Enxuta e PmaisL”

1.4 Strings de busca

Após uma revisão preliminar sobre manufatura enxuta e Produção mais Limpa na etapa anterior, algumas palavras-chaves foram identificadas entre duas distintas áreas do conhecimento (Manufatura Enxuta e PmaisL), a construção das *strings* foi realizada a partir da combinação entre os termos ligados aos dois grupos temáticos como apresentado no Quadro 24.

Grupos temáticos	Palavras-chaves
Grupo 1 – Manufatura Enxuta	Lean Manufacturing: lean manufactur* (manufacture, manufacturing); lean thinking; lean productionlean system* (system, systems); toyota production system* (system, systems).
Grupo 2 - Produção mais Limpa	Cleaner Production: clean* (clean/cleaner) production; pollution prevention; resource efficient/efficiency (production, manufacturing, methods);(sustainab*(sustainable, sustainability); green; environmental; environmentally.

Quadro 24 - Palavras-chave RBS “Manufatura Enxuta e PmaisL

O Quadro 25 apresenta as *strings* utilizadas nas buscas em cada base de periódicos selecionada para esta pesquisa. A apresentação de cada *string* tornou-se necessária pois cada

base tem um formato específico de busca avançada exigindo uma construção diferente. Vale destacar, no entanto, que apesar dos formatos distintos, as palavras chaves utilizadas mantiveram-se constantes em cada *string*. Além disso, ressalta-se que os *strings* usados na busca contém diferentes palavras chave para se referir ao PmaisL de forma a retornar o maior número de resultados de interesse e minimizar os resultados fora do tema da pesquisa.

Base de dados	String
SCOPUS	{clean production} OR {cleaner production} OR {pollution prevention} OR {resource efficient} OR {resource efficiency} OR {sustainable} OR {sustainability} OR {green} OR {environmental} OR {environmentally} AND {lean manufacture} OR {lean manufacturing} OR {lean thinking} OR {lean production} OR {lean system} OR {lean systems} OR {toyota production system} OR {toyota production systems}
Engineering Village	((({cleaner production} OR {clean production} OR {pollution prevention} OR {resource efficient} OR {resource efficiency} OR {sustainable} OR {sustainability} OR {green} OR {environmental} OR {environmentally})) wn KY) AND (({lean manufacture} OR {lean manufacturing} OR {lean thinking} OR {lean production} OR {lean system} OR {lean systems} OR {Toyota production system} OR {toyota production systems})) wn KY)
ProQuest	(AB,IF,TI("cleaner production" OR "clean production" OR "pollution prevention" OR "resource efficient" OR "resource efficiency" OR "sustainable" OR "sustainability" OR "green" OR "environmental" OR "environmentally")) AND (AB,IF,TI("lean manufacture" OR "lean manufacturing" OR "lean thinking" OR "lean production" OR "agile manufacture" OR "lean system" OR "lean systems" OR "toyota production system" OR "toyota production systems"))
ISI Web of Knowledge	("clean* production" OR "pollution prevention" OR "resource efficien*" OR "sustainab*" OR "green" OR "environmental" OR "environmentally") AND ("lean manufactur*" OR "lean thinking" OR "lean production" OR "lean system*" OR "agile manufactur*" OR "agile production" OR "toyota production system*")

Quadro 25 - Sstrings utilizadas nas bases de dados da RBS "Manufatura Enxuta e PmaisL".

1.5 Critérios de inclusão

Ao longo da etapa dois (processamento), dois critérios foram utilizados como forma de selecionar os artigos a serem utilizados na etapa três (saída):

- Estudos que apresentam algum conceito ou diretrizes para integração da Manufatura Enxuta integrado à PmaisL;
- Estudos que apresentam compatibilidades e divergências entre a Manufatura Enxuta e a PmaisL;
- Serão aceitos todos os tipos de estudo: artigos, teses, manuais técnicos e publicações de conferências.

1.6 Critérios de qualificação

Com o objetivo de classificar os estudos selecionados e avaliar sua importância para a pesquisa foram observados os seguintes elementos:

- Método de pesquisa utilizado;
- Setor em que o estudo foi desenvolvido;
- Objetivo do estudo;
- Fase da PmaisL abordada;
- Aspectos ambientais considerados;
- Relato de compatibilidades e divergências entre a PmaisL e a Manufatura Enxuta;
- Ferramentas da Manufatura Enxuta que utiliza;
- Diretrizes para compatibilizar as duas abordagens.

1.7 Métodos e ferramentas

Esta etapa envolveu a definição das etapas para a condução das buscas, definição dos filtros, ferramentas utilizadas e das bases dados. As buscas ocorreram por meio de *strings*, os quais foram apresentados no tópico 1.4 deste protocolo e foram definidos de forma a retornem resultados que contenham, simultaneamente, pelo menos uma palavra-chave referente a P+L e uma palavra-chave referente à Manufatura Enxuta nos campos de busca: título, resumo ou palavras-chave.

Os filtros foram separados em 1, 2 e 3, estes serão descritos detalhadamente no tópico 2. As ferramentas utilizadas para armazenamento dos resultados obtidos foram os softwares JabRef e Microsoft Excel. Além disso, as bases de dados utilizadas nestas pesquisa e seus respectivos endereços eletrônicos são apresentados no Quadro 26.

Base de dados	Endereço eletrônico
SCOPUS	http://www.scopus.com/search/form.url?display=advanced&clear=t&origin=searchbasic&txGid=0D0C2FC989061ED6ABF4EF5E5ED06EC4.53bsOu7mi7A1NSY7fPJf1g%3a2
Engineering Village	http://www.engineeringvillage.com/controller/servlet/Controller?CID=quickSearch&database=131073
ProQuest	http://search.proquest.com/index
ISI Web of Knowledge	http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=2F58VjYPcNg8pVOM3IU&preferencesSaved=

Quadro 26 - Base de dados utilizadas na RBS "Manufatura Enxuta e PmaisL"

2. Processamento

Nesta etapa ocorreram as buscas nas bases de dados que ocorreram ao longo de fevereiro de 2013, utilizando as *strings* anteriormente definidas. Os resultados das buscas foram

exportados e convertidos como arquivos do programa JabRef, utilizado durante o Filtro 1 e o Microsoft Excel, utilizado durante os filtros 2 e 3. Na sequência será descrito em detalhes como cada filtro foi realizado.

2.1 Filtro 1

O filtro 1 consistiu na leitura do título e resumo de cada estudo encontrado na busca, eliminando estudos que atendiam aos critérios de exclusão, os estudos em duplicata e os estudos que possuíam o acesso vedado ao conteúdo integral de seu texto e não eram disponibilizados para *download*. O Quadro 27 resume os resultados desta etapa.

Estudos encontrados com as <i>strings</i> de busca	
Total bruto	918
Estudos em duplicata	390
Estudos selecionados	146
Estudos disponíveis para <i>download</i>	90

Quadro 27 - Resultados do Filtro 1 RBS "Manufatura Enxuta e PmaisL"

Este total bruto diz respeito a todos os artigos encontrados com a utilização da *string*. Entre estes 918 existiam 398 em duplicata. Assim, restando 528 estudos, os quais foram submetidos aos critérios de inclusão e exclusão do Filtro 1 após a leitura do título e resumo, permitindo a seleção de 146 artigos. Deste último, um total de 56 artigos estavam indisponíveis para downloads nas bases de dados assinadas pela EESC- USP, disponibilizando somente para compra. Deste modo, foi verificado a disponibilidade de recursos da Universidade para adquirir estes artigos. No entanto, os recursos eram limitados, portanto, foi possível realizar o estudo somente com os artigos disponíveis para download.

2.2 Filtro 2

O filtro 2 consistiu em duas etapas distintas. Na primeira delas, fez-se o *download* de todos os artigos disponíveis. A segunda etapa consistiu na leitura da introdução e conclusão de cada um dos 90 artigos para verificar se eram pertinentes ao tema de pesquisa. Além disso, foram registrados o método de pesquisa e a ideia central do estudo. Para o filtro 3 foram selecionados 17 estudos.

2.3 Filtro 3

No filtro 3 foi realizada a leitura integral e fichamento dos 14 estudos selecionados no filtro 2. Nesse momento foram incluídos 19 estudos a serem lidos, fruto de buscas cruzadas, ou seja, referências citadas ao longo dos estudos lidos e que, após serem submetidas aos dois filtros anteriores, foram consideradas relevantes para o escopo desta revisão. O objetivo desta etapa

foi extrair informações específicas dos 33 estudos relacionados ao tema da pesquisa. Foram abordados os critérios de qualificação anteriormente destacados.

APÊNDICE C

ROTEIRO PARA A CONDUÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Identificar como os propósitos da PmaisL estão inseridos na Manufatura Enxuta da empresa

1- Introdução ao estudo de caso e objetivo do protocolo de pesquisa

- O estudo de caso será realizado como etapa de campo da pesquisa “Recomendações para a implantação da manufatura enxuta considerando os propósitos da PmaisL”, como forma de gerar informações que, juntamente com a literatura revisada possam servir como insumos ao objetivo primário proposto que é propor recomendações para a inclusão dos propósitos da PmaisL no processo de implantação da Manufatura Enxuta.

2- Procedimentos da coleta de dados

- Local de coleta de dados
- Pessoas de contato
- Programação da visita
- Técnica de coleta de dados: entrevistas com os profissionais envolvidos e observações.

3- Informações a serem coletadas

- Caracterização da unidade de análise
- Caracterização dos profissionais entrevistados
- A Manufatura Enxuta na empresa
 - Origem e práticas utilizadas;
 - Motivação para implantação;
 - O processo de implantação;
 - Equipe responsável;
 - Práticas e treinamentos.
- Medias de PmaisL na empresa
 - Como a PmaisL é praticada;
 - A gestão ambiental na empresa;
 - Indicadores de Desempenho ambiental;
 - Aspectos ambientais envolvidos;
- A Manufatura Enxuta e a PmaisL
 - Como se convergem;
 - *Trade-offs*;
 - Práticas conjunta.