

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR GINA PAOLA
VERA RIZZO E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 04/05/2012


.....
ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Gina Paola Vera Rizzo

**Produção Enxuta e Produção mais Limpa:
Proposta Metodológica Integrada**

60/2012

Gina Paola Vera Rizzo

Produção Enxuta e Produção mais Limpa: Proposta Metodológica Integrada

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Orientador: Antonio Batocchio

Campinas
2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

R529p Rizzo, Gina Paola Vera
Produção enxuta e produção mais limpa: proposta
metodológica integrada / Gina Paola Vera Rizzo. --
Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Antonio Batocchio.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Engenharia de produção. 2. Produção enxuta. 3.
Gestão ambiental. 4. Prevenção ambiental. 5. Meio
ambiente. I. Batocchio, Antonio. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Lean Production and Cleaner Production: An Integrated
Methodological Proposal

Palavras-chave em Inglês: Production Engineering, Production Lean,
Environmental Management, Environmental
Prevention, Environment

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Iris Bento da Silva, Orlando Fontes Lima Junior

Data da defesa: 04-05-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADEMICO

**Produção Enxuta e Produção mais Limpa:
Proposta metodológica Integrada**

Autor: Gina Paola Vera Rizzo

Orientador: Antonio Batocchio

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação



Prof. Dr. Antonio Batocchio, Presidente
FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Iris Bento da Silva
FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior
FEC/UNICAMP

Campinas, 4 de maio de 2012

À Nidia e Julio

Agradecimentos

Ao Deus, pela vida e pelas abenções que sempre recebo de ele.

A meus pais Nidia, Julio e vovó Elcida pelo apoio e motivação.

A meu namorado e amigo Jeffrey, pela compreensão e companhia durante grão parte da minha vida.

Ao Professor Antonio Batocchio, orientador desta dissertação de mestrado, pela sua disponibilidade, motivação e conselhos ao longo destes anos.

Ao Sergio Leite, e demais funcionários da empresa por propiciarem um ambiente favorável á troca de conhecimentos e informação, fazendo possível a realização desta pesquisa.

A meus companheiros e amigos do LMA, Vinicius, Paola, Jenny, Calado, Érico, pela torcida e amizade.

A CAPES pelo apoio financeiro.

“Não são as espécies mais fortes que sobrevivem, nem as mais inteligentes, mas as mais sensíveis à mudança”

Charles Darwin

Resumo

VERA RIZZO, Gina Paola, Produção Enxuta e Produção mais Limpa: Proposta Metodológica Integrada, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2012. 96p. Dissertação de Mestrado.

A constante evolução na eficiência dos sistemas de produção, além das políticas governamentais que permitem o controle do impacto ambiental, possibilita que as empresas adotem estratégias focadas não só atingir objetivos financeiros, senão, em tornar suas operações mais sustentáveis que possam gerar um diferencial competitivo. Dentro das técnicas mais significativas estão as práticas enxutas, empregada na eliminação de desperdícios considerados em tempo e custos, e a Produção mais Limpa, que tem um enfoque ambiental preventivo, na redução de riscos ao homem e ao meio ambiente, gerados pelas atividades produtivas. Estas técnicas convergem na eliminação de desperdícios e na reutilização dos resíduos originados nos processos, os quais geram vantagens operacionais, aumento da produtividade e a criação de valor. Na maioria dos casos, as técnicas são abordadas individualmente estendendo o processo de desenvolvimento e aumentando finalmente a complexidade na adoção. Neste contexto, o trabalho visa integrar conceitos da Produção Enxuta e Produção mais limpa, por meio de uma abordagem sistêmica na eliminação das atividades que não agregam valor. A adoção conjunta e articulada deverá contribuir, possivelmente, no melhoramento da qualidade dos processos das empresas, a recuperação de materiais, redução de resíduos, de custos associados ao processo, e á melhora da eficiência nas operações.

Palavras Chave

- Produção Enxuta, Produção mais Limpa, Redução de Desperdício, Impacto Ambiental, Processos de Produção.

Abstract

VERA RIZZO, Gina Paola, Lean Production and Cleaner Production: An integrated Methodological Proposal, Campinas, Faculty of Mechanical Engineering, State University of Campinas, 2013. 96p. Thesis (Masters).

The constant evolution in the efficiency of production systems, and government policies that allow control of the environmental impact, enables companies to implement strategies focused not only achieve financial goals, but, in making its operations more sustainable that can generate a competitive advantage. Among the techniques are the most significant lean practices, used in waste disposal costs in time and considered, and Cleaner Production, which has a preventive environmental approach, reducing risk to humans and the environment, generated by production activities. These techniques converge on waste disposal and reuse of waste generated in the processes, which create operational advantages, increasing productivity and value creation. In most cases, the techniques are individually addressed by extending the process of development and finally increasing the complexity of the adoption. In this context, the work aims to integrate concepts of Lean Production and Cleaner Production through a systemic approach in eliminating non-value added activities. The articulated joint adoption and should contribute, possibly in improving the quality of business processes, material recovery, waste reduction, cost associated with the process, and will improve efficiency in operations.

Keywords

- Lean Production, Cleaner Production, Waste Reduction, Environmental Impact, Production Processes.

Índice

Lista de Figuras	4
Lista de Tabelas	5
Abreviações	6
<i>Capítulo 1. Síntese da Investigação</i>	7
1.1 Introdução	7
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo Geral	9
1.2.2 Objetivos Específicos	9
1.3 Justificativas.....	9
1.4 Metodologia da pesquisa	11
1.4.1 Classificações da pesquisa.....	11
1.5 Organização da Dissertação.....	12
<i>Capítulo 2. Revisão da Literatura</i>	15
2.1 Introdução	15
2.2 Introdução aos conceitos do <i>Lean</i>	16
2.3 Abordagens da Produção Enxuta.....	18
2.3.1 Princípios do Pensamento Enxuto	20
2.3.2 Desperdícios	21
2.3.3 Tipos de atividades e categorias de desperdício.....	23
2.3.4 Principais Ferramentas da Produção Enxuta	23
2.4 Introdução a os conceitos da Produção mais Limpa (P+L)	26
2.5 Produção mais Limpa P+L (<i>Cleaner Production</i>)	27
2.5.1 Princípios da produção mais limpa.....	31
2.5.2 Produção Limpa (final do processo) e Produção mais Limpa (P+L)	31
2.5.3 Ferramentas P+L	34
2.6 Os processos industriais e a sustentabilidade	37
2.6.1 A ISO 14000 e o Sistema de Gestão Ambiental (SGA).....	38
2.7 Comentários finais	41

<i>Capítulo 3. Relação entre a Produção Enxuta e Produção mais Limpa</i>	42
3.1 Introdução	42
3.2 Análise nas operações de produção	43
3.3 Análise de convergência entre a PE e P+L	45
3.3.1 Semelhanças da PE e P+L	48
3.3.2 Diferenças da PE e P+L	48
3.3.3 Barreiras da PE e P+L	51
3.3.4 Vantagens da PE e P+L	52
3.4 Comentários Finais	53
<i>Capítulo 4. Integração conceitual lean-cleaner</i>	55
4.1 Introdução	55
4.2 Desenvolvimento da Integração	56
4.2.1 Definição do método	57
4.2.2 Definição de atributos	58
4.2.3 Construção da Matriz de Integração	61
4.2.4 Integração	62
4.2.5 Análise dos resultados	63
4.2.6 Discussão e Interpretação	65
4.3 Comentários Finais	65
<i>Capítulo 5. Proposta Metodológica</i>	67
5.1 Introdução	67
5.2 Descrição da metodologia	68
5.3 Fase 1. Planejamento e Organização	72
5.4 Fase 2. Diagnóstico	74
5.5 Fase 3. Oportunidade de Melhora	75
5.6 Etapa 4. Melhoria Continua	76
5.7 Comentários Finais	78
<i>Capítulo 6. Avaliação da Proposta Metodológica</i>	79
6.1 Introdução	79
6.2 Avaliação da Metodologia	80
6.3 Caracterização da Empresa	81
6.4 Implantação da metodologia proposta	82
6.4.1 Fase 1. Planejamento e Organização	83
6.4.2 Fase 2. Diagnóstico	84

6.4.3	Fase 3. Oportunidade de melhora	88
6.4.4	Fase 4. Melhoria continua	91
6.5	Comentários Finais	91
<i>Capítulo 7. Conclusões e Sugestões de Trabalhos Futuros</i>		<i>94</i>
7.1	Conclusões	94
7.2	Recomendações de trabalhos futuros.....	95
Refêrencias Bibliográfias		96
APÊNDICE A.		104

Lista de Figuras

Figura 1. Resumo da metodologia da dissertação	12
Figura 2. Organização da dissertação	13
Figura 3. Evolução do Sistema Toyota de Produção - STP	18
Figura 4. Ferramentas da Produção Enxuta.....	26
Figura 5. Principais elementos do conceito da P+L	28
Figura 6. Ótica hierárquica da P+L	29
Figura 7. Classificação da estrutura P+L.....	34
Figura 8. Ferramentas da P+L	36
Figura 9. Series da ISO 14000.....	40
Figura 10. Abrangência da Produção mais Limpa	43
Figura 11. Ciclo fechado de Produção.....	45
Figura 12. Diagrama de desenvolvimento metodológico <i>lean-cleaner</i>	56
Figura 13. Principais atributos da Produção Enxuta.....	59
Figura 14. Principais atributos da Produção mais Limpa.....	60
Figura 15. Diagrama dos níveis de implicação.....	69
Figura 16. Representação Simplificada da metodologia proposta	70
Figura 17. Estrutura geral da metodologia integrada	72
Figura 18. Induzido para Ferramentas Elétricas.....	82
Figura 19. Estator para Ferramentas Elétricas.....	82
Figura 20. Diagrama de blocos do processo de induzido	86
Figura 21. Resíduos identificados na linha de induzidos	87

Lista de Tabelas

Tabela 1. Diferença entre tecnologia fim de tubo e produção mais limpa	33
Tabela 2. Evolução dos conceitos PE-P+L.....	46
Tabela 3. Publicações da Relação entre o <i>lean</i> e Aspectos ambientais.....	49
Tabela 4. Comparativo entre técnicas <i>lean-cleaner</i>	50
Tabela 5. Vantagens da Produção Enxuta e Produção mais Limpa	52
Tabela 6. Matriz de Resultantes de Integração.....	61
Tabela 7. Matriz de categorias de avaliação.....	62
Tabela 8. Faixa da importância	63
Tabela 9. Argumentação e relação da integração	63

Abreviações

ACV	Análise do Ciclo de Vida
AV	Atividades que Agregam Valor
CERCLA	<i>Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act</i>
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
LCSP	<i>Lowell Produção Sustentável</i>
LCA	<i>Life-Cycle Analysis</i>
MC	Manufatura Celular
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MET	Materiais / Energia / Toxinas
NAV	Atividades que não Agregam Valor
NNVA	Atividades que não agregam valor, porém necessárias
P+L	Produção mais Limpa
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
SPT	Sistema de Produção Toyota
SVSM	<i>Sustainable Value Stream Mapping</i>
TPM	<i>Total Productive Management</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
UNCED	<i>United Nations Conference on Environment and Development</i>
UNIDO	<i>United Nations Industrial Development Organization</i>
US EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

Capítulo 1.

Síntese da Investigação

1.1 Introdução

Na atualidade as empresas estão considerando dentro de suas operações o estabelecimento de metas em relação ao cuidado do meio ambiente, estas bem sendo influenciadas pelo comportamento dos clientes, os quais cada vez tornam-se mais exigentes com a qualidade dos produtos que consomem, as matérias primas envolvidas no processo de fabricação, e o impacto ambiental que gera dito processo, mostrando desta maneira, um cambio no clima dos negócios.

Dentro das práticas mais significativas de sustentabilidade aplicadas à cadeia de valor, estão aquelas relacionadas com alternativas para o sistema produtivo, como: Mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL), as técnicas de produção mais limpa (P+L), o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), entre outras.

Embora inúmeras iniciativas de (P+L) tenham sido já lançadas e implementadas em todos os tipos de indústria, através de diversos programas, abordagens metodológicas e de ferramentas para desenvolver e implantar a visão de processos, produtos e serviços mais limpos, Fresner, 2004), já que é considerada uma maneira pratica e econômica de diminuição de impactos ambientais comparado com o (SGA).

Uma produção eficiente pode ser obtida, através de uma abordagem global para minimizar os resíduos, isso significa eliminar o excesso de produção e inventário, movimentação de material, tempos de espera, atraso, sobre processamento, movimentação desnecessária, retrabalho e correções, desperdícios representados em tempo e custos, os quais são atingidos através de uma prática enxuta de produção.

A Produção Enxuta (PE) é um conjunto de princípios e práticas envolvidas desde a criação e a fabricação de um produto específico, da concepção à sua disponibilidade, passando pelo projeto; da venda inicial à entrega, registrado pedido e programação da produção, e da matéria-prima produzida distante e fora do alcance da empresa, até as mãos dos clientes. É uma aliança voluntária de todas as partes (SHAH e WARD, 2003).

A abordagem de este trabalho é considerar o desperdício produzido por uma linha de produção, minimizando seu impacto ambiental, por meio do trabalho conjunto encontrado nos princípios, da Produção Enxuta (*Lean Production*) e Produção mais Limpa (*Cleaner Production*).

A aplicação conjunta dos princípios da Produção Enxuta e Produção mais Limpa permitiriam uma eficiente, e cada vez maior transformação de matérias-primas em produtos, da mesma maneira, uma geração cada vez menor de resíduos.

O projeto sugere a adoção integrada, misturando características específicas da Produção Enxuta e Produção mais Limpa, com a finalidade de buscar possíveis melhorias de desempenho dos processos de produção, na reestruturação de suas atividades, além de um desenvolvimento sustentável.

Para isto foi possível estudar as ferramentas de produção enxuta e limpa como o objetivo de comparar possíveis semelhanças e diferenças.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Integrar conceitos da Produção Enxuta e Produção mais limpa, por meio de uma abordagem sistêmica na eliminação de atividades que não agregam valor.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Contextualizar os principais conceitos estudados, com a finalidade de encontrar aspectos comuns de abordagem.
- Estabelecer um mecanismo de integração conceitual, a partir de uma análise dos princípios da produção mais limpa e enxuta.
- Selecionar e adaptar uma metodologia com base nos princípios da produção mais limpa e produção enxuta, para posterior aplicação num estudo de caso.
- Discutir e avaliar a metodologia adaptada, com os resultados do estudo de caso, identificando sua adaptabilidade em uma linha de produção.

1.3 Justificativas

Um dos desafios mais relevantes do setor industrial é ter sua produção com o mínimo de resíduos e de poluição possível, por tanto, é importante a adoção de diferentes estratégias de manufatura focadas á sustentabilidade, para tornar suas operações mais eficientes e mais competitivas globalmente.

Nenhum dos dois sistemas em estudo, por si só, é capaz de promover em conjunto todos os desafios estratégicos impostos á gestão da produção. Porém a aplicação dos princípios da produção enxuta e limpa, deve ser o mapa para a implementação de uma manufatura consciente e proativa, visando à competitividade da organização e o cumprimento das exigências da

sociedade, principalmente com o consumo ambientalmente responsável (RODRIGUES *et al.*, 2006).

Segundo King e Lenox (2001), através de uma prova teórica e empírica da relação entre Produção Enxuta e desempenho ambiental de uma empresa, encontrou-se fortes evidências de que a Manufatura Enxuta complementa a redução de resíduos e a redução de impactos ambientais. A aplicação conjunta dos princípios da produção enxuta e produção mais limpa permitiriam uma eficiente transformação das matérias-primas em produtos, da mesma maneira, uma geração cada vez menor de resíduos.

As empresas que integram práticas de sustentabilidade ao longo da cadeia de suprimentos, recebem benefícios econômicos na redução dos custos de processamento e recursos Zenga *et al.*, (2010). Nesse contexto, a Produção mais Limpa (P+L), é considerada como uma ferramenta favorável, no desempenho produtivo das empresas, em relação aos aspectos ambientais, por meio da minimização e recuperação do uso de matérias-primas, a poupança energética, reciclagem, entre outras, obtendo de forma geral ganho de produtividade, a partir de um controle ambiental preventivo.

Os estudos publicados na literatura apresentam a aplicação da Produção Enxuta (PE) e Produção mais Limpa (P+L), de forma individual, isoladas uma da outra, atingindo só problemas específicos da produção, sem lembrar os impactos ambientais que podem ocorrer dentro de um processo específico ou vice-versa. No entanto, é possível indicar que existe uma complementação forte entre estes dois conceitos, as quais carecem de um análise em conjunto, de princípios, ferramentas e abordagens, possivelmente, aplicáveis dentro de um sistema produtivo.

Este trabalho tem como foco, encontrar os pontos de convergência e a criação de uma metodologia holística baseada em procedimentos já estabelecidos, sendo estes adaptados com o objetivo de lograr processos ambientalmente corretos.

1.4 Metodologia da pesquisa

Para o desenvolvimento da dissertação e a consecução de seus objetivos, foi necessário de um desenvolvimento bibliográfico, apresentando conceitos teóricos da Produção Enxuta e Produção mais Limpa, desta maneira foram determinados os fatores fundamentais, servindo como referencial na construção da metodologia de integração proposta.

1.4.1 Classificações da pesquisa

A classificação da pesquisa desenvolvida baseia-se nas proposições de Silva e Menezes (2005), Jung (2009), Cervo e Bervian (2002), que estabelecem quatro maneiras de classificação de uma pesquisa científica: quanto à natureza, quanto à forma de abordagem, quanto aos objetivos, e quanto aos procedimentos adotados.

Desta maneira, em esta dissertação se encontram:

- a. **Quanto a sua natureza:** Pesquisa aplicada. Porque objetiva gerar conhecimentos dirigidos à solução de problemas específicos, com possível aplicação prática de conceitos da PE e P+L, na convergência dessas metodologias, adaptando uma estrutura para serem potencialmente aplicadas conjuntamente e empregadas na melhora dos processos produtivos.
- b. **Quanto à forma de abordagem do problema:** É qualitativa. O enfoque qualitativo, é baseado segundo Hernandez *et al.*, (2006), Qualitativa, porque se baseia em um esquema indutivo, que não pode ser traduzido diretamente em números. É utilizada esta abordagem na identificação de conceitos-chaves para logo serem aplicados no desenvolvimento.
- c. **Quanto aos objetivos:** Exploratória e descritiva. A pesquisa exploratória envolve levantamento bibliográfico, o qual é necessário para encontrar os pontos de convergência e divergência destas metodologias. É também de caráter descritivo, porque descreve as características de determinado fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

d. **Quanto aos procedimentos adotados:** Pesquisa bibliográfica. Verifica os pontos de convergência realizados através uma pesquisa bibliográfica, com o fim de obter uma base teórica dos temas estudados na pesquisa, conforme ao capítulo 2, fórum consultados livros, artigos, diferentes sites na internet de bibliotecas universitárias, além de contatos mantidos com outros pesquisadores.

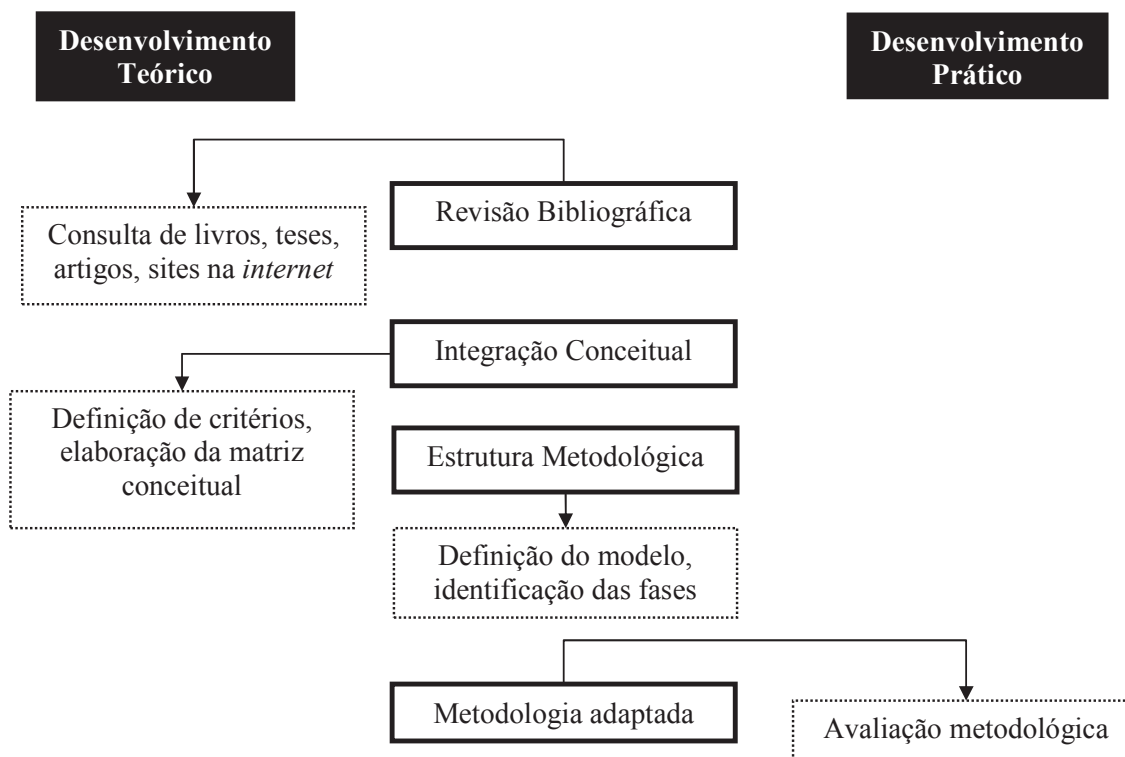


Figura 1. Resumo da metodologia da dissertação

1.5 Organização da Dissertação

As contribuições da dissertação estão estruturadas em sete capítulos, como se apresenta na Figura 2. As principais fases do desenvolvimento do presente projeto são descritas na seqüência:

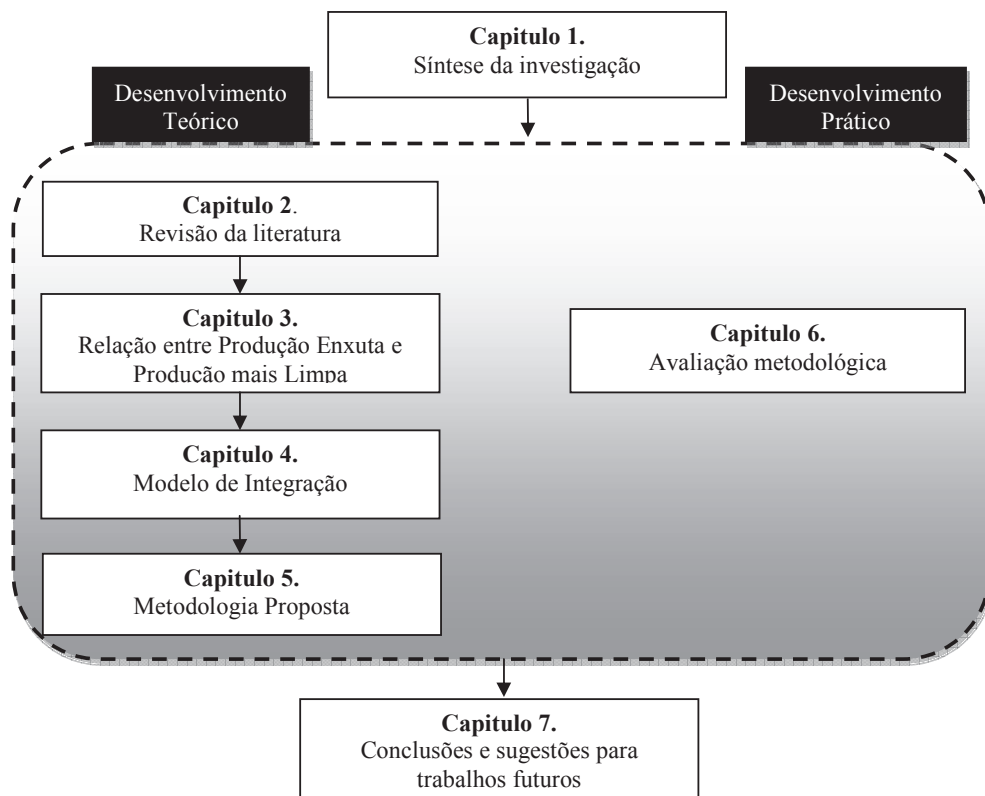


Figura 2. Organização da dissertação

Capítulo 1. Apresenta-se uma breve introdução, evidenciando o escopo de trabalho a metodologia, objetivos e a justifica da pesquisa.

Capítulo 2. Apresenta-se uma revisão da literatura dos principais tópicos a serem tratados nesta dissertação. Discutem-se os conceitos de Produção Enxuta e Produção mais Limpa, as principais ferramentas, princípios e as principais vantagens da implantação.

Capítulo 3. Neste capítulo são abordados os diferentes conceitos e ferramentas que compõem as práticas estudadas, fazendo um análise paralelo dos pontos comuns de convergência entre elas.

Capítulo 4. Este capítulo contém a descrição dos critérios utilizados no desenvolvimento da articulação dos conceitos, fazendo uma análise conjunto das semelhanças.

Capítulo 5. O capítulo apresenta o desenho da estrutura metodológica por meio da descrição de fases.

Capítulo 6. Aborda a avaliação da metodologia proposta, implementada no estudo de caso em uma empresa real a qual tem dentro de seus processos de fabricação uma mentalidade *lean*.

Capítulo 7. Finalmente, neste capítulo se apresenta as conclusões deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2.

Revisão da Literatura

2.1 Introdução

Este capítulo apresenta as definições conceituais estudadas; entre eles se encontram a produção mais limpa e a produção enxuta, assim mesmo, são exploradas as principais técnicas e princípios que compõem e articulam ditas práticas, e que servem como referencial teórico no desenvolvimento de este trabalho.

Inicialmente é feito um levantamento bibliográfico das origens dos conceitos apresentados dando o fundo histórico que vem sendo evoluído com o tempo, além da contextualização da sustentabilidade envolvendo conceitos sobre o Sistema de Gestão Ambiental e a norma ISO 14000, relacionadas com o objetivo de redução de impactos ambientais.

Por outro lado, será exposto um conjunto de considerações sobre a literatura existente, visando obter fundamento para o desenvolvimento da metodologia conjunta conforme os objetivos do presente trabalho.

2.2 Introdução aos conceitos do *Lean*

Depois da Segunda Guerra Mundial as empresas manufatureiras japonesas se enfrentaram com escassez do material, financeiro e de recursos humanos, Ohno (1988). Além de isso no país existiam outras séries de problemas e desafios a serem contornados como: mercado interno limitado e demandando vasta variedade de produtos; mão-de-obra organizada, para a implantação da produção em massa, que caracterizava o sistema implantado por Henry Ford e *General Motors*. Do resultado destas condições nasceu conceito *Lean Production* ou Produção Enxuta, Womack e Jones (1992). Proeminente aplicação se deu na *Toyota Motor Company*.

O primeiro conceito de *Lean* foi descrito no livro “*The Machine That Changed the World*” por Womack e Jones (1992) nos inícios da década de 90, baseado num estudo sobre o futuro da industria automóvel e onde se desvenda o sistema de produção usando pela Toyota nas suas fabricas denominado *Toyota Production System*, Sistema de Produção Toyota (SPT) desenvolvido e estruturado por Taiichi Ohno vice-presidente da Toyota na década dos 50 no Japão.

Na Toyota, Womack *et al.* (1992) apontam benefícios como a redução dos estoques, a diminuição de defeitos e o aumento da produção e da variedade de produtos, além da eliminação de tarefas, da diminuição do preço final para os clientes e da obtenção de vantagens com os fornecedores. Indo além das aplicações originais na Toyota, que tinham foco no sistema de manufatura, uma tendência forte nas pesquisas e aplicações práticas da PE é a sua extensão a uma ampla gama de atividades industriais e de serviços, bem como para todos os elementos de um sistema produtivo.

A produção tem foco na redução de tempo e custos, para isso, no SPT procura através de ferramentas a eliminação das perdas, a identificação das mesmas, as quais exigem um estudo detalhado da estrutura da produção. É no sistema SPT que o *Lean Manufacturing* se baseia.

Ohno desenvolveu um numero de ferramentas para as operações do formato da produção em o marco sistemático, Os objetivos fundamentais deste novo sistema caracterizaram-se por qualidade e flexibilidade do processo, ampliando sua capacidade de produzir e competir no cenário internacional. O sistema de produção japonês é constituído para encorajar mudanças e

aperfeiçoamentos constantes, como parte das operações diárias. Para alcançar o Kaizen ou melhora contínua, a gerência aproveita a experiência coletiva de todos os seus trabalhadores e valoriza a solução de problemas em conjunto.

A Produção Enxuta surgiu como um sistema de manufatura cujo foco é aperfeiçoar os processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios, como, por exemplo, excesso de inventário entre as estações de trabalho, bem como tempos de espera elevados. Seus objetivos fundamentais são: Otimização, qualidade, flexibilidade do processo, produção de acordo com a demanda, manter o compromisso com clientes e fornecedores, redução do custo de produção.

Um dos conceitos da Manufatura Enxuta é a melhora contínua, chamada por os japoneses como Kaizen, método chave usado para fomentar uma cultura de melhora contínua na eliminação de resíduos. Para alcançar o Kaizen, a gerência precisa implicar os trabalhadores de múltiplos funções e níveis da organização para que trabalhem juntos em a solução de um problema o a melhora determinada de um processo.

Na visão de Taiichi Ohno com a Manufatura Enxuta é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios, também denominado de perdas, existentes dentro de uma empresa.

A Figura 3. Apresenta uma evolução do conceito *lean* partindo desde sua origem até ate nossos tempos, ilustrado desde a ótica de diversos autores os fundamentos teóricos.

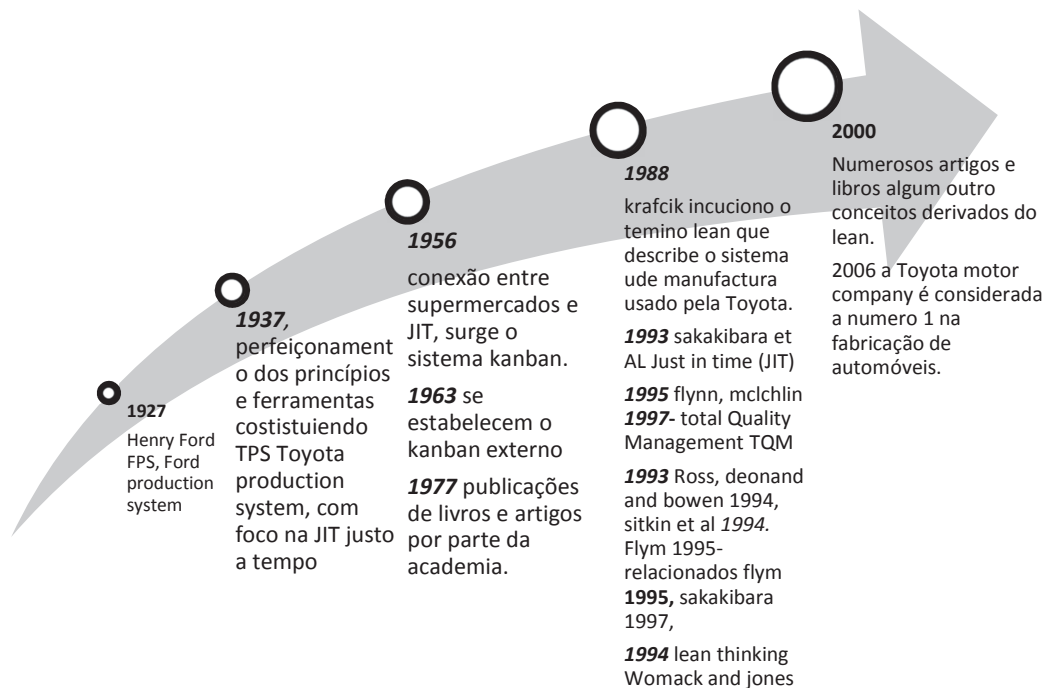


Figura 3. Evolução do Sistema Toyota de Produção – STP

2.3 Abordagens da Produção Enxuta

O *Lean* é uma prática que engloba vários princípios. No entanto, existe um objetivo que o este pretende atingir a racionalização de atividades do valor agregado e a eliminação de resíduos no processo com o fim de satisfazer melhor a demanda do cliente. Existem conceitos de diferentes autores referentes à Manufatura Enxuta entre eles Ohno (1997) que o descreve como a eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; cuja ideia básica era produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida.

Para Shinohara (1988) a busca de uma tecnologia de produção que utilize a menor quantidade de equipamentos e mão-de-obra para produzir bens sem defeitos no menor tempo possível, com o mínimo de unidades intermediárias, entendendo como desperdício todo e qualquer elemento que não contribua para o atendimento da qualidade, preço ou prazo requeridos pelo cliente, além disso fala que o êxito da eliminação de todo desperdício deve ser efetuada a

traves de esforços concentrados da administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os departamentos da companhia, Womack, *et al.* (1992) inclui um numero de funções e responsabilidades a todos os trabalhadores que adicionam valor ao produto na linha, mediante a adoção de tratamento de defeitos imediatamente logrando alcançar a sua causa de raiz.

O conceito de Manufatura Enxuta se difundiu pelo mundo e várias são as definições desta prática, dando origem a diversos conceitos definidos por alguns autores como:

(OHNO,1997)

“A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a idéia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida.”

(SHINOHARA,1988)

“A busca de uma tecnologia de produção que utilize a menor quantidade de equipamentos e mão-de-obra para produzir bens sem defeitos no menor tempo possível, com o mínimo de unidades intermediárias, entendendo como desperdício todo e qualquer elemento que não contribua para o atendimento da qualidade, preço ou prazo requeridos pelo cliente. Eliminar todo desperdício através de esforços concentrados da administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os departamentos da companhia.”

(WOMACK e JONES, 1992)

“Há de conferir o máximo número de funções e responsabilidades a todos os trabalhadores que adicionam valor ao produto na linha, e a adotar um sistema de tratamento de defeitos imediatamente acionado a cada problema identificado, capaz de alcançar a sua causa raiz”.

2.3.1 Princípios do Pensamento Enxuto

A Produção enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção dos produtos buscando atingir, ou até superar, as expectativas dos clientes (MACDONALD, *et al.*, 2000). Suas técnicas procuram minimizar as perdas dentro da empresa, gerando produtos a um menor custo e possibilitando á organização produzir a um preço menor e sem perda da qualidade.

Segundo Hines e Taylor (2000), definiram os cinco princípios do pensamento enxuto que oferecem uma valiosa colaboração para a gestão de processos:

1. Especificação do valor: O significado de valor de um produto deve ser especificado desde a perspectiva do cliente final, considerando aspectos relacionados com as suas necessidades e especificações, como o preço e disponibilidade do produto.

2. A identificação da cadeia de valor: A cadeia de valor é o conjunto de todas as ações para determinar todos os passos necessários para produzir o produto ao longo de toda linha de produção, de modo a não serem gerados desperdícios. A identificação da cadeia de valor consiste em mapear o conjunto de todas as atividades em três classes, os que geram valor, os que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade, e aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados.

3. A geração de um fluxo de valor: Baseada na cadeia de valor obtida; promover ações a fim de criar um fluxo de valor contínuo, sem interrupções, ou esperas.

4. Produção puxada: A configuração do sistema produtivo de forma que o acionamento da cadeia de valor seja iniciado a partir do pedido do cliente; produzir somente nas quantidades solicitadas pelo consumidor, mentalidade enxuta. Visa evitar a acumulação de estoques, o cliente "puxa" a produção, eliminando a sobre produção.

5. Busca da perfeição: A busca incessante da melhoria da cadeia de valor através de um processo contínuo de redução de perdas (programação puxada). Esforçar-se para manter uma melhoria contínua, procurando a remoção de perdas e desperdícios.

2.3.2 Desperdícios

Para o Shingo e Ohno mentores do sistema de produção relacionam diretamente os princípios de produção com as perdas. O SPT utiliza diferentes ferramentas para alinhar estrategicamente, não só suas instalações de produção, senão também, as instalações de seus fornecedores, na eliminação de processos que não geram valor (BERGMILLER *et al.*, 2009).

De acordo com Ohno (1997), o sistema SPT também, é um meio de tornar o trabalho mais satisfatório, porque oferece retorno imediato sobre os esforços para tornar o desperdício em valor. Afirma ainda que a identificação dos desperdícios seja o caminho para a melhoria contínua do sistema, Shingo (1996), LEI (2003) e classifica, na manufatura, sete principais tipos de desperdícios: 1. de super produção; 2. de tempo disponível ou espera; 3. de transporte; 4. do processamento; 5. de estoque disponível ou estoque; 6. de movimentação e 7. por produtos defeituosos.

1. **Superprodução:** Está relacionada ao fato de se produzir mais do que o requerido pela demanda dos clientes ou por produzir em um ritmo acima do necessário. Por tanto, dentro do TPS a produção deve ser sustentada pela prática *Just-In-Time* (JIT), que significa produzir peças ou produtos exatamente na quantidade e o tempo requerida pelo o cliente. E considerada a maior forma de desperdícios na prática lean, devido a que esta leva a outras formas de residuos desperdícios como tiempos largos, inventario, almacenamiento, etc.
2. **Tempo de Espera:** Ocorre quando os processos não são equilibrados, é a atividade de ter que esperar para processar determinada peça, o tempo ocioso da maquinaria para produzir, o que constitui em desperdício, Ohno (1997) cita que existem dois tipos de espera: as de processo e as de lotes. Espera do processo ocorre quando um lote inteiro de itens não processados permanece esperando enquanto o lote precedente é

processado, inspecionado ou transportado; ou quando há acumulação de estoque excessivo a ser manufaturado ou entregue.

3. **Transporte:** Esse elemento é de grande importância na produção devido ao seu envolvimento com as entregas aos clientes, de peças e materiais dos fornecedores e entre os processos envolvidos no chão-de-fábrica, OHNO (1997). Deslocamentos desnecessários ou estoques temporários podem ser considerados como desperdício de tempo e recursos, as atividades de transporte e movimentação que não geram valor devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, através da elaboração de um arranjo físico adequado, que minimize as distancias a serem percorridas. (CORRÊA e GIANESI, 1993).
4. **Sobre processamento:** Considerada as fontes de desperdício próprias das operações podendo estas serem eliminadas, por exemplo, máquinas ou equipamentos usados inadequadamente em quanto a sua capacidade ou capacidade de desempenhar uma operação. Por tanto, torna-se importante a aplicação da engenharia de valor na minimização do desperdício.
5. **Inventário:** É a perda sob a forma de estoque de matéria-prima, material em processamento e produto acabado, que significa para a empresa desperdícios de investimento e espaço, pode ser eliminando reduzindo os tempos de preparação de máquinas e o lead times de produção, sincronizando os fluxos de trabalho.
6. **Movimentação desnecessária:** Os movimentos desnecessários que não agregam valor e que são realizados pelos operadores na execução de uma operação. As técnicas de estudo mais utilizadas na eliminação deste tipo de desperdício esta o estudo de tempos e métodos, e automação de operações.
7. **Produtos defeituosos ou retrabalho:** É o resultado da produção de produtos com características não especificadas e com mala qualidade que não satisfaçam os requerimentos do uso, considerando desperdício de material, de mão de obra, investimento, entre outros.

2.3.3 Tipos de atividades e categorias de desperdício

Quando se trata de qualquer sistema produtivo, os processos correspondentes às transformações das matérias primas em produtos finais são compostos de várias atividades que podem ou não agregar valor ao cliente final.

- ✓ Atividades que agregam valor (AV): Aquelas atividades que o cliente final está disposto a pagar por sua execução;
- ✓ Atividades que não agregam valor (NAV): Aquelas atividades que sua existência ou não das mesmas não têm importância para o cliente final;
- ✓ Atividades que não agregam valor, porém necessárias (NNVA): São aquelas que porém sua existência é de fundamental importância para a execução das atividades que realmente agregam valor ao produto final.

2.3.4 Principais Ferramentas da Produção Enxuta

A aplicação de algumas ferramentas são necessárias para que a produção enxuta alcance os objetivos e contribuam na obtenção dos resultados, estas ferramentas são instrumentos utilizados para a implementação de um sistema enxuto de produção.

Seguidamente, serão descritas algumas ferramentas consideradas fundamentais, conforme na pesquisa na literatura, e que estão intrinsecamente ligadas ao princípio de eliminação das perdas.

- **VSM (*Value Stream Map*):** Mapa de Fluxo de Valor: É uma representação visual de todas as atividades específicas, incluindo o fluxo de material e informação, Tapping (2005), identificação de todas as atividades específicas que ocorrem ao longo do fluxo de valor referente ao produto.

- **Manufatura celular, MC:** Segundo o Rother e Harris (2002) definem célula como um arranjo de pessoas, maquina materiais e método em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, através do qual as partes são processadas em um fluxo contínuo.
- **Melhora Contínua, Kaizen:** Consiste na melhora contínua da participação de toda a organização Ohno (1988), Kaizen não limita se a certas áreas como a produção o desenho, si não que basa-se em fazer trocas para a melhora no qualquer parte da organização.
- **Judoka:** È a prevenção de erros no processo, através do redesenho das equipes, operações e produtos. Devem se evitar os erros humanos e do processo. A inspeção cento por cento e na fonte para que em cada operação sucessiva se assegurem os resultados de qualidade dos anteriores.
- **Heijunka:** Apoia o trabalho padronizado e Kaizen, e seu objetivo é produzir ao mesmo tempo o ritmo a cada dia de forma a minimizar os picos e vales na carga de trabalho (DENNIS, 2002).
- **Just in Time, JIT:** Produzir somente o necessário, no momento necessário, na quantidade necessária Sugimori *et al.*, (1977). É uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios.
- **Kanban:** É definido como um mecanismo de controle de fluxo de materiais MFC e controla a quantidade adequada e no tempo adequado da produção dos produtos necessários. (GRAVES, *et al.*, 1995).
- **Set- Up Rápido (SMED):** É o tempo decorrido na troca do processo de uma atividade para outra. A redução dos tempos de *set- up* pode ser alcançada por uns métodos como eliminar o tempo necessário para a busca de ferramentas e equipamentos, a preparação de tarefas que retardam as trocas.
- **5s:** Inclui um conjunto de técnicas utilizadas pra limpeza e organização do local de trabalho (LEVINSON, 2002).

Seiri: Classificação

Seiton: Ordem

Seisō: Limpeza

Seiketsu: Normalização

Shitsuke: Manutenção

- **Manutenção Preventiva Total (TPM):** Se esforça para alcançar e manter condições ideais de equipamentos a fim de evitar paradas inesperadas, perdas de velocidade, qualidade e defeitos no processo. Eficiência global, incluindo a eficiência econômica, e atingida por operações em condições ótimas através da vida do equipamento, ou seja, minimizando o custo do ciclo de vida, (NAKAJIMA, 1988).
- **Poka-Yoke:** possibilita a inspeção 100% Shingo (1996), através de controle físico ou mecânico, ou objetivo de poka- yoke é reduzir a carga física e mental do trabalhador, ao eliminar a necessidade de comprovar constantemente os erros comuns que conduzem aos defeitos, (DENNIS, 2002; JOHANSSON, *et al.*, 2005).

De uma maneira geral, o que se pode concluir é que da forma como os fundamentos da produção enxuta são colocados, realmente configuram um novo paradigma de administração da produção, mas que precisa ter o seu ferramental desenvolvido.

Seguidamente na Figura 4 são apresentadas algumas ferramentas, métodos e técnicas, que vêm sendo utilizadas para viabilizar as diretrizes propostas por Womack e Jones (1996) como as bases desta nova prática de produção.

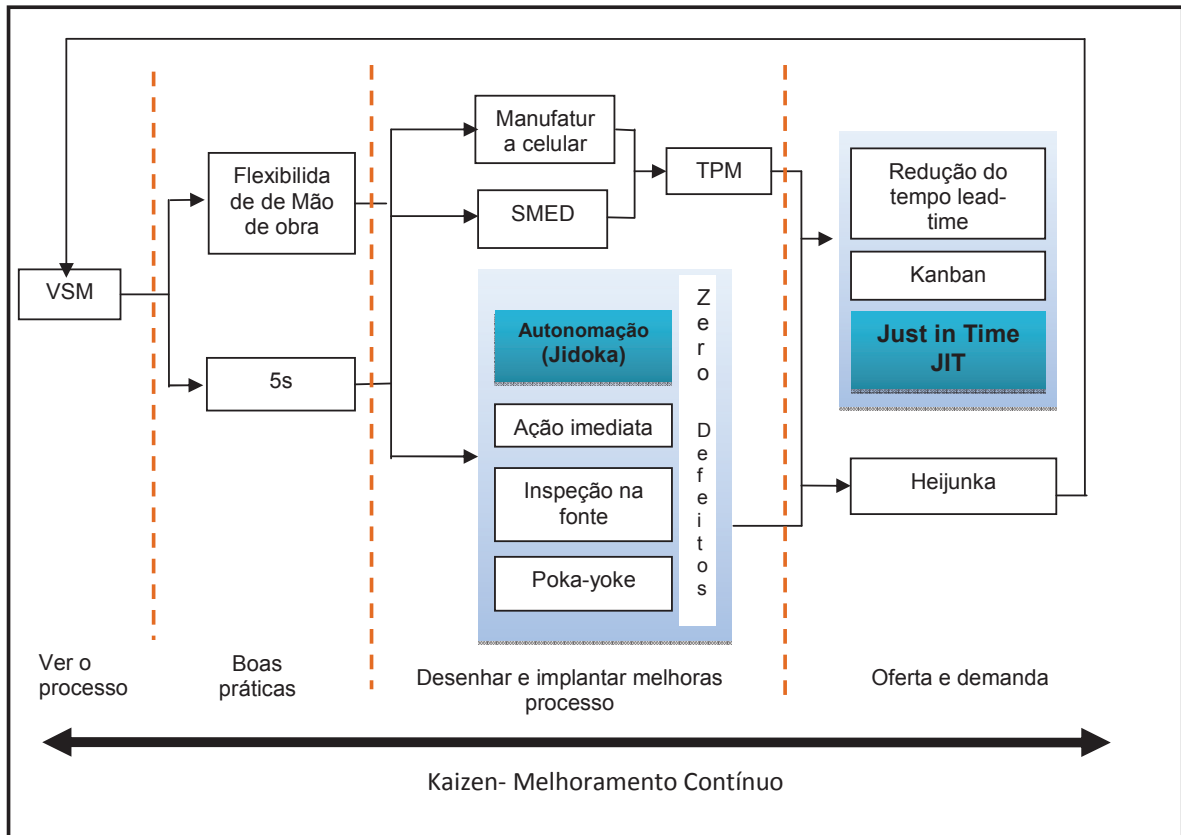


Figura 4. Ferramentas da Produção Enxuta

Fonte: Adaptado de Ghinato (1995)

2.4 Introdução a os conceitos da Produção mais Limpa (P+L)

É um modelo de gestão ambiental que nasceu dois manuais de regulação das atividades industriais públicas e privadas, com relação ao meio ambiente. CERVELINI 2000). O primeiro manual foi *Waste Minimization Opportunity Assessment Manual*, enunciado pela *Environmental Protection Agency* (EPA) em 1988, o qual descreve os procedimentos para minimização de resíduos industriais no processo de produção, como o fim de que as empresas cumpriram a legislação dos estados unidos *Comprehensive Environmental Response, Compensation and liabilities Act* (CERCLA). O segundo manual *Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes*, foi publicado três anos depois por as agencias (UNEP) *United Nations Environmental Program*, UNIDO *United Nations Industrial Development*. Focado no contexto da P+L e para ser

usado por industriais, consultores e governo, interessadas em melhorar a relação indústria e meio ambiente.

2.5 Produção mais Limpa P+L (*Cleaner Production*)

Segundo a *United National Industrial Development Organization* (UNIDO) defende a P+L como, uma estratégia preventiva e integrada que pode ser utilizado, em todas as fases do processo produtivo, para aumentar a produtividade, pelo uso mais eficiente dos materiais, energia e água. Promove a melhora do desempenho ambiental, pela redução de resíduos e emissões de gases e outros elementos e reduzir o impacto ambiental dos produtos em todo seu ciclo de vida a partir de um projeto ecológico e economicamente eficiente (KAZMIERCZYK, 2002; CNTL, 2006).

Propõe um sistema industrial que visa sustentabilidade das fontes renováveis de matérias primas através da redução do consumo de água e energia; prevenção de resíduos tóxicos e perigosos na fonte de produção; a reutilização e ao reaproveitamento de materiais por reciclagem de maneira atóxica e seja mais eficiente em termos energéticos; a geração de produtos de longa vida útil, seguros e atóxicos ao homem e ao meio ambiente natural, cujos restos, inclusive embalagens, tenham reaproveitamento atóxico e sejam recicláveis, (NASCIMENTO, *et al.* 2008).

A P+L atua na fonte de geração de resíduos de forma preventiva, buscando identificar alternativas para evitar ou minimizar sua geração durante as varias etapas de um processo produtivo.

Jackson (1993) adota como definição de produção limpa uma aproximação operacional para desenvolvimento de sistemas de produção e consumo, os quais incorporem uma postura preventiva para a proteção do meio ambiente.

As considerações que fazem parte deste conceito são a precaução, a prevenção e a integração de toda cadeia produtiva, a partir das quais se adotou duas formas operacionais principais para a produção limpa: A primeira é a redução do fluxo de materiais do processo, ciclo

ou atividade, ou a melhoria da eficiência destes processos; a segunda maneira é a substituição de materiais, produtos ou serviços perigosos por outros de menores impactos.

Alguns meios de P+L são as técnicas de redução de materiais, perdas, desperdícios e efluentes, e realizadas conforme a Figura 5. com as seguintes operações: a separação dos efluentes; a recirculação; o reuso dos materiais de processo e a valorização dos subprodutos.

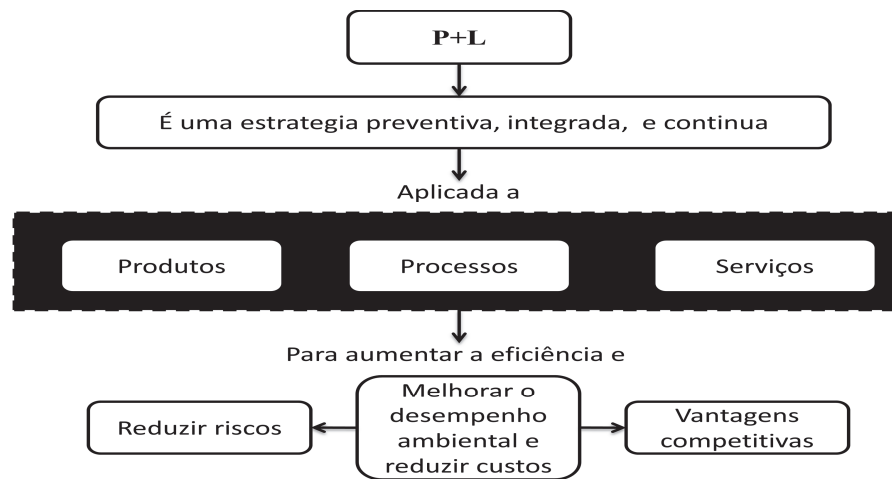


Figura 5. Principais elementos do conceito da P+L

Fonte: Adaptado de UNEP Guidance Manual

P+L é uma abordagem sistematicamente organizada para atividades de produção, a qual tem efeitos positivos no meio ambiente. Estas atividades incluem minimização de uso de recursos, eco eficiência melhorada e redução na fonte, com objetivo de melhorar a proteção do meio ambiente e reduzir riscos para os organismos (GLAVIC e LUKMAN, 2006).

Na figura 6. Apresentam-se os níveis hierárquicos compreendidos na P+L.

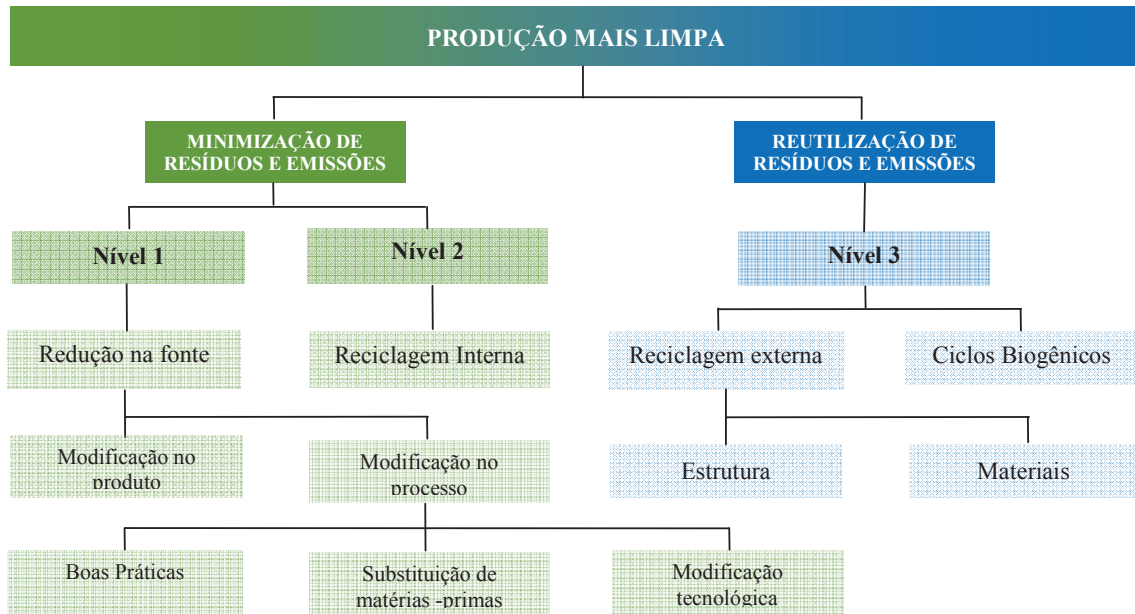


Figura 6. Ótica hierárquica da P+L

Fonte: Centro nacional de tecnologias limpas CNTL, 2003

Conforme ao Centro Nacional de Tecnologias Limpas CNTL 2006, a anterior hierarquia mostra no **nível 1**, a prioridade da P+L de evitar a geração de resíduos e emissões, no **nível 2**, os resíduos que não podem ser evitados devem ser reintegrados ao processo de produção da empresa e finalmente no **nível 3**, na sua impossibilidade as medidas de reciclagem fora da empresa podem ser utilizadas.

São descritas a continuação cada um, mostrando as diferentes técnicas usadas na consecução de cada nível.

a) Nível 1 - Evitar a geração de resíduos e emissões com redução na fonte:

- ✓ Modificações no produto, por meio de técnicas de desenho ecológico *eco-design*, e o estudo do ciclo de vida do produto *life cycle*, que determina as características do material empregado na fabricação do produto seja o mais ecológico possível;
- ✓ Mudanças de processo: Através de melhoria de práticas operacionais busca-se progresso no desempenho dos processos operacionais. Normalmente é o primeiro foco nas avaliações por envolver menores investimentos de capital; Através da substituição de matérias primas, que gerem aspectos impactantes ao meio ambiente ou à produtividade; mudanças tecnológicas, inclui a introdução de processos automatizados, otimização de processos, redesenho de equipamentos, substituição de processos que permitam melhor desempenho ambiental, por meios de dispositivos que permitam controlar a geração de resíduos ou desperdícios, ou pela otimização ou eliminação de sub-processos.

b) Nível 2 - Os desperdícios que não podem ser evitados devem ser reintegrados ao processo de produção da empresa, através de práticas de reutilização direta ou de reciclagem interna.

c) Nível 3 - Na sua impossibilidade, medidas de reciclagem fora da empresa podem ser utilizadas.

A prática do uso da P+L leva ao desenvolvimento e implantação de Tecnologias Limpas nos processos produtivos. Para introduzir técnicas de P+L em um processo produtivo, podem ser utilizadas várias estratégias, tendo em vista metas ambientais, econômicas e tecnológicas.

A priorização destas metas é definida em cada empresa, através de seus profissionais e baseada em sua política gerencial. Assim, dependendo do caso, se podem ter os fatores econômicos como ponto de sensibilização para a avaliação e definição de adaptação de um processo produtivo e a minimização de impactos ambientais passando a ser uma consequência, ou inversamente, os fatores ambientais sendo prioritários e os aspectos econômicos tornando-se consequência.

2.5.1 Princípios da produção mais limpa

Dentro dos princípios que norteiam a P+L a US/EPA (1998) enumera seis componentes fundamentais:

- i) **Redução de desperdício:** o termo desperdício refere-se a todos os tipos de desperdícios (sólidos, líquidos, gasosos, de calor etc.). A meta da P+L é alcançar o estágio de desperdício zero.
- ii) **Produção não poluente:** O processo produtivo ideal na abordagem de P+L gera um ciclo fechado, sem liberação de contaminantes.
- iii) **Eficiência energética na produção:** P+L pressupõe os mais altos níveis de eficiência e conservação energética. Eficiência energética é determinada pelo melhor uso de energia por unidade de produto produzido, enquanto conservação se refere à redução do consumo energético total.
- iv) **Ambiente de trabalho seguro e saudável:** P+L se esforça para minimizar os riscos para os colaboradores provendo um ambiente de trabalho mais limpo, saudável e seguro.
- v) **Produtos ambientalmente apropriados:** Os produtos e seus subprodutos devem ser ambientalmente apropriados, considerando os fatores ambientais e de saúde em todo o seu ciclo de vida, do projeto inicial à disposição final.
- vi) **Embalagens ambientalmente corretas:** Deve-se minimizar o uso de embalagens sempre que possível e, quando por razões mercadológicas ou de proteção ao produto estas forem necessárias, que sejam as mais ambientalmente apropriadas.

2.5.2 Produção Limpa (final do processo) e Produção mais Limpa (P+L)

Conforme o CNTL (2006), a implantação de técnicas de P+L em processos produtivos, permite a obtenção de soluções que venham a contribuir para a solução definitiva dos problemas ambientais, já que a prioridade da metodologia está baseada na identificação de opções de não geração dos resíduos.

Inicialmente, as empresas passaram a adotar sistemas e tecnologias para o controle e tratamento dos resíduos, efluentes e emissões gerados nos processos produtivos. Essas tecnologias, normalmente caras, são conhecidas como técnicas de fim de tubo (*end of pipe*), é dizer fazem o tratamento dos resíduos no final dos processos produtivos, Diaz *et al.*, (2005), sendo esta menos eficiente e sem nenhum valor ao negócio e, portanto, associada a manufaturas pouco eficientes, (ROTHENBERG *et al.*, 2001), (KING e LENOX, 2002).

A P+L, por ser uma estratégia de tipo preventiva, evita que esse tratamento feito ao final de processo, seja menos custoso e de menor impacto para o meio ambiente.

Entre as diferenças mais notórias existentes entre este tipo de sistemas ambientais esta que a produção limpa, remedia os processos ambientais causados por um sistema produtivo sem combater a causa raiz que o produz, ao contrário, das tecnologias de P+L que contemplam mudanças nos produtos e processos produtivos, a fim de reduzir ou eliminar a poluição na fonte de origem.

De acordo com UNIDO (1997), a diminuição de materiais, perdas, desperdícios, resíduos e emissões, e pode ser alcançada a partir destas oito aproximações:

- a) Manutenção adequada: prevenção de vazamentos, perdas e derramamentos; calendário de manutenção preventivo; inspeção freqüente dos equipamentos; treinamento do pessoal;
- b) Realizar substituições: por materiais menos tóxicos; materiais renováveis ou com maior ciclo de vida;
- c) Melhoria no controle do processo: mudanças nos procedimentos de trabalho; instruções de utilização das máquinas e manutenção dos dados do processo para facilitar a melhoria de sua eficiência e menor geração de perdas e emissões;
- d) Mudanças no equipamento: mudanças nos equipamentos de produção e os auxiliares, como a adição de uma divisão de medidas e controle, para melhorar a eficiência e diminuir taxas de perdas e emissões;

- e) Mudanças na tecnologia: utilização de tecnologias menos poluente; mudança no fluxograma do processo a fim de diminuir a cadeia produtiva;
- f) Reciclagem / Reuso: realizar a reciclagem das perdas geradas para serem utilizados no próprio processo ou para outras aplicações na companhia;
- g) Produzir o máximo que pode ser utilizado: transformação das perdas geradas em materiais que podem ser reutilizados ou reciclados para outras aplicações na empresa;
- h) Reformulação ou modificação do produto: mudanças no produto com a finalidade de minimizar os impactos durante sua produção, uso, reciclagem ou disposição final.

A seguinte Tabela 1 apresenta as principais diferenças entre as tecnologias de final do processo ou Produção Limpa e a Produção mais Limpa.

Tabela 1. Diferença entre tecnologia ao final do processo e a produção mais limpa

PRODUÇÃO LIMPA	PRODUÇÃO MAIS LIMPA
A poluição é controlada mediante sistemas de tratamentos ao final do processo com foco só nos resíduos de maneira corretiva.	A poluição é prevenida na sua fonte de origem
Proteção ambiental focada no cumprimento de prescrições legais. E o resultado de um paradigma de produção que data de um tempo em que os problemas ambientais ainda não eram conhecidos.	É uma abordagem que cria técnicas e tecnologias de produção para o desenvolvimento sustentável. Os resíduos podem ser transformados em produtos ou subprodutos.
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico.	A condução ambiental na empresa é responsabilidade de todos.
As melhoras ambientais vão acompanhadas de técnicas e tecnologias sofisticadas.	As melhoras ambientais resultam da aplicação de boas praticas operativas até mudanças tecnológicas.

O tratamento de efluentes ao final do processo não está relacionado com a melhora da qualidade dos produtos, Nem a melhora do ambiente laboral.

A P+L reduz a poluição, melhora as condições de segurança e saúde do trabalhador e a qualidade dos produtos.

A proteção ambiental foi introduzida depois que os produtos e processos foram desenvolvidos.

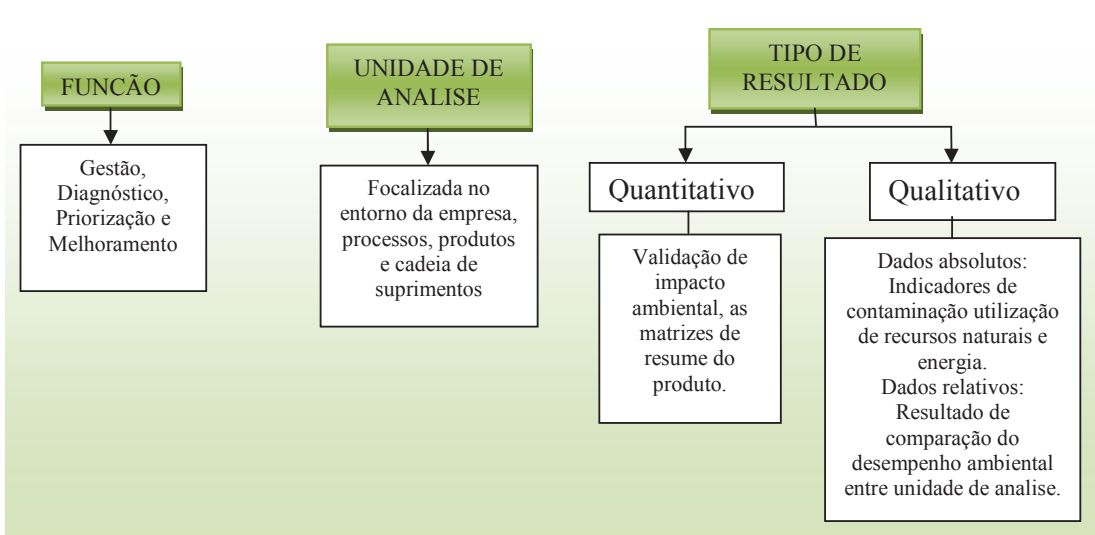
A proteção ambiental é uma parte integrante do design do produto e da engenharia de processo.

Fonte: Adaptado de SENAI

2.5.3 Ferramentas P+L

As ferramentas da PL são técnicas que permitem definir o estado ambiental tanto de um processo como de um produto, além disso, apoia as estratégias e sistemas de tipo ambiental, que tem como objetivo chave o desenho, validação e implantação de um sistema de gestão ambiental.

Podem-se classificar como mostra a Figura 7 segundo sua estrutura em:



Algumas estratégias apresentadas a continuação estão baseadas em normas integradas para a gestão organizacional ISO 14000, 9000, e OSHAS 18000.

- ✓ **Matriz MET:** Esta ferramenta permite o análise do perfil ambiental de produtos, tendo em conta, todas as etapas do ciclo de vida do produto, os materiais utilizados no processo, a utilização de energia que impactam no meio ambiente, a quantidade de energia consumida no processo e a toxicidade dos materiais.
- ✓ **Análise do risco:** A avaliação de risco se baseia na relação, entre em um seletivo conjunto de indicadores capaz de monitorar as interações e os impactos que eles podem ter com o meio ambiente e o home.
- ✓ **Eco balanço:** A aplicação de eco balanço permite identificar o ponto mínimo de consumo de água, concentrações limites dos contaminantes envolvidos, na entrada e na saída dos processos como parte do impacto global da cadeia de produção, (SMITH *et al.*, 1999).
- ✓ **Eco desenho:** Incorpora aspectos ambientais no desenvolvimento de novos produtos e juntamente com Análise de Ciclo de Vida (ACV), promove uma nova leitura de técnicas de fabricação e design, (BYGGETH, *et al.*, 2007).
- ✓ **Eco indicador:** O propósito é brindar informação sobre o desempenho ambiental de uma indústria para desenvolver ações que aumentem a consciência ambiental e medir o melhoramento, dirigir inovações, logra metas, responder os preços do mercado e implantar estratégias de gesto.
- ✓ **Análise do fluxo:** Ferramenta de inventário utilizada para identificar todas as possíveis fontes de geração de desfeitos ou consumos excessivos de materiais em cada unidade de produção.
- ✓ **Eco-mapeo:** Identifica e hierarquiza os problemas ambientais ou das áreas de aparição dos problemas ambientais.
- ✓ **Auditoria ambiental:** Tem como objetivo verificar que se cumpra com a regulação ambiental, determinada por as normas de gestão ambiental.

- ✓ **6R:** A nível de produto é necessário transcender sob o conceito tradicional das 3R (reduzir, reutilizar, reciclar), a um conceito mais recente, que inclui 6R (reduzir, reutilizar, recuperar, redesenhar, reconstruir, reciclar), optando por um ciclo fechado de produção, e fazendo que a produção seja mais sustentável.
- ✓ **Análise do ciclo de vida (ACV):** Faz o análise do ciclo vital completo de um produto, desde a extração do material até seu destino final, tentando quantificar o impacto ambiental e econômico, em termos de materiais, consumo de energia, etc.

A P+L atua na fonte de geração de resíduos de forma preventiva, buscando identificar alternativas para evitar ou minimizar sua geração durante as varias etapas de um processo produtivo.

Na Figura 8 são apresentadas algumas das técnicas de P+L.

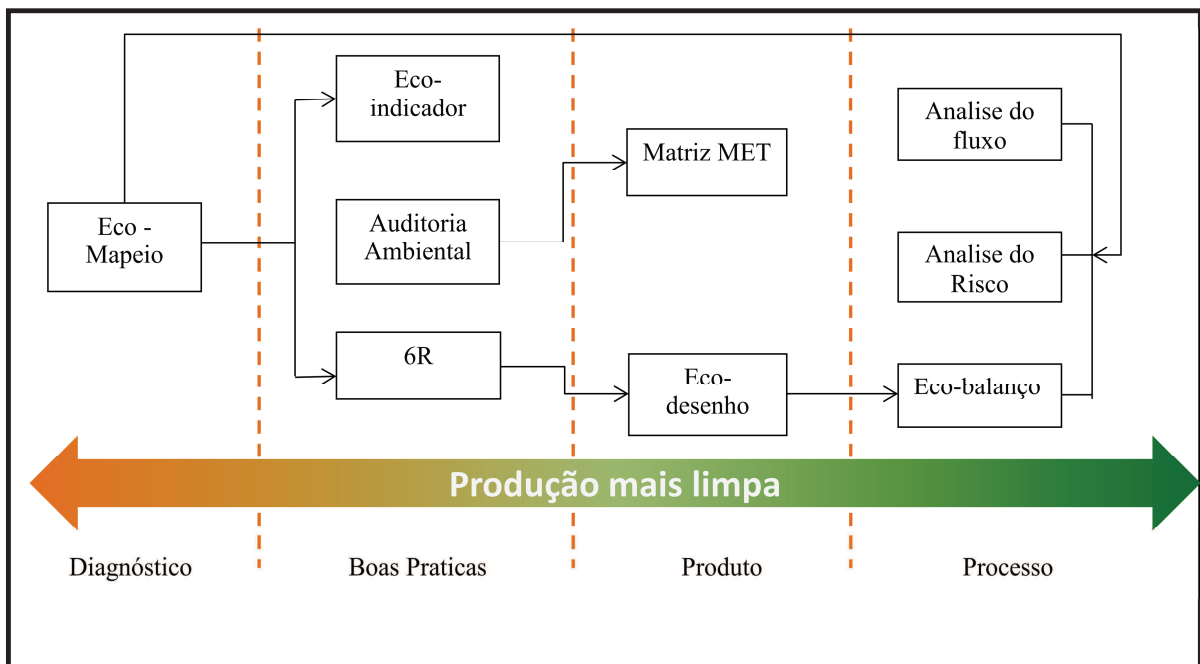


Figura 8. Ferramentas da P+L

A United National Industrial Development Organization (UNIDO) á define como uma estratégia preventiva e integrada, aplicada em todo o ciclo de produção, com o objetivo de:

- Aumentar a produtividade assegurando maior eficiência no uso de matérias primas, energia e água;
- Promover melhor desempenho ambiental através da redução de resíduos e emissões;
- Reduzir os impactos em todo o ciclo de vida dos produtos através do desenvolvimento de produtos ambientalmente amigos e com boa relação custo- benefício.
- P+L nos processos produtivos: permite economizar as matérias primas, e insumos, a eliminação de matérias primas tóxicas e perigosas, a redução na fonte da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos durante o processo de produção.
- P+L nos produtos: procura reduzir os impactos negativos dos produtos sobre o ambiente, a saúde, a segurança, durante tudo seu ciclo de vida, desde a extração das matérias primas, passando por a transformação e uso, ate a disposição final do produto.
- P+L nos serviços: implica incorporar a parte ambiental no desenho e a prestação.

2.6 Os processos industriais e a sustentabilidade

O conceito de produção sustentável surgiu em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), e está intimamente ligada ao conceito de desenvolvimento sustentável.

Muitas são as definições dadas á produção sustentável, entre elas esta o Centro de Lowell Produção Sustentável, (LCSP), da Universidade de Massachusetts Lowell, que a define como:

“A criação de bens e serviços usando processos e sistemas que são: não-poluentes; conservação de energia e recursos naturais; economicamente viável; seguro e saudável para os trabalhadores, comunidades e consumidores, e, socialmente e criativamente gratificante para todos os trabalhadores”.

Além de não existir uma única definição para a produção sustentável, o Departamento de Comercio dos Estados Unidos faz a seguinte descrição:

“A criação de produtos manufaturados que utilizam processos que minimizam os impactos ambientais negativos, a conservação dos recursos energéticos e naturais, são seguros para os trabalhadores, as comunidades, os consumidores e são economicamente viáveis”.

Por outra parte a *World Commission on the Environment and Development* (1987):

“Atender as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”.

De modo recente o setor industrial tem-se interessado cada vez mais por os aspectos ambientais dentro dos processos produtivos, somando-se aos aspectos econômicos e tecnológicos. O conceito de manufatura adequada ambientalmente leva a uma reavaliação das atividades das empresas no sentido de melhorar continuamente a interação de suas atividades, produtos e serviços com o meio ambiente, (OMETTO *et al.* 2007).

Procurando a busca de alternativas e soluções aos processos virem mais adequados e seguros à saúde humana, tem-se tornado necessário para empresas de diferentes tamanhos ao redor do mundo, mudar de pensamento passando a ser uma questão estratégica e não somente otimizações de natureza técnica.

2.6.1 A ISO 14000 e o Sistema de Gestão Ambiental (SGA)

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é definido segundo a *International Standards Association* (ISO), como um “Sistema geral de gestão que inclui a estrutura organizativa, o planejamento das atividades, responsabilidades, e procedimentos, além dos recursos para desenvolver, implantar, fazer, revisar e manter a política ambiental.”

O SGA para a certificação ISO 14001 permite as empresas estabelecer metas na melhoria dos processos em pro do meio ambiente, no entanto o sistema produtivo baseado na P+L se constitui como um sistema cujas metas são mais audaciosas que as propostas pelo SGA, entre elas podem se citar algumas como na redução na fonte, economia de água e energia, exploração sustentável de fontes de matéria prima e o uso de outros indicadores ambientais para a indústria, (FURTADO, 1.998).

O sistema para regular o desempenho ambiental das organizações, consta de um conjunto de ferramentas de gestão e princípios destinados a orientar a alocação de recursos, atribuição de responsabilidades e avaliação contínua de práticas, procedimentos e processos, e as preocupações ambientais que as indústrias, empresas ou agências do governo precisam integrar seus negócios diários ou práticas de gestão (XIAOPING 2005), também garante que as questões ambientais são sistematicamente identificadas, controladas e monitoradas, ele fornece um mecanismo para responder às mudanças das condições ambientais e de requisitos, elaboração de relatórios sobre o desempenho ambiental, e reforçando a melhoria continua.

A ISO 14000 é uma família de normas de gestão ambiental desenvolvido pela ISO organismo internacional não-governamental, desenvolvedor e publicador de normas técnicas, que congrega representantes de 157 organismos nacionais de padronização, são desenhados para fornecer uma estrutura internacionalmente reconhecida para avaliar a gestão ambiental das empresas, por médio da medição, e auditoria.

Segundo Agencia Européia do Ambiente não se prescrevem metas de desempenho ambiental, sim oferecer às organizações as ferramentas para avaliar e controlar o impacto ambiental de suas atividades, produtos ou serviços. Os padrões de endereço seguem os seguintes princípios: auditoria ambiental, rotulagem e declarações ambientais, avaliação de desempenho ambiental, etc.

Na Figura 2-7 mostra-se as series e termos da norma ISO 14000.

A ABNT, filiada a ISO, tem disponível as seguintes normas da série ISO 14000:

- NBR ISO 14001/1996 – (Sistemas de gestão ambiental), especificação e diretrizes para uso;
- NBR ISO 14004/1996 – (Sistema de gestão ambiental), diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio;
- NBR ISO 14010/1996 – (Diretrizes para a auditoria ambiental), princípios gerais;
- NBR ISO 14011/1996 – (Diretrizes para a auditoria ambiental), procedimentos de auditoria;
- NBR ISO 14012/1996 – (Diretrizes para a auditoria ambiental), critérios de qualificação de auditores ambientais.

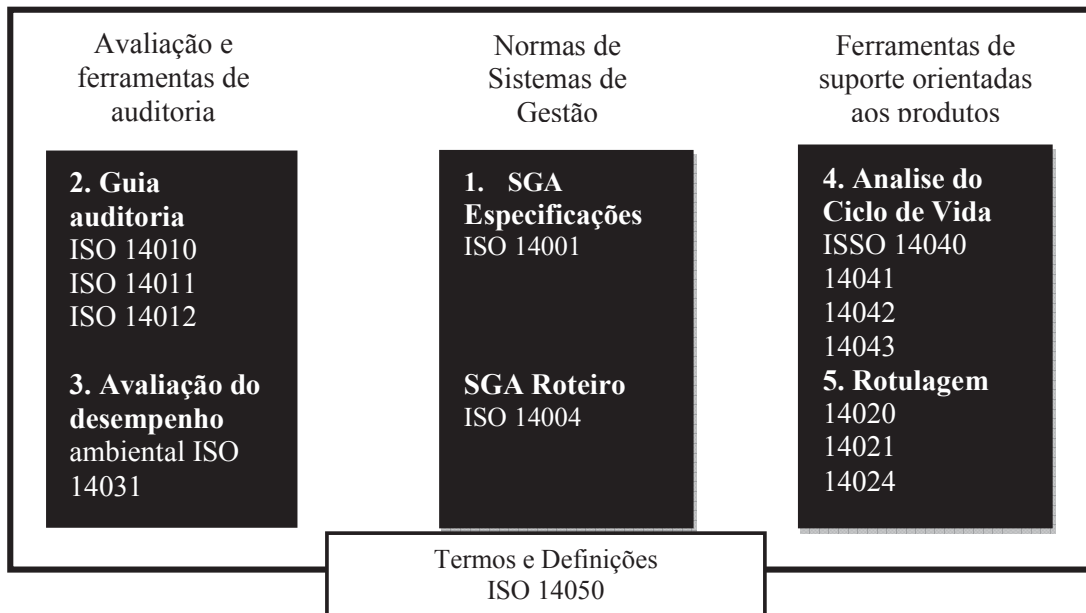


Figura 9. Series da ISO 14000

Fonte: Adaptado de EMPA *guiabook for environmental decision support concept and tools* 2009.

2.7 Comentários finais

A prática *lean*, permite câmbios operacionais significativos em tempo e custos, o que permite eficiência nos processos produtivos, manter este pensamento enxuto significa treinar ao trabalhador para que seja contínuo.

As vantagens de aplicar prática de P+L, esta em que promove o uso eficiente de matéria prima, água e energia, entre outros insumos, a fim de eliminar ou reduzir nas fontes de origem a quantidade de resíduos não desejados que gerasse durante os processos de produção. Desta maneira, além de reduzir os custos unitários de produção, se reduz os requerimentos para o tratamento final de desperdícios.

As técnicas de P+L podem se aplicar a qualquer processo industrial, e abarcam desde câmbios operacionais relativamente fáceis de executar, até câmbios mais profundos, como a substituição de insumos, a modificação de processos ou do uso de tecnologias mais limpas e eficientes.

A adaptação de técnicas ambientais há manufatura ou serviços surgem da necessidade de contribuir com o meio ambiente e lograr ganhos econômicos e mercado. Muitas vezes os resultados não são imediato o que significa que a continuidade e planejamentos sejam constantes.

Na literatura existem diferentes estudos que incluem a SGA dentro da P+L, definindo esta como base fundamental para conseguir a certificação e standardizar processos. Por tanto a implementação de um SGA é a chave para atingir á P+L, pois apresenta elementos que facilitam melhorias ambientais dentro do esquema como norma, além disso, pode estimular uma mudança gradual da maneira convencional do tratamento ao final do processo (*end-of-pipe*).

Deste modo, o SGA acoplada com as técnicas de produção limpa, pode ser as grandes ferramentas de adequação ambiental para o processo de manufatura industrial. Neste sentido, a redução ou mesmo a eliminação dos passivos ambientais gerados nestes processos terá, como uma das conseqüências mais imediatas, o processo livres de desperdícios (ZHANG *et al.*, 1997).

Capítulo 3.

Relação entre a Produção Enxuta e Produção mais Limpa

3.1 Introdução

Nos capítulos anteriores foi apresentado o referencial teórico dos conceitos estudados; neste capítulo, será apresentado um comparativo entre esses conceitos, analisando as diferentes etapas pelas quais estas bem sendo estudadas por meio da literatura, já que segundo vários autores, Bergmiller (2009) e Moreira *et. al.*, (2010), mostram evidencia de lineamentos complementários.

Além de que o sistema *lean* de produção tem benefícios ambientais segundo a U.S EPA (2000), estes não são suficientemente fortes para alcançar uma produção verde ou sustentável, pois seus pilares fundamentais são a eliminação de custos, tempo, melhora da qualidade e os desperdícios derivados destes, descuidando de maneira à conservação do meio ambiente objetivo principal da P+L.

É possível indicar que existe uma complementação ou convergência forte entre estes dois conceitos, as quais carecem de um análise em conjunto, de princípios, ferramentas, abordagem que podem ser aplicáveis dentro de um sistema produtivo.

Deste modo, o comparativo é feito analisando as vantagens da aplicação nos processos de produção, sob a ótica de diversos autores, ainda que exista pouca bibliografia sob o tema tratado, são analisados de um modo geral às vantagens, desvantagens, similitudes e diferenças apresentadas, estabelecendo os fundamentos teóricos que serão considerados para formar da metodologia proposta. Ao final estabelece-se um conjunto de considerações, visando obter contribuições para atingir os objetivos da dissertação.

3.2 Análise nas operações de produção

A abrangência da P+L, dentro das operações de produção pode ser analisada na cadeia de valor pelas entradas de matérias primas até o produto final, como o mostra na Figura 10. A primeira operação analisada dentro de um sistema de produção começa com o processamento, o qual tem em conta o cambio físico da matéria prima, e pode-se apresentar de duas formas Shingo (1996):

Através da engenharia de valor, aplicando o conceito de *ecodesign* que considera um enfoque ambiental preventivo analisando o impacto ambiental dos materiais empregados, e da implantação de tecnologias de produção, mais eficientes na transformação da matéria prima.

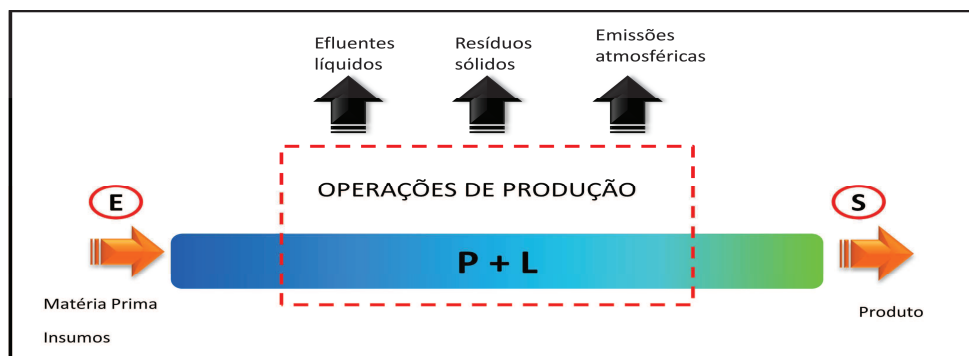


Figura 10. Abrangência da Produção mais Limpa

No desperdício de processamento, deve-se discutir, se certo componente deve ser elaborado, se essa fase do processo é imprescindível, pois desse modo poderia ser eliminado um elemento que só gera custo e não valor ao produto, acatando a esse requisito, se obtenderia benefício ambiental, tecnológico e econômico, pois diminuiria a necessidade de utilização de recursos, energia e matéria prima.

A inspeção dentro de um processo é de tipo preventivo Shingo (1996), já que tem um complemento das ações na fonte de geração para prevenir a produção de defeitos nos produtos.

Manter um estoque excessivo significa risco adicional para a empresa, Nicholas (1998), além disso, o estoque necessita de espaço de armazenamento e algumas vezes precisam de iluminação e ser aquecida ou esfriada, considerada como desperdício desde a ótica ambiental (pelo consumo energético), (FRANCHETTI *et al.* 2009).

A minimização dos tempos de transporte permite um controle ambiental através do análise do fluxo. A contaminação do ar e o consumo energético são menores em um cenário de fabricação celular, controladas dentro de uma margem de tolerância permitida, fazendo uma inspeção do fluxo de material.

A espera é relacionada com o estoque entre processos, a eliminação de fluxos irregulares de produção, retrabalhos, defeitos, ou roturas de maquina o mau planejamento da administração da produção, causa instabilidade em qualquer processo, a geração de resíduos no momento de parada e ajustes na partida de maquinas tem sempre um valor a ser considerado, eliminando esta, se eliminaria a necessidade de estoque e a geração de resíduos.

De acordo com Bicheno (2004), o *Just in Time*, Kaizen, 5's, TPM, Manufatura Celular (MC), são ferramentas necessária para atingir a PE, contribuem para a obtenção dos benefícios da P+L, que vão durante toda a cadeia estendida de valor desde os fornecedores até cliente final, tendo um controle perfeito desta, pode-se gerar um ciclo fechado de produção conforme á Figura 11, que como proposta futura, chegue a coexistir de maneira sinérgica, otimizando matéria prima, tempo e custos operacionais.

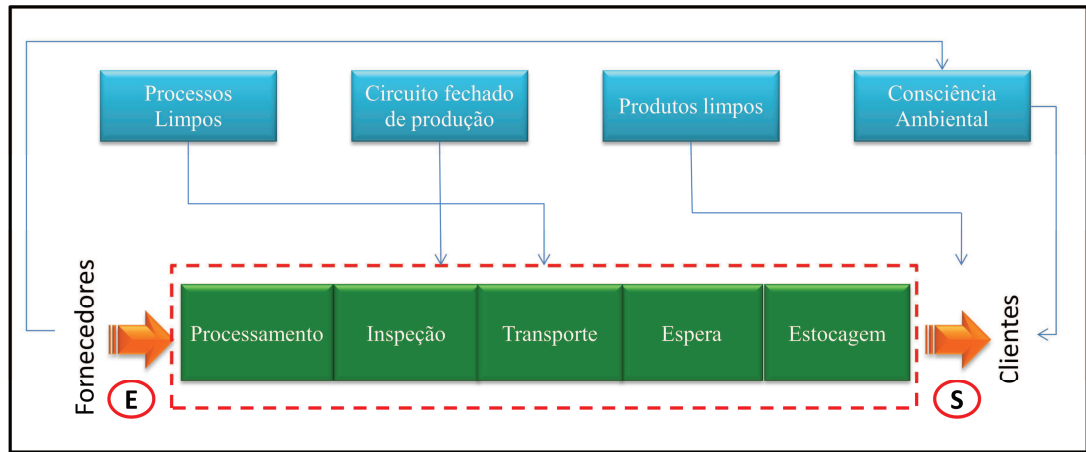


Figura 11. Ciclo fechado de Produção

3.3 Análise de convergência entre a PE e P+L

Diferentes autores Klassen e Whybark, (1993), Sarkis (1995), Angell e Klassen (1999), Corbett e Klassen (2006), constataram a ausência do que chamam “estratégia de manufatura no contexto da manufatura verde”: O modelo atual de estratégia de operações não contempla a sustentabilidade apesar de esforços pontuais.

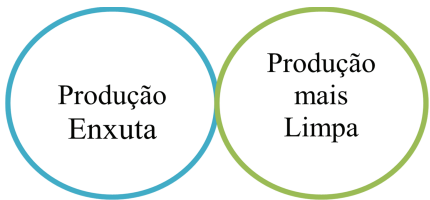
A conexão entre a eficiência na fabricação e a sustentabilidade foi apresentada na literatura por Angell e Klassen, (1999), Sawhney *et al.*, (2007). A manufatura Verde ou de fabricação sustentável, define-se por Allwood e Cullen, (2009), como um método de "desenvolver tecnologias para transformar materiais sem emissões de gases de efeito estufa ou uso de materiais não renováveis ou tóxicos, ou geração de resíduos". Em particular, o objetivo da PE é otimizar o custo e tempo, tradicionais de um sistema de produção, (BERGMAN *et al.*, 2007).

De acordo com Tomazela (2007), tanto a P+L quanto a PE, pressupõem a definição e o uso de uma série de ferramentas e métodos, que permitem a definição de indicadores, que estratificados possibilitam a implantação de um sistema de gestão integrada, que nos conduz ao desenvolvimento da sustentabilidade.

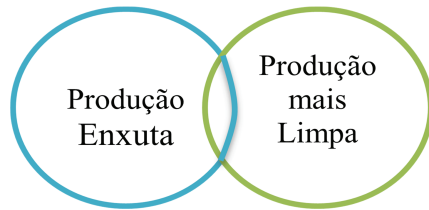
O sistema de produção puxada encontra-se estendendo rapidamente em todo o mundo, como alternativa principal ao obsoleto modelo de produção em massa, o objetivo é produzir produtos de qualidade ao menor custo e tempo possível. Se a fabricação verde ou sustentável que envolve términos de produção mais limpa, pudesse integrar ao *lean*, serviria como catalisador para uma fabricação econômica e ambientalmente correta, (BERGMILLER 2006).

A Tabela 2. apresenta como estes conceitos bem evoluindo com o passar do tempo, o mesmo autor descreve graficamente por médio de diagramas de Venn, como estes se vão complementando e incluso em um futuro chegar serem sinérgicos, devido a fatores externos como exigências do mercado, legislações, políticas de gestão das organizações para o aumento da produtividade.

Tabela 2. Evolução dos conceitos PE-P+L

Paralelismo	
	<p>O gráfico de paralelismo apresenta de uma maneira gráfica, os conceitos implicados neste estudo, os quais são estudados e aplicados individualmente.</p> <p>Este individualismo implica o só atingir parte das operações dos processos produtivos esquecendo uma parte fundamental ligada à conservação do meio ambiente.</p> <p>Segundo Rodrigues <i>et al.</i>, (2006) apesar da melhor eficiência do sistema produtivo proporcionada pela flexibilidade da produção, falta ainda a manufatura alcançar a conformidade ambiental de seus produtos e processos, ou a eficiência da sustentabilidade.</p>

Convergência



Esta figura mostra, que a pesar de que estas abordem desperdícios diferentes (custos, tempo; meio ambiente), podem ser complementadas através de uma postura proativa característica da P+L. De acordo com a literatura as implementações feitas por um sistema *lean* sem propor, revelam benefícios ao meio ambiente, sendo esses insuficientes, senão se tem políticas ambientais definidas, como seus métodos se assemelham aos SGA, (EPA 2003).

Sinergia

Zero desperdícios na produção

É apresentado como o Futuro, em que as distinções entre fins de ambas práticas sejam sistemas Zero Resíduos, novo sistema de produção holístico. (BERGMILLER 2006).

É realizado como esforços agressivos para reduzir os resultados de resíduos na melhoria contínua da eficiência, qualidade, serviço e ambientais.

A semelhança radica nas três áreas, gestão, identificação e eliminação dos resíduos e resultados. (BERGMILLER *et al.*, 2009).

Fonte: Adaptado de BERGMILLER 2006.

3.3.1 Semelhanças da PE e P+L

A semelhança principal pode ser encontrada no objetivo de eliminação dos desperdícios que segundo Biggs (2009), é definido de uma maneira diferente para cada, é dizer o *Lean* considera os sete desperdícios tradicionais de fabricação, todas as atividades que não agregam valor (ANV) tal como definidos por Ohno, Nicholas (1998), Vonderembse *et al.* (2006), e Mollenkopf *et al.* (2010), em tanto a produção mais limpa, avalia os aspectos ambientais que o pensamento enxuto não considera e forma parte de um processo de produção.

As técnicas de redução de desperdício são muitas vezes semelhantes, com foco em práticas de negócios e processo de produção Bergmiller (2009), A redução de resíduos pode ser feita através de uma mudança nas práticas de negócios adaptado a uma cultura corporativa, Mollenkopf *et al.* (2010). Isso significa mudar a visão da empresa e integrar práticas *Lean-Cleaner* em funções de apoio, como administração e manutenção.

É importante que as ferramentas enxutas e limpas tenham um nível alto de comprometimento dos trabalhadores, Gordon (2001), Bicheno e Holweg (2004), Mollenkopf (2010). Por tanto, a maioria das empresas geralmente empregam poucos níveis hierárquicos; estimular o envolvimento dos trabalhadores, dando lhes a responsabilidade de fazer um bom trabalho é obter resultados que beneficiem a organização (VONDEREMBSE *et al.* 2006).

Entre as duas práticas, algumas ferramentas são compartilhadas, Simons e Mason (2003), EPA, um exemplo claro é o mapeamento do fluxo de valor VSM, que sendo adaptado na sustentabilidade pode ser uma extensão para mapear fontes adicionais de resíduos ambientais. (SVSM).

3.3.2 Diferenças da PE e P+L

As diferencia mais significativa é referente ao custo, o *Lean* pode ser medido em unidades monetárias Mason *et al* (2000), no entanto, para praticas ambientais ainda que pode ser identificado por unidade monetária é difícil expressar o custo para as gerações futuras em termos econômicos (ONU1987).

Na Tabela 3 se apresenta a visão que tem diferentes autores com respeito á relação da PE e os aspectos ambientais considerando a produção mais limpa como parte fundamental das ações sustentáveis feitas de maneira preventiva, alguns nomes são dados ao mesmo objetivo ambiental da preservação dos recursos e a minimização dos impactos ambientais.

Tabela 3. Publicações da Relação entre o *lean* e Aspectos ambientais

Ano	Autor	Publicações
2004	Larson e Greenwood	Complemento Perfeito: Sinergia entre <i>lean production</i> e as iniciativas eco sustentáveis.
2005	Karp	A utilização do mapeamento e resolução de problemas pode ajudar as empresas a fazer impressionante impacto ambiental e redução de custos.
2006	Bergmiller E Mcwright	Existe sinergia entre <i>lean</i> e melhoria ambiental
2007	EPA	Ferramentas <i>lean</i> e o Meio Ambiente
2008	Pojasek, R. B	Caixa de ferramentas: Planeando seu <i>lean</i> para esforço verde.
2009	Martinez et al	Integração conceitual <i>Green-Lean</i> no desenho, planificação e construção de projetos.
2010	Yang. <i>et al.</i>	Efeito mediado de gestão ambiental na competitividade industrial: Um estudo empírico

Fonte: Adaptado Moreira *et al.*, (2010)

Seguidamente é apresentada conforme á Tabela 4 a potencial relação que existe entre algumas ferramentas magras com respeito á melhora do meio ambiente, fórum analisadas as mais significativas dentro do marco da eliminação de resíduos, e apresentado então algumas ferramentas operacionais do pensamento enxuto as quais podem ser adaptadas há um pensamento verde. (Simons and Mason, 2003).

Tabela 4. Comparativo entre técnicas *lean-cleaner*

Principais Técnicas		Vantagens
Produção Enxuta	Produção mais Limpa	
Kanban	Matriz MER materiais, Energia, Resíduos	Redução do volume de inventario, com a diminuição da possibilidade de deterioração e obsolescência dos materiais gerando assim resíduos e sua disposição no meio ambiente através do análise dos materiais necessários, energia empregada no processo e os resíduos gerados, identificando quais de eles podem ser reutilizáveis.
Manufatura Celular	Análise do risco	Redução da movimentação dos materiais, diminuindo a probabilidade de destruição na manipulação, diminuição do uso de meios de movimentação de materiais evitando o consumo de energia.
Visual System Map VSM	Eco mapeo LCA SVSM	Maior visibilidade do processo produtivo e rápida identificação de desperdícios, possibilitando o uso racional dos recursos, com benefícios positivos para o meio ambiente; incluindo o análise da probabilidade dos efeitos sobre ele através de uma visão probabilística dos efeitos.
Manutenção Produtiva Total TPM	Redução energética	Diminuição das paradas de máquina para manutenção, o consumo de materiais para ou seu restauração e a conseqüente geração de resíduos. A manutenção mais adequada possibilita também um melhor rendimento da máquina colaborando, assim, para um menor consumo de energia.

5s	6R (Reciclar, Reduzir, Redesenhar, Revender, Reaproveitar, reusar)	Visualiza os problemas da produção apagando as causas do esbanjo, incorpora a maneira em que se comunica o programa de produção aos processos operativos; permite identificar as áreas do processo produtivo que requerem intervenção para melhorar o desempenho ambiental, organiza dados para avaliar estratégias de prevenção da contaminação, reduzindo custos, e diminuindo o consumo de recursos produtivos tais como materiais e energia.
Kaizen	Auditorias Ambientais	As auditorias ambientais fazem parte da melhoria contínua de todo o processo presentes numa empresa, otimizando eficientemente o uso dos recursos na fabricação, uma medida para estabelecer uma condição para a toma de decisões a nível empresarial, medir o melhoramento, dirigir inovações, lograr metas, responder a pressões do mercado e programar estratégias de gestão.
<i>Just in Time</i>	Matriz MER materiais, Energia, Resíduos	Produzir o necessário evita acumulação do estoque a qual têm uma relação direta com os distintos impactos ambientais, procurando evitar-los e reduzir-los no máximo possível, logrando um processo produtivo mais limpo.

3.3.3 Barreiras da PE e P+L

De modo geral, estudos recentes demonstram os principais impedimentos que servem como barreiras na adoção de posturas ambientalmente corretas, entre eles destacam-se: as

preocupações econômicas, a falta de informações e as atitudes tomadas pela alta direção. (ROSSI *et al.* 2009).

Essas barreiras impedem a visualização da diversidade de benefícios da metodologia, tanto para as empresas quanto para a sociedade. Os benefícios mais evidentes são a melhoria da competitividade (por meio da redução de custos ou melhoria da eficiência) e a redução dos encargos ambientais causados pela atividade industrial, Biggs (2009). Além disso, verifica-se a melhoria da qualidade do produto, bem como das condições de trabalho, contribuindo direta e indiretamente para a segurança dos consumidores e dos trabalhadores.

3.3.4 Vantagens da PE e P+L

A Tabela 5 apresenta-se algumas vantagens obtidas da revisão bibliografia como exemplo da aplicação das ferramentas de PE e mais limpa, com o objetivo de mostrar o impacto positivo que este tem em as diferentes medidas de desempenho operacional quando são aplicadas simultaneamente.

Tabela 5. Vantagens da Produção Enxuta e Produção mais Limpa

Produção Enxuta	Produção mais Limpa
Melhora o processo através de engenharia de valor avaliando o custo de material, desenho, instalação, y manutenção, através do tempo, lograr o melhor valor.	Melhora o produto através do enfoque eco design, analisando o ciclo de vida do produto e as modificações de embalagem e materiais.
Melhora as tecnologias de fabricação do produto, no uso de ferramentas de controle e melhoramento da produção.	Emprega tecnologias limpas para a fabricação do produto, técnicas de produção focadas na diminuição do impacto ambiental.
Os métodos de inspeção permitem alcançar zero defeito, atuando sobre a fonte, e procurando solução para prever	As metodologias de prevenção atuam na fonte de geração do resíduo procurando soluções para evitar - o.

desperdícios.

Melhorar as operações principais através da melhora das operações por meio de técnicas de operações.

Minimiza a geração de resíduos ambientais na fonte, nas operações principais de um processo produtivo, através do análise das técnicas e tecnologia empregadas em um processo. Este análise permite identificar as limitações da tecnologia atualmente empregada no processo, relacionando vantagens econômicas e ambientais medidas na contabilidade ambiental.

Elimina a geração de estoque no processamento, inspeção, transporte e outros elementos.

Elimina as causas de geração de stocks, e pode minimizar a quantidade de resíduos.

Melhora as operações de *set-up* e operações principais em máquinas, minimizando o tempo de cambio de matrizes e ferramentas.

Minimiza a geração de resíduos nos ajustes de arranjo das máquinas.

3.4 Comentários Finais

A minimização de perdas e a minimização de resíduos é o objetivo tanto da P+L como da PE, os dois enfoques procuram alcançar, através de ações preventivas na fonte de geração. Os resultados são possíveis ainda que a PE não tenha um enfoque ambiental, procura fornecer um incremento da produtividade e qualidade, através da redução contínua de desperdícios.

Compartilham estratégias de aplicação similares no melhoramento da qualidade dos processos produtivos, a recuperação de alguns materiais, redução de resíduos e, portanto, a redução de custos associados, a melhoria da eficiência de operações habilitando as organizações e

as empresas a alcançar suas metas econômicas e, simultaneamente, contribui com a preservação do meio ambiente.

A união da eficiência de produção sem desperdícios orientada pelo fluxo do consumo com a P+L, que busca a redução dos riscos ao homem e ao meio ambiente, além de ser radicalmente contra o desperdício também, é a chave da equação da eficiência da sustentabilidade, porém, ainda se encontram desafios á frente.

Capítulo 4.

Integração Conceitual *Lean-Cleaner*

4.1 Introdução

Na atualidade, as empresas para manter sua competitividade devem estar preparadas para as mudanças, e não só focar seus esforços em aumentar sua eficiência nos processos de produção, senão também, em temas que envolvem a preservação do meio ambiente.

Deste modo é importante definir uma estratégia de gestão, que envolva diferentes características de cada um dos conceitos estudados individualmente no Capítulo 2, e analisados paralelamente no Capítulo 3, com o objetivo, de estudar os pontos de conexão presentes nos conceitos, além das ferramentas envolvidas na melhoria da eficiência nos dois contextos de produção.

A literatura apresenta uma quantidade razoável de trabalhos que relacionam o conceito de *lean* com os temas, manufatura verde, sustentável, e mais limpa, como no caso dos autores Pojasek (2008), Found (2009) e Yang *et al.*, (2010). Contudo, não é notório na bibliografia pesquisada um trabalho que permita identificar algumas ferramentas de gestão ou pontos de convergência entre as metas na produção, que alinhadas com estratégias ambientais, ajudem a mitigar o impacto no meio ambiente, (MARTINEZ *et al.*, 2009).

É necessário explicar o que o termo integração significa nesta pesquisa, assim definiu-o como a capacidade de vínculo com outras ferramentas que podem ser trabalhadas em conjunto de forma combinada, no intuito de facilitar as atividades e complementar alguns aspectos, que não são tidos em conta por alguns dos dois conceitos.

O objetivo principal da proposta de integração é que esta sirva na construção de uma metodologia holística, caso uma empresa deseje ajustar seus processos, visando minimizar seus problemas ambientais e operativos. Se, por ventura, a organização já apresentar práticas de gestão enxuta, esta metodologia vem para complementá-la com os objetivos ambientais.

A Figura 12 apresenta o desenvolvimento metodológico resumido do *lean-cleaner*.

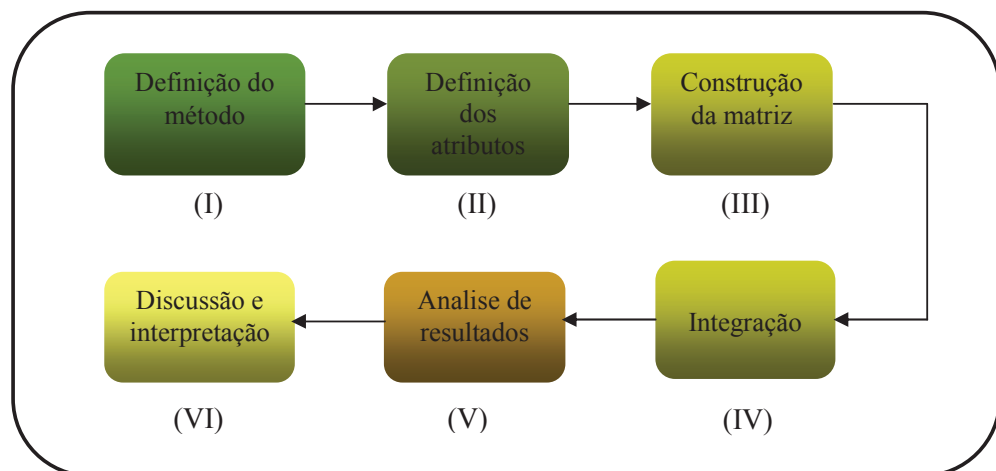


Figura 12. Diagrama de desenvolvimento metodológico *lean-cleaner*

4.2 Desenvolvimento da Integração

Do ponto de vista teórico o desenvolvimento da metodologia de integração, encontra-se fundamentado nos conceitos encontrados na literatura. Foi realizado um levantamento bibliográfico correspondente aos temas tratados, formando uma base teórica encontrada em

livros, artigos científicos, base de dados, especialmente nos princípios, atividade e técnicas das duas práticas estudadas, isto é *Lean Production* e *Cleaner Production*.

Adicionalmente, para que se pudesse ser feita a fusão das duas práticas, tomou-se por base um estudo desenvolvido por Martínez *et al.*, (2009). Este estudo intitulado, integração conceitual *Green-Lean* no desenho, planejamento e construção de projetos focados na construção civil, compara abordagens ambientais e enxutas. Todavia, o trabalho de Martínez *et al.* (2009) fundamenta-se apenas no campo teórico, e esses mesmos autores defendem a necessidade de uma abordagem prática, para que se possa ter um estudo mais consistente.

4.2.1 Definição do método

O principal instrumento usado para realizar o cruzamento dos princípios, foi a matriz de avaliação qualitativa de ordem mxn , que foi analisada de maneira subjetiva permitindo as possíveis interações entre linhas e colunas.

Inicialmente são identificados atributos que caracterizam e estruturam os princípios que serviram como marco referencial. Uma vez identificados, esses são analisados por meio de uma matriz bidimensional $P_i \times Q_j$ que permite realizar as interações entre os princípios dos conceitos estudados, em que P_i (linhas) corresponde aos Princípios Enxutos e Q_j (colunas) aos Princípios Limpos, obtendo desta forma uma matriz resultante chamada (**MR**), cujos vetores resultantes são identificados com a letra **Rn**.

A interação entre os parâmetros da matriz foi realizada segundo a seqüência apresentada continuação:

- a) São definidas conceitualmente as duas práticas, e integradas conceitualmente segundo os princípios estudados que permitem a integração, apresentadas no Capítulo 2;
- b) São integrados por meio de uma matriz conceitual mxn que permite associar e comparar os princípios definidos dentro de uma análise conceitual. O resultado desta análise é um vetor resultante denominado Rij.

4.2.2 Definição de atributos

Os atributos neste caso são as características que definem os princípios, estes determinam e contextualizam da melhor maneira, qual é o grau de alcance de decisão em relação com a pesquisa.

Estruturaram-se esquemas representativos para a definição dos princípios enxutos e mais limpos. Os princípios foram estruturados em conceitos, que foram baseados num referencial teórico, chegando mais perto possível da caracterização estrutural, cada um desses apresenta características próprias, que são denominadas como atributos.

Seguidamente na Figura 13 apresenta-se à Produção Enxuta, dividida em cinco princípios fundamentais inseridos em blocos, cada um destes princípios é definido com umas características próprias, que correspondem a atributos específicos. De igual maneira acontece com a Figura 14, que representa à produção mais limpa, composta por seis princípios, o qual, cada um de estes são definidos por atributos.

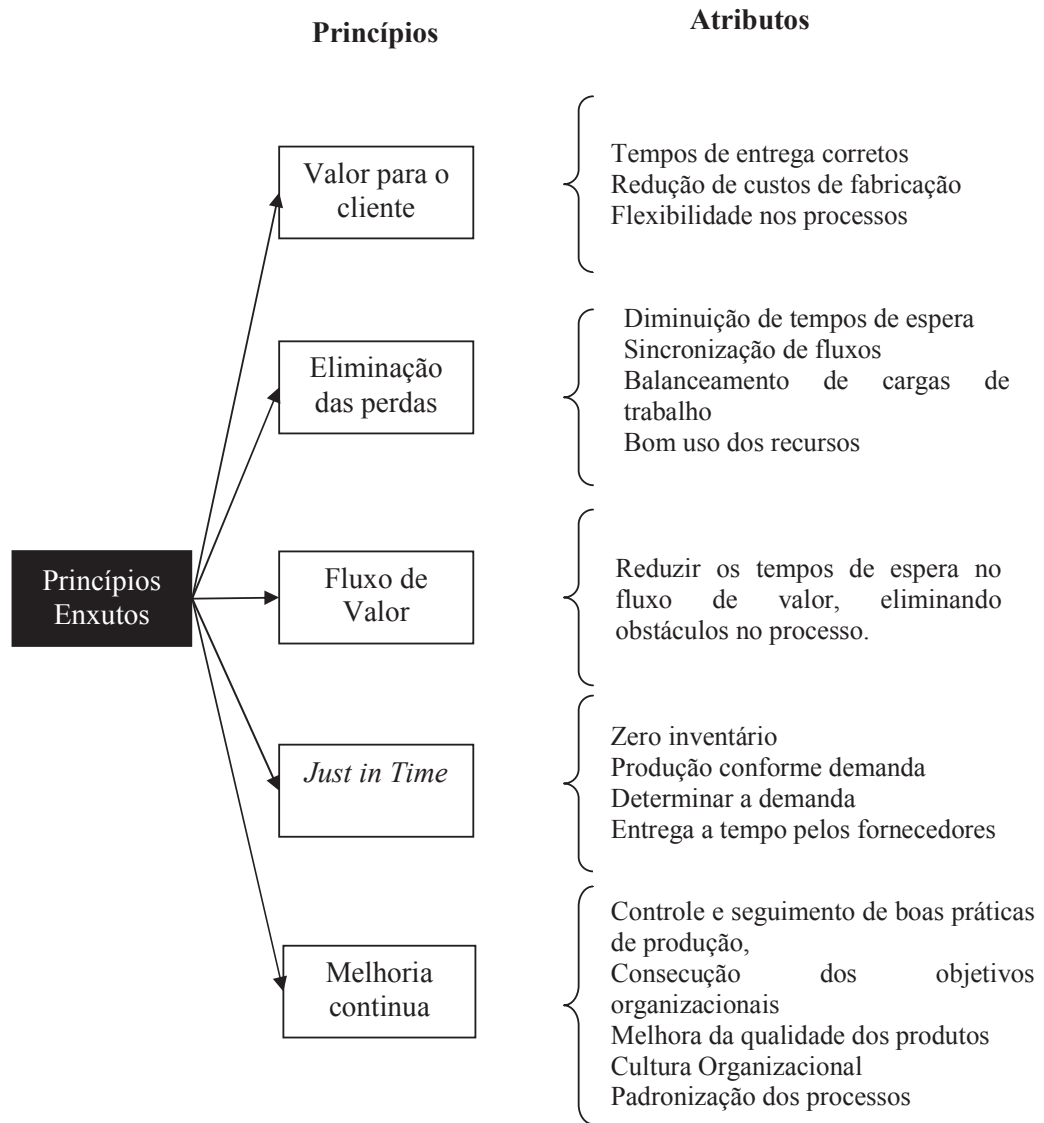


Figura 13. Principais atributos da Produção Enxuta

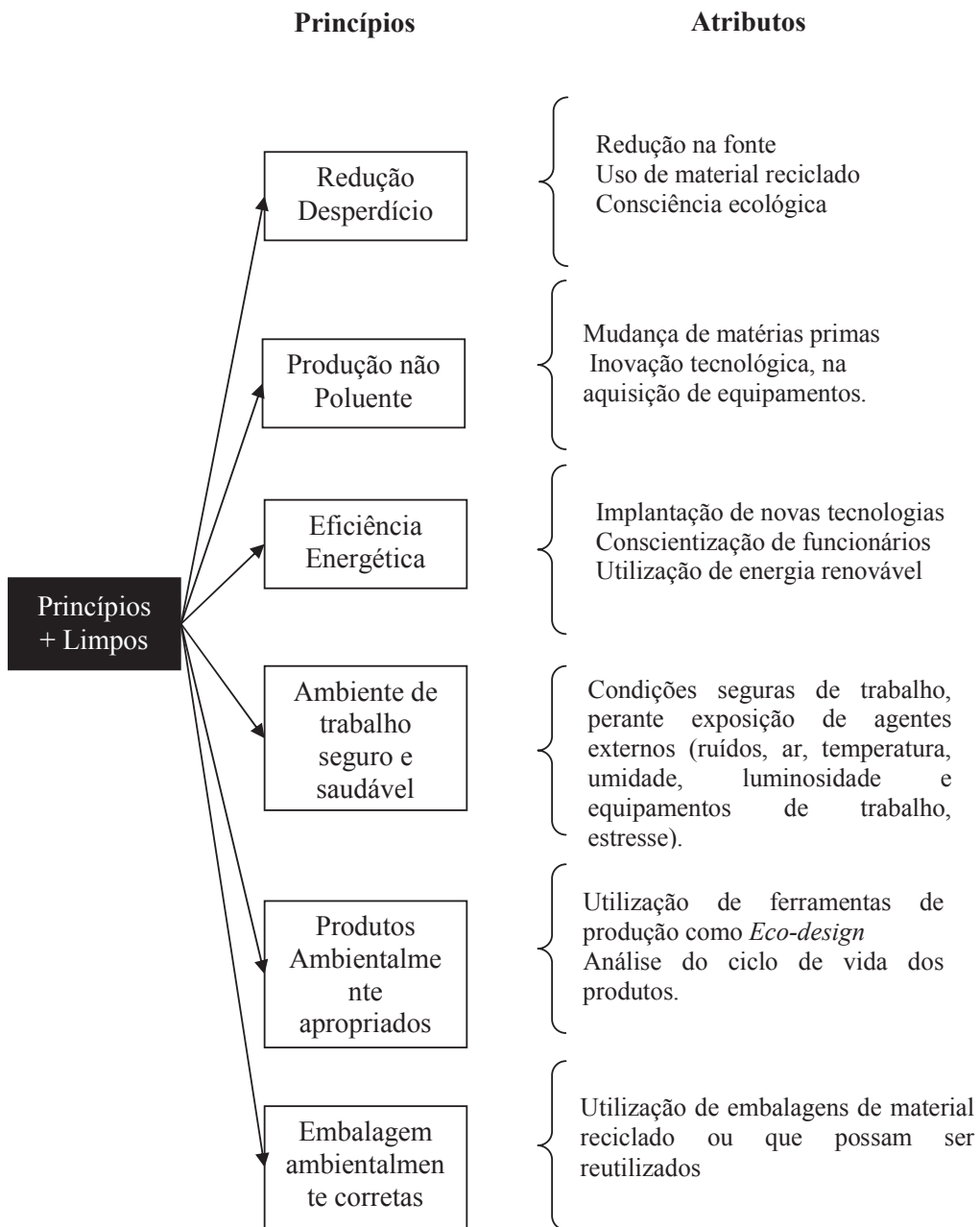


Figura 14. Principais atributos da Produção mais Limpas

A metodologia de integração compreende as seguintes considerações:

- a. São definidos os princípios de PE, **P1, P2, P3, P4, P5**.
- b. São definidos os princípios da P+L, **Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6**.
- c. Construção da matriz de integração
- d. Estimativa de cada uma das possíveis interações conceituais **PiQj**, definidas

4.2.3 Construção da Matriz de Integração

Uma vez formados os pares conceituais é feito uma análise, para se verificar a relação entre esses. A matriz resultante apenas analisa a coerência do relacionamento entre os princípios enxutos e mais limpos.

A Tabela 6 é resultante do cruzamento entre as variáveis P_iQ_j , resultando em um vetor de cruzamento R_{ij} .

Tabela 6. Matriz de Resultantes de Integração

PRINCÍPIOS ENXUTOS							
PRINCÍPIOS LIMPOS			P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
			Valor para o cliente	Eliminação das perdas	Fluxo de valor contínuo	<i>Just in time</i>	Melhoria continua
	Q ₁	Redução do desperdício	R _{1,1}	R _{1,2}	R _{1,3}	R _{1,4}	R _{1,5}
	Q ₂	Produção não poluente	R _{2,1}	R _{2,2}	R _{2,3}	R _{2,4}	R _{2,5}
	Q ₃	Eficiência energética	R _{3,1}	R _{3,2}	R _{3,3}	R _{3,4}	R _{3,5}
	Q ₄	Ambiente de trabalho seguro e	R _{4,1}	R _{4,2}	R _{4,3}	R _{4,4}	R _{4,5}
	Q ₅	Produtos ambientalmente	R _{5,1}	R _{5,2}	R _{5,3}	R _{5,4}	R _{5,5}
Q ₆	Embalagens ambientalmente corretas	R _{6,1}	R _{6,2}	R _{6,3}	R _{6,4}	R _{6,5}	

4.2.4 Integração

Nesta seção, para que se pudesse verificar o grau de relação entre os princípios enxutos e mais limpos, foram determinados valores para cada um dos cruzamentos PixQj. O fim desta determinação de valores é avaliar quais os cruzamentos guardam maior relação entre si.

A valoração qualitativa das relações identificadas, foi feita por meio de valores outorgados a uma escala com cinco alternativas ou categorias, sendo 1 o menos relacionado, e 5 a mais relacionada, com o objetivo para estabelecer a importância ou grau de manifestação qualitativa.

Na Tabela 7 é apresentada a matriz de categorias de avaliação, utilizada para determinar e decidir a importância dos princípios comparados. Os critérios da escala são apresentados segundo a seguinte relação e argumentação lógica: (1 = nenhuma, 2 = fraca, 3 =meia, 4 =forte, 5=muito forte). O grau de importância dos fatores está representado na Tabela 8.

A análise irá buscar os coeficientes mais altos (destacados em verde), pois serão os pontos de maior integração que serão considerados no estudo. Os outros pontos com as demais cores não serão ponderados.

Tabela 7. Matriz de categorias de avaliação

		PRINCÍPIOS ENXUTOS				
PRINCÍPIOS LIMPOS		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
	Q ₁	5	5	3	5	5
	Q ₂	5	4	2	4	3
	Q ₃	5	4	4	3	2
	Q ₄	1	1	3	1	2
	Q ₅	4	1	1	2	1
	Q ₆	3	1	1	1	1

Tabela 8. Faixa da importância

5	4	3	2	1
Muito Forte	Forte	Média	Fraca	Nenhuma

4.2.5 Análise dos resultados

Os resultados foram analisados segundo cada nível de pontuação, isto é, os resultados maiores mostram uma aproximação do grau de relacionamento existente. As respostas são apresentadas na Tabela 9, apresenta-se a análise dos pontos fortes dentro da PE e P+L, argumentando sua relação, as resultantes similares são juntadas e analisadas como um todo.

Tabela 9. Argumentação e relação da integração

Resultante de integração	Argumentação da Integração	Relação
R _{1,1}	O desperdício ambiental não gera valor para o cliente e afeta diretamente o fluxo, tempo, qualidade e custo de produção além dos custos relacionados com a contaminação, energia, água e matérias primas desperdiçadas.	5- 4
R _{2,1}	Os riscos para a saúde e meio ambiente que apresentam certas substâncias químicas, ou materiais que podem ser mais difíceis de perceber, ainda que possam representar aspectos custosos sem valor agregado num processo ou produto.	5-4
R _{3,1}	O consumo da energia é considerado o desperdício ambiental mais relevante dentro de um processo de produção. A melhoria dos processos tem um consumo energético excessivo, o que encarece os custos de operativos e, por tanto, elevam o preço do produto final.	5-4

Resultante de integração	Argumentação da Integração	Relação
R _{5,1} R _{1,1}	A maioria dos clientes que adquire produtos não deseja comprar desperdícios, impactos ou riscos ambientais. As organizações que conseguirem oferecer produtos e/ou serviços com menores impactos ambientais, terão maior potencial para alcançarem grandes vantagens competitivas, sem sacrificar tempo, qualidade ou custo. Na maioria dos mercados, os produtos com melhor desempenho ambiental podem atrair novos clientes.	5-4
R _{6,1} R _{6,2}	Deve considerar-se o uso de material reciclado na embalagem final do produto ou das matérias primas envolvidas no processo de produção. As embalagens reutilizáveis são concebidas com uma função lógica de proteção, mais que podem ser utilizadas dependendo de sua composição para seus fins principais ou como apoio de atividades auxiliares, ou de reciclagem.	5-4
R _{1,2}	A eliminação de desperdício tradicional e ambiental permite a redução das atividades sem valor que afetam diretamente os custos da produção. Em muitos casos os custos relacionados com a contaminação, energia, água e matérias primas desperdiçadas podem ser significativos. A consideração de estratégias que atingem ditos desperdícios cria valor para a empresa e ajudam a estas na entrega de produtos e serviços de qualidade, estas considerações de iniciativas ambientais dentro da manufatura podem incrementar o valor, e reduzir a responsabilidade e o risco de infringir leis específicas.	5-4
R _{1,4} R _{3,1} R _{2,2} R _{3,2}	O JIT além de reduzir estoque, tempo de entrega e de instalação, minimiza o uso de energia elétrica no armazenamento.	5-4

R _{1,5}	O kaizen faz parte fundamental para que qualquer sistema perdure através dos anos, permite que os desperdícios sejam visíveis e possam ser atingidos na hora, por meio de ferramentas ou estratégias. A retroalimentação serve às empresas a conservar a qualidade dos seus processos e produtos por meio de uma abordagem de melhoria continua.	5
------------------	--	---

4.2.6 Discussão e Interpretação

O desenvolvimento da integração conceitual serve como referencial de aplicação há uma manufatura eficiente, e permite a implantação de estratégias que permitam alcançar um nível de sustentabilidade dentro dos processos de produção. Esta interação de tipo subjetiva foi analisada para cada princípio, logrando interações consistentes para estabelecer relações, e determinar o grau de conexão entre as duas metodologias. Além disso, fornece uma base para aplicar ferramentas de gestão na melhoria dos processos de produção.

4.3 Comentários Finais

O estudo das ferramentas *lean-cleaner*, e seus princípios apresentados nas seções anteriores surgem como resposta em função da carência de ferramentas estruturadas de análise. Neste sentido as duas práticas podem ser consideradas positivas na tentativa de fornecer um plano para estabelecer procedimentos de implantação estruturados e objetivos.

As semelhanças são evidentes, os princípios são complementares e apontam claramente fatores de redução de desperdício, geração de valor, produtos e processos ambientalmente corretos. Neste sentido, o processo de integração exige uma profunda compreensão de cada ferramenta, para que possa apoiar a transformação das operações do negócio em operações mais sustentáveis.

Existe uma lacuna nesta área, há pouca literatura que demonstre a possibilidade de integração do lean com o melhoramento do ambiente. Discute-se apenas alguns benefícios colaterais resultantes da implantação de técnicas enxutas, embora as empresas não costumem medir os benefícios ambientais nem considerá-los como desperdícios.

Capítulo 5.

Proposta Metodológica

5.1 Introdução

A metodologia desenvolvida foi baseada no uso dos termos analisados no capítulo anterior, os principais atributos e princípios formaram um conjunto padrão que pode ser aplicados de maneira geral, podendo ser adaptado a circunstâncias particulares.

Da literatura pesquisada observa-se que os novos desafios provenientes das mudanças nos negócios, são considerados como novas oportunidades para as organizações, neste caso, o aproveitamento mínimo dos recursos ajuda no melhoramento dos processos na redução dos custos operativos e da eficiência ambiental.

Além disso, as praticas de P+L podem ajudar as empresas a tornar-se enxutas, Bermiller e McWright (2009) identificaram a correlação entre as operações verdes e enxutas, apontando que as empresas enxutas que incluem práticas verdes podem alcançar melhores resultados do que as empresas que não o fazem. Desta forma, os resultados indicam que somente quando ambas são implantadas simultaneamente, pode-se conhecer o seu potencial, e trazer maiores benefícios do que quando são implantados individualmente.

O desenvolvimento metodológico proposto encontra-se fundamentado em função de quatro níveis: o empresarial, cadeia de suprimentos, processo e área de trabalho, focados dentro do marco da geração de valor para o cliente e a eliminação de desperdício ambiental e tradicional.

A metodologia ilustrada é detalhada por meio de um fluxograma, que apresenta especificamente quatro fases que envolvem cada nível de comprometimento acima mencionado. Neste sentido, no desenvolvimento deste trabalho se adotara o uso das ferramentas e abordagens adaptadas ao contexto real. Pretende-se, desta maneira, contribuir na melhoria da integração de dois conceitos relevantes na manufatura, que podem funcionar de maneira efetiva, como mecanismo facilitador no bom desenvolvimento das organizações.

Segundo Duran *et al.* (2010), não existe um padrão nas implantações dos conceitos de Manufatura Enxuta, o que fica claro é a grande quantidade de benefícios que podem ser obtidos através de iniciativas desta natureza. Por outro lado, existe uma sequência desenhada pela EPA e abordada pela CNTL, na implantação da P+L, que foram adaptados na construção da metodologia proposta, conservando alguns padrões básicos.

5.2 Descrição da metodologia

Segundo Barbieri (2007), as organizações produtivas devem desenvolver um conjunto de atividades administrativas e operacionais para abordar problemas ambientais decorrentes da sua atuação, ou para evitar que eles ocorram no futuro. Para o desenvolvimento da proposta metodológica procurou-se garantir uma relação coerente entre a contribuição teórico-prático da pesquisa.

Deste modo, foram descritas fases gerais que envolvem diferentes níveis dentro de uma organização. O nível empresarial define as metas, as estratégias, seu compromisso e alcance, no nível de cadeia de suprimentos e no nível de processos, foram analisados conjuntamente como

sendo complementares nas operações de produção. O nível da área de trabalho é constituído pelos trabalhadores, que desempenham atividades e permitem o alcance das metas organizacionais.

As organizações podem adaptar a sequência das atividades de acordo com seu próprio critério, e necessidades pontuais em suas circunstâncias únicas.

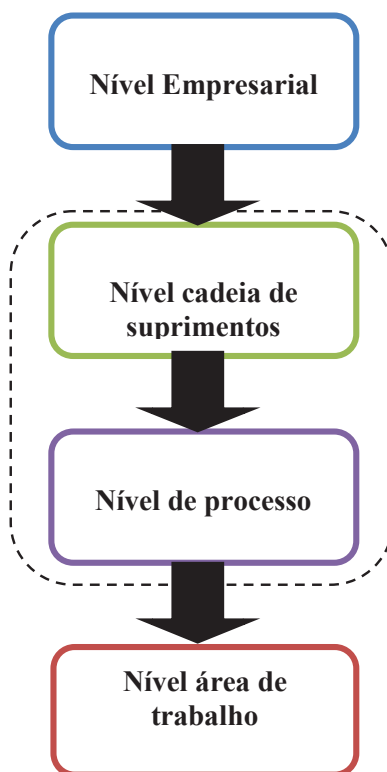


Figura 15. Diagrama dos níveis de implicação

A partir das práticas propostas por Womack e Jones (2004) e SENAI (2003), que correspondem a alguns fatores para a implantação de pensamento enxuto e limpo, foi elaborado um esquema que resume as fases para a metodologia conjunta.

Seguidamente na Figura 16, apresenta-se uma estrutura que representa de maneira organizada e simples as fases, passos e etapas contidas na metodologia proposta, expressadas da seguinte maneira: cinco fases chamadas Planejamento organizacional, diagnostico, Oportunidade de melhora e melhora continua, cada fase esta composta por uma serie de passos denominados P e subdivididos em etapas representadas pela letra E.

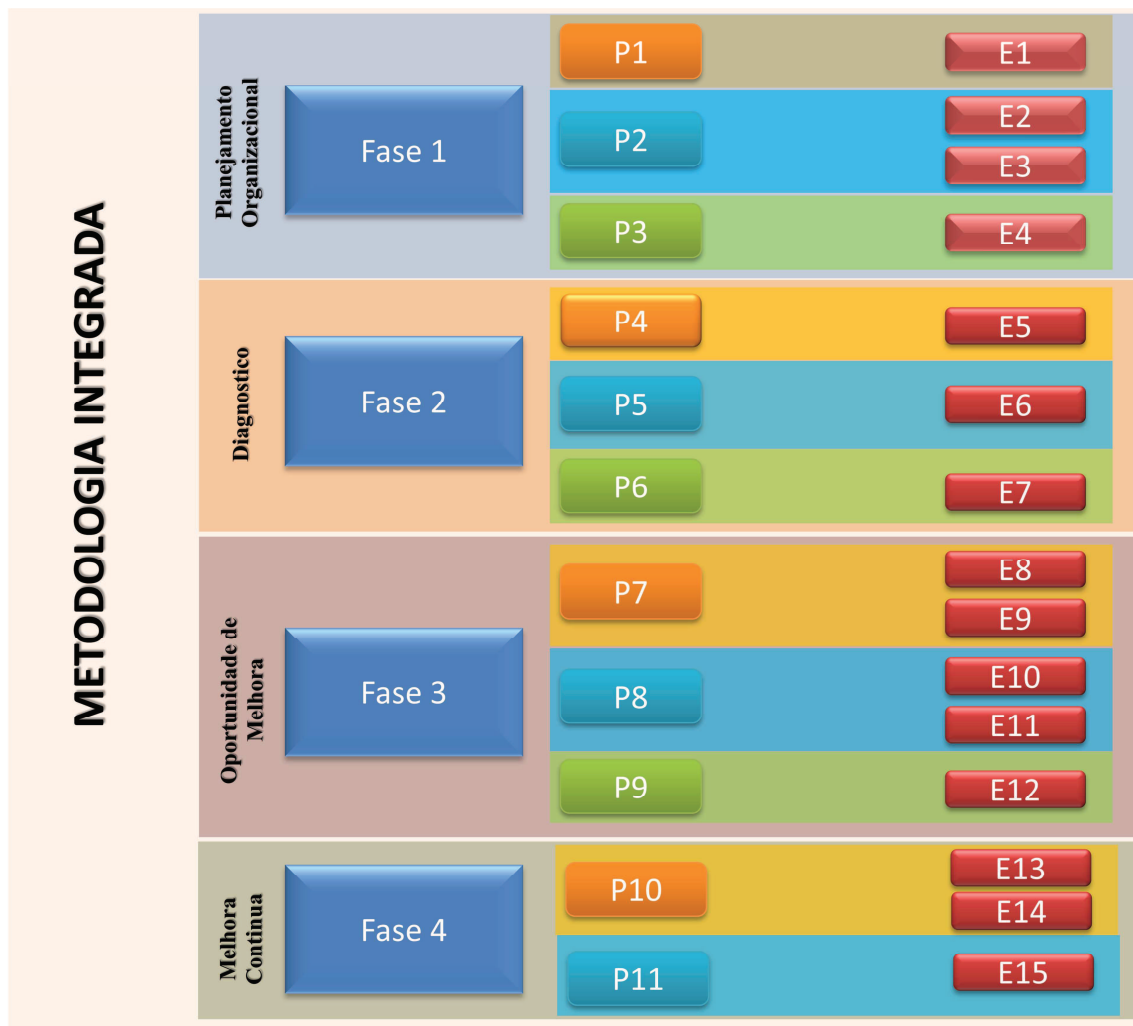


Figura 16. Representação Simplificada da metodologia proposta

A Figura 17 fornece de forma simples e objetiva o fluxograma da metodologia de implantação dos princípios enxutos para melhoria da produção sustentável, encontra-se esta dividida em dois grandes estágios de ações, sendo o primeiro nomeado como planejamento, e o segundo operacional.

- a) Estágio de Planejamento: este estágio consiste no estudo da estrutura sobre a qual a empresa e o processo estão organizados, isto é, compreende a alta direção na utilização de recursos, delimitação e alcances do processo.
- b) Estágio Operacional: envolve as atividades práticas dentro do processo, a identificação das operações, matérias primas empregadas, pessoal encarregado, tempos, custos etc.

Uma visão geral do processo pode ser obtida pela unificação dos estágios direcionadores, estes são constituídos com a seguinte estrutura: quatro grandes fases as quais são desdobradas em passos, que descrevem uma seqüência agrupada em etapas.

De forma adicional, vale comentar que os passos propostos surgem de uma adaptação dos conceitos obtidos na literatura, no entanto, sua implantação não deve ser de forma rigorosa e seu objetivo é que seja usado como roteiro, total ou parcial. Os passos podem ser adaptados ou eliminados de acordo com as particularidades do processo/cenário o qual é dado pela empresa ou setor.

Em síntese, a idéia é fornecer de maneira simples e prática uma forma de estudar e diagnosticar sistemas de produção, com o objeto de melhorar os processos e contribuir com a sustentabilidade.

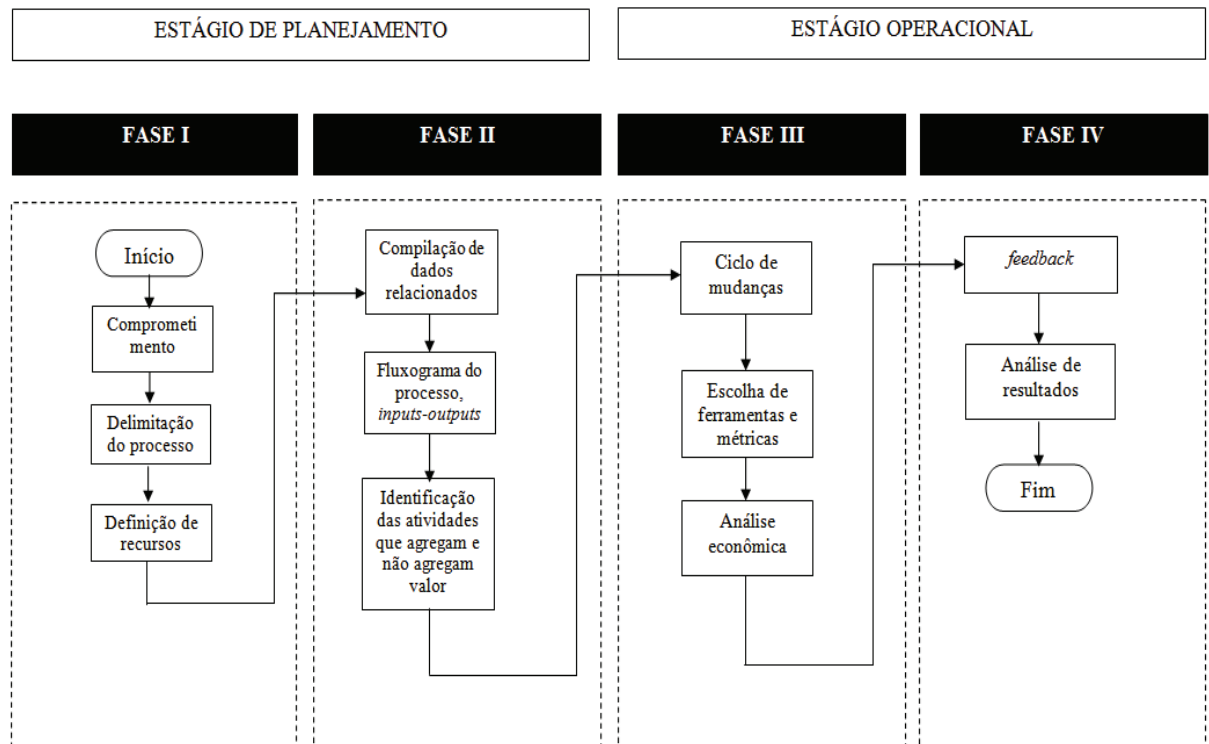


Figura 17. Estrutura geral da metodologia integrada

Na seqüência serão desdobradas e descritas as fases, passos e etapas mencionados. Coube ressaltar que a seguinte metodologia encontra-se implicitamente baseada no ciclo PDCA, (planejar, fazer, verificar e atuar). Seguidamente serão apresentadas as fases enunciadas anteriormente.

5.3 Fase 1. Planejamento e Organização

Para estabelecer uma mudança de pensamento numa organização é preciso que ocorram câmbios de atitudes em todos os níveis da empresa, além disso, deve coexistir um apoio conjunto às iniciativas de melhoria na procura da otimização de recursos e minimização dos impactos ambientais.

Um dos principais argumentos para a integração de sistemas de produção é a geração de efeitos positivos sobre os colaboradores, conscientizando-os e motivando-os em relação à

necessidade de conquistar metas cada vez mais audaciosas, aumentar a qualidade de processos e produtos, preservar a integridade do meio ambiente e do ser humano, e reduzir custos operacionais.

Seguidamente apresentam-se alguns passos que compreendem esta etapa, entre as quais se encontram:

Passo 1. Comprometimento

Etapa 1. O *comprometimento* faz parte fundamental para que exista uma boa sinergia entre as metas propostas e pessoas, senão existe uma conexão o comprometimento pela alta direção, dificilmente podem ser mudados alguns aspectos. É possível implantar projetos pilotos que possam determinar o apoio da direção estratégica, e garantir o comprometimento desde a ponta da pirâmide até sua base, assegurando o êxito a longo prazo.

Passo 2. Processo de Iniciação

Etapa 2. *Identificação do estado atual*, classificação da estratégia de manufatura, comunicação com pessoas-chaves para formação de equipes de envolvimento na formalização da mudança. Situar a empresa em termos de conformidade e desempenho ambientais, considerados sua tipologia e o setor de atuação.

Etapa 3. *Delimitação do processo*, limites do programa, desdobramento do trabalho, detalhamento de objetivos, linha de produção entre outras. É definido um escopo do plano da metodologia que se pretende adotar, conforme aprovação por parte da alta direção. Por último, adoção de sistemas e conceitos que substituam formas tradicionais de transformação da matéria-prima, montagem, teste, controle etc.

Passo 3. Definição de Recursos

Etapa 4. Define-se como recurso o fator humano, econômico ou técnico na consecução de qualquer atividade, objetivo ou meta desenhada. Por tanto o recurso humano conformado por uma equipe multidisciplinar, na liderança dos processos de tomada de decisão e definição de estratégias. Os recursos econômicos se referem ao custo ou investimento nas necessidades

envolvidas (treinamentos, incentivos, adequação da planta, compra de maquinaria etc.) alocadas de acordo com as diretrizes da empresa, na definição de suas estratégias. O recurso técnico pode-se definir como o uso de parcerias ou consultorias necessárias no diagnóstico dos problemas apresentados.

5.4 Fase 2. Diagnóstico

O objetivo inicial desta etapa é obter informação e analisar as operações e os fluxos na cadeia de valor identificando oportunidades significativas para reduzir custos, melhorar o fluxo da produção, otimizar tempo, e melhorar o desempenho ambiental, a saúde e segurança no lugar de trabalho, envolve tanto produtos como processos e estabelece uma hierarquia de prioridades de acordo com a seguinte seqüência: prevenção, redução, reuso e reciclagem, tratamento com recuperação de materiais e energia, tratamento e disposição final (BARBIERI, 2007).

A identificação preventiva das considerações ambientais faz eficiente a produção, o mapeio de fluxo de valor permite identificar os materiais usados, quantidades e desperdícios, um fluxo de valor com enfoque ambiental permite incluir consumo energético, água e até impactos gerados das operações.

A análise e descrição são fundamentais para identificar materiais, maquinarias que analisado desde a perspectiva ambiental pode determinar quantidades no consumo da energia, resíduos sólidos, líquidos e efluentes próprios do processo.

Passo 4. Coleta de dados e aquisição de informações

Etapa 5. Compilação de dados relacionados ao processo, tempos de processo, material desperdiçados e outras informações relacionadas, análise dos dados coletados e da situação levantada.

Passo 5. Mapeamento produtivo

Etapa 6. Realização do fluxograma do processo produtivo *input-outputs*, mapeamento da cadeia de fluxo de valor acompanhando dos desperdícios ambientais envolvidas no processo, além das informações que possam ser de interesse de análise e proposições futuras.

Passo 6. Identificação de atividades que agregam e não agregam valor

Etapa 7. para isso é importante identificar plenamente aquelas atividades envolvidas, dentro da sua cadeia de fluxo de valor com o objetivo principal de observar os desperdícios, obtendo um panorama da situação atual.

5.5 Fase 3. Oportunidade de Melhora

Esta fase foi composta das seguintes atividades: Obtenção de uma compreensão detalhada das fontes e causas da geração de resíduos/poluição ambiental e a avaliação técnica, econômica e ambiental das oportunidades identificadas, que consiste na análise destas segundo critérios técnicos e ambientais.

O trabalhador forma parte do processo como um todo e permite avançar há os ganhos das metas propostas, um ambiente de trabalho seguro e saudável permite incentivar aos trabalhadores para a consecução dos objetivos organizacionais.

Passo 7. Ciclo de mudanças

Etapa 8. Destina-se ao ciclo de mudanças que deverão ser realizadas para que o sistema passe a trabalhar em fluxo de valor contínuo, estudando-se as formas de eliminar os desperdícios detectados de maneira puxada, ou seja, produzir somente *quando e o quanto* solicitado pelo cliente com foco no meio ambiente.

Passo 8. *Escolha de ferramentas*

Etapa 9. é importante identificar e selecionar técnicas ou ferramentas compatíveis com casos particulares, dentro das mas usadas encontra-se as apresentadas na Tabela 4 no Capítulo 3.

Etapa 10. Para tanto é necessário o alinhamento dos objetivos delineados com as expectativas e contribuições citadas pelos envolvidos. Nesta fase todas as necessidades e expectativas são reunidas e analisadas:

- a) Ações tipo 1: atividades que agregam valor
- b) Ações tipo 2: desperdício ambiental
- c) Ações tipo 3: sete desperdícios

Deve ser criado um plano estratégico para inserção das preposições estabelecidas visando que os desperdícios sejam eliminados.

Passo 9. *Avaliação técnica econômica*

Etapa 11. Para a análise econômica algumas variáveis foram consideradas como o custo dos desperdícios relacionados a variáveis ambientais da empresa, o investimento necessário para as implantações e benefício econômico gerado das implementações e a análise da inversão e o retorno sob o investimento.

5.6 Etapa 4. Melhoria Continua

O kaizen ou melhoria continua faz parte nas metodologias de gestão por que permite fazer um *feedback* das estratégias utilizadas e os benefícios adquiridos, por tanto é importante coletar e analisar as alterações implementadas com o objetivo de melhorar e encontrar dificuldades e indicar mudanças, se forem necessárias dentro da implantação.

Passo 10. Monitoramento do programa

Etapa 12. É importante que exista um seguimento dos passos e etapas desde as decisões iniciais já que permite corrigir a tempo e fazer modificações adaptáveis ao processo, por tanto, o monitoramento por parte de uma pessoa o equipe logra que o sistema funcione.

Passo 12. Retroalimentação

Etapa 12. O *feedback* permite avaliar o comportamento metodológico estabelecendo os pontos fracos e fortes da implantação, definindo possíveis mudanças. O resultado destas inspeções e controles deve gerar dados que realimentem todo o processo, criando um ciclo de melhoria contínua. Por tanto, estes controles devem estar baseados em critérios qualitativos e quantitativos, o uso de métricas podem ser consideradas para medir o grau de melhoramento, levando um registro que possa ser comparado posteriormente com dados históricos, isto com o fim de ver de maneira clara o sucesso dos esforços em pro da mudança.

Os mecanismos de controle criam a possibilidade de verificar, por exemplo, se as especificações estão sendo utilizados adequadamente durante a produção, a eficiência do treinamento, quais elementos podem ser melhorados no futuro.

Passo 13. Analise dos resultados obtidos

Etapa 13. Os dados são coletados confrontando-se os objetivos traçados com os resultados apresentados. Elabora-se um resumo para facilitar o conhecimento dos funcionários. Todas as modificações deverão ser registradas, descritas, padronizadas e treinamentos necessários elaborados.

Após da realização de todas as fases, permitiria num estado futuro do processo de melhoria da manufatura o complemento na busca do *kaizen*, que envolve a contínua execução de atividades anteriormente apresentadas ou melhoradas. O princípio da melhoria contínua é aquele que irá interagir com os demais princípios ao longo de todas as fases.

5.7 Comentários Finais

As práticas ambientais podem ser implantadas em todas as fases do ciclo de produção, independentemente do tamanho da empresa, as empresas devem estruturar-se e procurar ajustes em seus processos, a identificação das atividades que não agregam valor podem ser melhoradas e ajustadas a os critérios ambientais.

Dentro dos principais argumentos para a integração de práticas, é o efeito favorável que tem sobre as partes interessadas, criando cultura e motivação no alcance de metas cada vez maiores, no aumento da qualidade dos processos e produtos, tendo em conta a integridade do meio ambiente e do ser humano.

É possível registrar os benefícios potenciais *Lean* e *Cleaner*, dentro dos quais são considerados a redução de custos e riscos, melhorar a satisfação do cliente, aumento da eficiência e produtividade, identificação das atividades que agregam e não agregam valor, benefícios ambientais refletidas na diminuição de custos, processos eficientes, boa utilização de recursos etc.

Capítulo 6.

Avaliação da Proposta Metodológica

6.1 Introdução

Este capítulo apresenta e discute a aplicabilidade de uma metodologia conjunta, em uma empresa manufatureira, e como poderiam ser conduzidos esforços para eventuais adaptações, introduzindo os princípios da mentalidade Enxuta e mais Limpa. A partir das considerações previamente expostas, aplicando a metodologia integrada, num ambiente de produção.

Primeiramente, é apresentada uma descrição geral da empresa onde foi aplicado o caso de estudo e apresentada a metodologia de integração proposta nesta tese. A descrição inclui o mercado de atuação, a escolha de uma linha de produção de potencial aplicação para compreender as particularidades próprias. Assim, pretende-se verificar por meio de uma prova piloto sua viabilidade, isto é avaliar se esta se aplicaria á realidade, além disso, aportar algumas soluções que possam influenciar na melhoria dos processos.

O estudo de caso foi conduzido por médio de observação direta e entrevista através de visitas periódicas á empresa, desta maneira foi possível a identificação e coleta de informações chaves, para mostrar o alinhamento entre a pesquisa realizada em campo e a metodologia.

As características da organização estudada permitiram a análise e avaliação de resultados que permitam uma dedução precisa do relacionamento teórico e aplicação prática. Por fim, a metodologia proposta no capítulo anterior é aplicável em um contexto amplo, seguindo a lógica de avaliação do processo de produção.

6.2 Avaliação da Metodologia

A avaliação metodológica foi desenvolvida de forma empírica, sobre aplicação das fases de maneira geral, tendo como base a opinião do coordenador de produção da empresa, foram desenvolvidas as fases propostas, os dados foram fornecidos por meio de uma entrevista presencial. O roteiro da entrevista é apresentado no Apêndice A.

No primeiro momento da entrevista, foi apresentada a metodologia, seguida das seguintes perguntas básicas:

- a) A metodologia é potencialmente realizável para empresa?
- b) A metodologia é fácil e entendível de ser aplicada?

Em relação à primeira pergunta, o coordenador de produção considera que a proposta de integração é realizável, sempre que o emprego da metodologia, não exigira o contrato de mais funcionários e que a empresa não tenha que incorrer no investimento de grandes quantidades de dinheiro, porém, aconselha um esforço inicial, até que os procedimentos se tornassem rotina.

Resalta-se que a empresa, precisa primeiramente avançar no seu nível de cultura, executando algumas atividades de comprometimento e sensibilização, as quais não são realizadas no atual processo, como por exemplo, cultura ambiental na redução de impactos que gerem algum tipo de contaminação, e que são fundamentais para posteriores avanços nesta área, para isso precisaria uma mudança de cultura, treinamento, motivação etc. que dependem basicamente da gestão da gerência e dos mesmos trabalhadores.

Considerando a facilidade e compreensão da metodologia, o coordenador avaliou e ponderou sua implantação gradual, já que o sistema exige de tempo, sobre todo na cultura

organizacional sua assimilação e manutenção ao longo do tempo e do processo. Relatou também que poderia haver uma dificuldade na implantação da fase final, pelos resultados que segundo ele não podem ser apresentados pelo tempo de acompanhamento. Por tanto, para efeitos deste estudo só serão apresentados de maneira geral às primeiras fases da metodologia, como prova piloto no entendimento da sua lógica. Embora os resultados apresentados sejam de tipo qualitativo que permite dar uma visão sobre as condições atuais e potenciais da sua implantação.

6.3 Caracterização da Empresa

A empresa foi escolhida por julgamento, pois demonstrou disponibilidade e interesse na pesquisa. Por motivos de preservação da identidade da empresa e das informações, não se utiliza o nome real sendo designada como *Alfa*. Para estabelecer o comprometimento por parte de direção foi necessário realizar uma visita de campo e uma entrevista presencial com o coordenador da linha.

A Alfa é uma empresa que atua no setor industrial, localizada no coração do Brasil, na região de Uberaba no estado de Minas Gerais, dedicada à fabricação de induzidos e estatores para ferramentas elétricas (furadeira, serra circular, serra mármore, esmerilhadeira, martelo perfurador, etc.).

Em seguida, para um melhor entendimento, se explica brevemente os produtos gerados das linhas de produção, descrevem-se as componentes que fazem parte de cada produto.

- Induzido

É o componente mais importante do motor de partida, responsável pela rotação de qualquer ferramenta elétrica, a corrente elétrica circula pelas bobinas elétricas e pelas espiras do induzido, gerando um campo magnético de repulsão, que resulta em um movimento giratório do rotor. É através dele que a corrente elétrica fornecida pelas escovas de carbono é convertida em fluxo magnético que, ao interagir com o estator, gera o movimento do motor.

Dentro de seus componentes principais estão: eixo, pacote de lamelas, papel isolante, elementos de enrolamento, coletor e arruela-freio. A produção do induzido pode ser feita de maneira automatizada ou manual. Na Figura 18 é apresentado um induzido da linha de montagem que é objeto deste estudo.

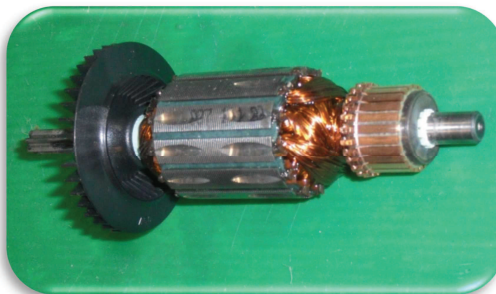


Figura 18. Induzido para Ferramentas Elétricas

- Estator

É construído com chapas de material magnético e recebe o enrolamento de campo, cujas espiras são colocadas em ranhuras. A maneira como esse enrolamento é construído determina o número de pólos do motor, entre outras características operacionais. Seus terminais são estendidos onde pode ser feita a conexão com a rede elétrica de alimentação. Na Figura 19 é apresentado o estator fabricado pela empresa Alfa.



Figura 19. Estator para Ferramentas Elétricas

6.4 Implantação da metodologia proposta

Foi necessário situar as fases de maneira global, os resultados apresentados nas seguintes fases são feitas sobre um diagnóstico inicial e o estabelecimento de propostas de melhoria, que permitam diminuir o impacto ambiental e aumentar a eco eficiência e qualidade de vida das pessoas.

Para análise deste estudo escolheu-se a linha de fabricação de induzidos. Atualmente, o projeto piloto está na fase onde foram priorizadas aquelas atividades que não agregam valor para a empresa, e se encontram relacionados com: redução de energia, água, e resíduos sólidos.

6.4.1 Fase 1. Planejamento e Organização

Tendo em vista que a metodologia está basicamente composta por duas abordagens ou estágios, tratou-se de formatar a estrutura das fases e etapas donde em alguns casos foram adaptadas à empresa.

Comprometimento: Este passo iniciou-se com uma reunião com o pessoal encarregado da linha de produção, apresentando inicialmente a lógica da metodologia, mostrando interesse por parte da empresa. O análise da metodologia e sua execução foi envolvida pelo comprometimento do pessoal de produção sentando o chão de fábrica a plataforma comum do início do trabalho.

O coordenador de produção se comprometeu em fornecer os recursos necessários dentro de seu alcance, além de servir como modelo de referência ao pessoal da planta, em promover e potencializar a metodologia de acordo com os objetivos de melhoria da produtividade traçados pela Alfa.

Processo de iniciação: De acordo com a entrevista, foi identificado que a empresa conta com um sistema de produção puxado há vários anos, onde não foi fácil manter o pensamento *lean*, por tanto, os encarregados da produção ponderaram de uma implantação paulatina de produção mais limpa que possa complementar a PE com miras na obtenção de resultados significativos.

A ideia inicial de mudar há um pensamento enxuto por parte da Alfa, foram os grandes desperdícios de materiais, produtos imperfeitos, gargalos e prazos de entrega do produto final,

que não agregavam valor para o cliente e que em cambio aumentavam os custos de produção da empresa.

No entanto, á pergunta sobre a importância dos aspetos ambientais nos processo operativos, o coordenador de produção, da conta das diferentes atividades da produção que atentam com o meio ambiente e que a empresa não atende formalmente.

Um exemplo claro é o consumo energético da empresa, o objetivo chave é redução deste, a mudança da iluminação no chão de fabrica por lâmpadas de um baixo consumo energético. No que respeita á água, no processo produtivo não contém consumo deste recurso, ainda é de interesse da Alfa, a redução do consumo da água dos banheiros e mictórios.

No que respeita aos resíduos sólidos, existe ainda uma grande quantidade de desperdícios de material, nas duas linhas de produção (induzidos e estatores), o caso mais expressivo é para o fio de cobre esmaltado, comparado com a resina epóxi, cavaco de cobre, embalagens contaminadas e a resina poliéster insaturada.

A Alfa não possui uma quantidade separada dos resíduos por linha de produção, ainda que unicamente que é estudada a linha de produção de inzudos, serão apresentados seguidamente os resíduos dos últimos três meses de operação das duas linhas de produção, para ter uma idéia dos resíduos gerados.

6.4.2 Fase 2. Diagnóstico

Nesta fase é possível documentar o trabalho teórico - pratico, identificando por médio de uma serie de perguntas e respostas, que discute sobre as ações prioritárias a serem eleitas, considerando-se a atual situação da empresa e os compromissos gerais assumidos inicialmente na Fase 1.

Coleta de dados e aquisição das informações

A coleta de dados deste estudo foi efetuada de duas formas, a primeira por meio de uma análise documental, e a segunda por observação direta. Foi possível caracterizar a linha de produção, compreender as práticas da empresa e observar os vários trabalhos do processo de um produto em específico, neste caso foi analisada a linha de induzidos para ferramentas elétricas, identificando a seqüência das operações e os resíduos resultantes do processo.

A análise documental da linha de produção permitiu obter os dados e informações sobre as características do processo na fabricação de induzidos, e a quantidade de resíduos gerados por cada operação. A observação direta consistiu em visitas ao chão da fábrica onde se pretendeu conhecer e analisar cada uma de estas por postos de trabalho, indagando ao trabalhador sobre as condições e possíveis inconvenientes apresentados durante o processo.

Mapeamento do fluxo de produção

Nesta etapa foi necessário identificar o fluxo de produção considerando as diferentes operações que compõe o processo dos induzidos, a qual consta de treze etapas conforme ao diagrama de blocos apresentada na Figura 20.

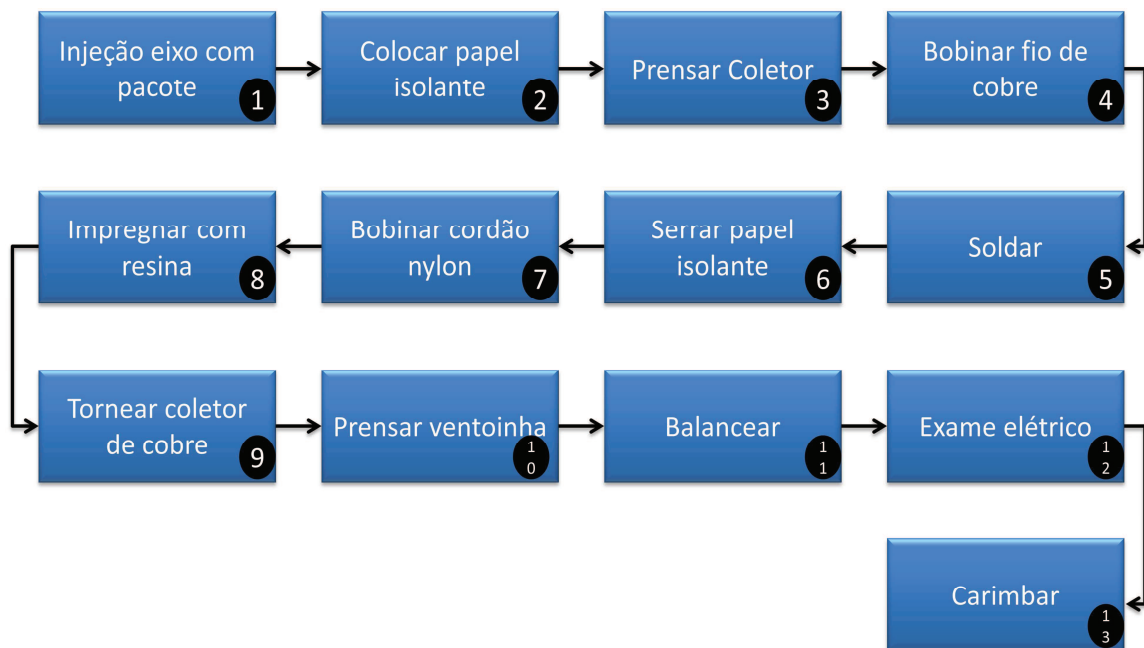


Figura 20. Diagrama de blocos do processo de induzido

Para realizar o diagnóstico por operações, foi necessário desdobrar cada uma delas, identificando as implicações ambientais de cada área. As manifestações dos impactos ambientais foram identificadas, supondo que não existia nenhuma forma de controle destes impactos, exceto aquelas que desempenhavam função essencial de processo.

Dentre dos desperdícios gerais identificados pela equipe e a situação-problema mais crítica da empresa estão:

- Fio de cobre envernizado ou esmaltado
- Cavaco de cobre
- Resina poliéster insaturada
- Resina epóxi BMC
- Consumo energético
- Consumo de água dos banheiros
- Embalagem contaminadas, papel, etc.

Após este processo, foi observado que os aspectos ambientais significativos foram: consumo de materiais e geração de resíduos sólidos, diminuir sua geração transformou-se em no objetivo principal, seguido da redução no consumo de água e energia. Para o estabelecimento de metas, novamente a equipe foi incentivada a trabalhar de forma interativa dando como resultado o propostas que cada um entendeu que a Alfa poderia conseguir.

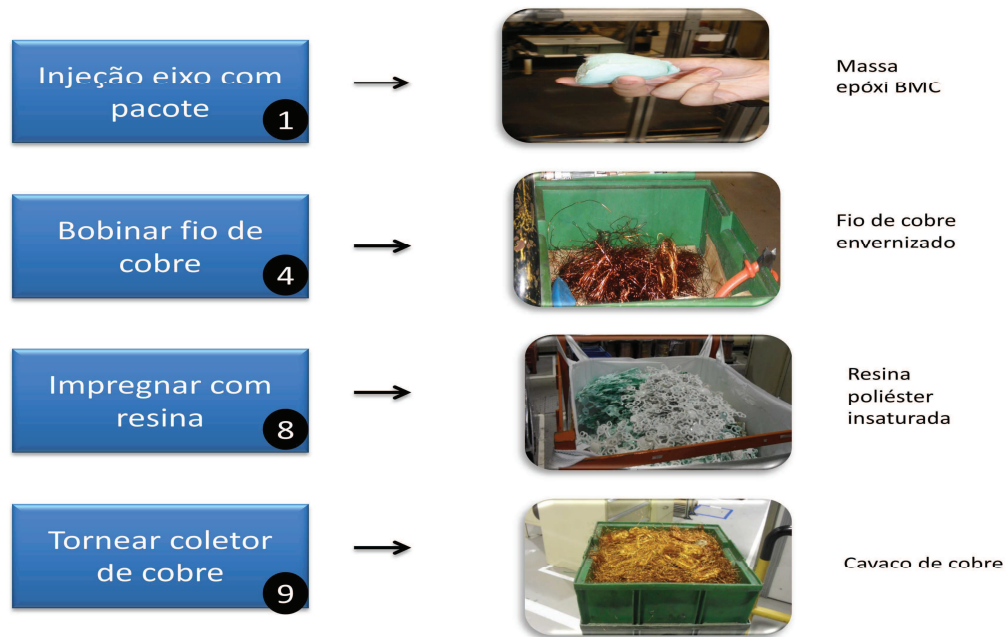


Figura 21. Resíduos identificados na linha de induzidos

Durante o estudo de caso foi observada a rotina da equipe responsável das operações, o diagnóstico das situações que envolvem a prática *lean-cleaner* da empresa, foi gerado a partir da observação da autora, a qual teve a oportunidade de participar das atividades diárias dos funcionários.

Assim, foram identificadas, mediante observação e relatos dos próprios funcionários e o coordenador da linha, algumas situações da empresa que não agregam valor e que influenciam diretamente na eficiência do processo, e conseqüentemente, no sucesso na satisfação do cliente.

Embora que a Alfa tem um pensamento enxuto há vários anos, esta não tem estratégias específicas na linha de produção, o pessoal não está treinada para poupar energia, água e materiais.

Ao selecionar as opções a serem implantadas, devem-se considerar a hierarquia de benefícios como consequência da implantação e de seu significado para a empresa. Neste sentido, a fim de estabelecer ordem de prioridade à busca de soluções, ainda que em nível macro, vale considerar os seguintes questionamentos:

- Como deixar de gerar resíduo?
- Como reduzir sua geração?
- Como reciclar interna e externamente?

Uma vez conhecidas as fontes e as causas dos resíduos e emissões, é necessário conduzir uma avaliação prévia de causas no âmbito de trabalho, de modo que todas as decisões possam ser tomadas em conjunto, é um procedimento que garante confiabilidade à geração e escolha das opções.

6.4.3 Fase 3. Oportunidade de melhora

Como proposta aos problemas identificados na Alfa, podem-se destacar o uso de materiais recicláveis e reciclados que segundo o coordenador de produção, não são integrados novamente ao processo de produção por conceitos específicos de qualidade. Ainda que não é um mecanismo para reutilizar materiais eles não contam como as condições para avaliar que os materiais sejam incorporados, a alternativa que tem a empresa é fazer o uso de reciclagem externa é dizer, vender para empresas e recuperar de certa forma o dinheiro invertido no processo.

Fontes e causa de resíduos

Algumas das possíveis causas de geração de cada resíduo podem estar relacionadas com:

- a) *matéria-prima*: abaixo do padrão de especificação, qualidade inadequada, deficiências no suprimento, armazenagem inadequada;
- b) *tecnologia*: falhas operacionais e da manutenção, capacidade do equipamento mal instalada, seleção de material não favorável, tecnologia obsoleta, alto custo de melhor tecnologia;
- c) *práticas operacionais*: pessoal não qualificado, operação ritualística, falta de treinamento, desmotivação dos funcionários, falta de reconhecimento;

d) *desenho do produto*: especificações de qualidade altas, desenho impraticável do produto, embalagem;

e) *manipulação do resíduo gerado*: não há separação de resíduos, desconsideração do reuso ou reciclagem de resíduos, manuseio inadequado.

Verifica-se que as etapas de produção 1, 4, 8 e 9 colocam-se como as mais críticas, de aí se derivam grandes quantidades de desperdício, tempo, custos, pois os resíduos gerados são em grandes proporções. É possível também, estabelecer critérios de seletividade de resíduos por tamanho, evitando o desperdício de matéria-prima. A prevenção na geração de resíduos que pode ocorrer quando da admissão de melhores formas de emprego da matéria-prima utilizada dado o estabelecimento de critérios de seletividade dos resíduos metálicos e plásticos.

Diante da análise do processo produtivo, matérias-primas e principalmente da disposição dos insumos e resíduos da produção, identificou-se algumas possibilidades de mudança que proporcionam a introdução de procedimentos, sem que as modificações requeridas para sua introdução sejam muito marcantes.

Boas práticas operacionais também reconhecidas como *housekeeping (5s, 6R)* promovem a implantação das opções que representarem medidas administrativas, institucionais ou procedimentos que a empresa pode usar para eliminar ou minimizar resíduos, efluentes e emissões, que são facilmente implantadas a baixo custo, e podem ser generalizadas a outras áreas da fábrica incluindo produção, manutenção, estocagem, etc. seguidamente são listadas algumas das boas práticas operacionais:

- *Práticas de gerenciamento humano* incluem o estabelecimento de capacitação profissional, através de treinamento e outros programas que estimulem ao pessoal da empresa à conscientização ambiental e à prática *lean*, na busca voluntária da redução de perdas e resíduos na fábrica e em todos os ambientes onde atuem;

- *Práticas de manejo de inventário* abarcam programas para reduzir perdas de material devido a mau manuseio, perdas de materiais sensíveis a prazo de validade e condições apropriadas de armazenamento;
- *Programação da produção* envolve através de uma criteriosa programação nas linhas de produção, a frequência de limpeza dos equipamentos e dos resíduos resultantes a identificação dos fatores, ou departamentos que geraram os resíduos, tornando-se mais cientes dos efeitos de suas práticas, passar a ter um incentivo financeiro para minimizar resíduos, efluentes e emissões é um dos estímulos mais usados.

Nesse sentido, a Alfa poderia aperfeiçoar seus processos ao implantar estas ações sugeridas, coloca-se que primeiramente a empresa estará aperfeiçoando a utilização. Assim, esta estará reorganizando seu processo produtivo de maneira sustentável, obtendo menores custos de produção e maior produtividade.

Avaliação técnica e econômica

No que concerne aos aspectos econômicos, é do interesse da Alfa não investir muito dinheiro na mudança de maquinaria, pode que ao longo prazo possa ter uma avaliação técnica que permita em primeira instância, verificar se a adoção pode ser colocada em prática, necessitando da disponibilidade e confiabilidade de maquinarias e equipes.

Com respeito aos investimentos maiores, estes devem entrar em consideração pela empresa, indagando sobre a natureza da opção, da mudança, do efeito sobre a produção, sobre o número de empregados, treinamentos requeridos, aumento do espaço físico, etc.

Opções que demandem maiores investimentos de capital, como mudança de matéria-prima, equipamentos ou processos e que podem resultar em mudanças na linha de produção ou na qualidade do produto requerem uma investigação mais complexa (UNEP, 2001). Para estas situações, a criação de um grupo multidisciplinar para a avaliação técnica baseada em critérios de avaliação selecionados é o encaminhamento mais aconselhado.

A avaliação econômica consiste em, no mínimo coletar dados relativos a investimentos, custos operacionais e benefícios, escolher os critérios de avaliação através de métodos-padrão de medida da lucratividade tais como: período de retorno do investimento *payback*, tempo que se leva para recuperar o desembolso de capital inicial para o projeto, (NASCIMENTO, 2002).

6.4.4 Fase 4. Melhoria continua

Na última fase algumas medidas precisam ser tomadas de modo que garante a implantação das opções viáveis, assim como a própria continuidade. Para tanto, um plano de ação deve ser elaborado com o objetivo de organizar as ações em função às problemáticas identificadas.

Monitoramento: O *feedback* é uma peça fundamental para manter qualquer sistema, por tanto é bom estabelecer um plano de ação e de indicadores de controle ou auditoria, para tanto, deve existir pontos chaves que contenham a duração de projeto, as atividades realizadas, as melhoras realizadas, o cronograma de atividades futuras, o fluxo de informação entre chefes e trabalhadores,

Por outro lado, em virtude da estrutura enxuta e multifuncional o plano de ação precisa ser explicado em termos simples e entendíveis de modo a criar uma base ampla de apoio e estimular o interesse (UNIDO, 2002).

Na área de desenvolvimento técnico, a integração de procedimentos como rotinas de manutenção preventiva, inclusão de critérios ambientais (consumo de água e energia, por exemplo) na seleção de novos equipamentos e integração do conceito de p+l nos planos de desenvolvimento de longo prazo da empresa são medidas a serem adotadas.

6.5 Comentários Finais

A análise da informação obtida na entrevista, permitem verificar as condições favoráveis para conduzir esforços nas eventuais práticas de gestão, introduzindo os princípios da

mentalidade enxuta, do ponto de vista ambiental, procurou-se saber a opinião sobre as contribuições, medidas de redução e peso dos resíduos produzidos pela atividade produtiva.

O contexto da metodologia num primeiro instante possibilitou a identificação de desperdícios, tanto ambientais como tradicionais. Em segundo plano forneceu subsídios para se trabalhar na eliminação dos desperdícios identificados, bem como para se pensar em um fluxo contínuo.

Conforme salientado no referencial teórico, a identificação dos desperdícios é um dos caminhos para a melhoria contínua do sistema. Assim, os princípios da manufatura enxuta deram ênfase para a eliminação de muitos desperdícios que ocorriam ao longo da cadeia do fluxo de valor e que não foram tidos em conta, por exemplo, o transporte da logística de distribuição, a embalagem da matéria prima e dos produtos terminados.

Em um ambiente onde a minimização da produção de resíduos já é prática comum, a redução de resíduos para fins ambientais podem ser executadas com melhores resultados. Práticas verdes ajudam através da utilização eficiente dos recursos e a redução de materiais redundantes e desnecessários (SARKIS e ZANG, 2003).

Para a Alfa, a minimização de resíduos converteu-se numa meta ambiental, mas, principalmente, num programa orientado para aumentar o grau de utilização dos materiais, com vantagens técnicas e econômicas.

Um dos fatores pelos quais o reuso de material para re manufatura, não faz parte de estratégia de produção da empresa, são as políticas de qualidade que a norteiam. Os resíduos de material que gera maior desperdício é o fio de cobre envernizado, e a única solução contemplada pela empresa é a reciclagem externa. Os motivos que fazem este tipo de atividades é a falta de pesquisa, de laboratórios especializados, ou de parcerias na fabricação, para restabelecer esse tipo de material ao processo.

A resistência á mudança, é outro dos problemas identificados que afetam ao melhoramento da produtividade das empresas, por tanto, investir em treinamentos, permitiria aos trabalhadores acreditarem no cambio e nos resultados, o uso de incentivo, torne-se uma estratégia para conscientizar aos empregados a que tomem parte do processo de melhora.

O desconhecimento das vantagens econômicas e ambientais que traz a gestão no melhoramento do meio ambiente no especial na implantação de estratégias mais limpas, não é claro para empresários e gerentes de produção.

Capítulo 7.

Conclusões e Sugestões de Trabalhos Futuros

7.1 Conclusões

A adoção dos conceitos de produção eficiente e limpos vem sendo feita por um numero cada vez maior de organizações, como uma forma de obter vantagens competitivas. A literatura disponível, ainda que apresente uma relação significativa entre ambos os conceitos, não considera um método conjunto na consecução e melhoria dos processos de produção, considera sim, os benefícios ambientais gerados como consequência da implantação de um pensamento enxuto, que esta implicitamente ligada aos resultados e que não são suficientes para atingir os aspectos ambientais.

Ainda que foi usada uma matriz de integração para analisar conjuntamente o grau de intenção entre os principio estudados, deu como resultado os principais pontos de convergência que formaram parte da metodologia proposta e que possibilitou descrever as diferentes etapas ou estagio das práticas de P+L e PE, mesmo esta metodologia permitiu alcançar o objetivo proposto.

Os vetores resultantes correspondentes a maior pontuação da convergência entre *lean-cleaner*, radicam no valor para o cliente, a diminuição dos desperdícios tradicionais e ambientais, o uso de materiais reutilizáveis, a reciclagem, entre outras, que permitam poupar custos e diminuir o impacto ambiental.

É possível determinar que o grande resultado visado pelo desenvolvimento de ferramentas e princípios sua visão é atingir potenciais problemas na produção marcados pela empresa como alternativa na melhora da qualidade ou se seu desejo é alcançar uma certificação ambiental.

Outro aspecto relevante que faz apologia à motivação dos colaboradores na vontade para implantação de ferramentas e mudanças na empresa que deve provir da gerência e da alta administração. O comprometimento, motivação e conscientização de colaboradores são fundamentais e necessárias ao sucesso de consolidação conjunta.

A utilização da metodologia proposta permite que fases, passos ou etapas importantes sejam esquecidos ou passem despercebidos, influenciando diretamente no insucesso da implantação ou mesmo na magnitude dos resultados apresentados, não atingindo os melhores índices permitidos de mudança.

A mudança ao desconhecido causa medo e resistência á quebra de paradigmas estabelecidos, sendo muito discutidas as novas sugestões inovadoras ofertadas. A cultura toma parte fundamental no momento de fazer câmbios significativos nos processos. Na avaliação identificou-se, que algumas vezes não se tem claro a identificação de desperdícios inerentes ao processo, que podem ser atingidos estabelecendo estratégias e ferramentas chaves na diminuição de atividades que não agregam valor.

O trabalho aqui documentado tem a prerrogativa de informar a pessoas do mesmo segmento ou de áreas afins que há condições de se empregar as técnicas de implantação dos princípios e práticas enxutas, inovando etapas e processos, buscando a melhoria da manufatura de um produto e tal vez de um serviço.

7.2 Recomendações de trabalhos futuros

Outras pesquisas que poderiam ampliar as considerações deste trabalho seriam as seguintes:

A metodologia utilizada poderia ser aplicada e analisada á cadeia estendida em outros estudos de caso, pode sendo um exercício interessante para análise.

Construir casos de estudo usando a metodologia proposta, em empresas de serviços, para ter um panorama global e poder fazer comparações entre os resultados obtidos.

Desenvolver estudos de indicadores e métricas que permitam validar as atividades que derivam do uso das ferramentas *lean-cleaner*, assim também medir o impacto operacional dentro da organização.

Entre os trabalhos futuros mais interessantes a serem realizados destacam-se a implantação metodológica que comparasse os custos e impactos ambientais do processo antes e depois da aplicação da metodologia.

Testar a implantação em empresas de pequeno porte, o qual vise uma melhor adaptabilidade, na escolha de processo e comprometimento do pessoal, já que existe um menor grau de operações e trabalhadores, por tanto, se faz mais fácil à mudança e a manutenção da metodologia.

Refêrencias Bibliográfias

ÁNGEL, L.; KLASSEN, R.. Integrating Environmental issues into the Mainstream: An agenda for Research in Operations Management. *Journal of Operations Management*. n. 17, pp. 575-598, 1999.

ALLWOOD J. M.; CULLEN J, M. The Role of Washing Machines in Life Cycle Assessment Studies: The Dangers of Using LCA for Prioritization. *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 13(1) pp. 27-37, 2009.

BARBIERI, J. C. Políticas Públicas Indutoras de Inovações Tecnológicas Ambientalmente Saudáveis nas Empresas. *RAP*. Rio de Janeiro, v.31, n.2. 2007

BERGMAN, L.; HERMANN, C.; STEHR J.; SEBASTIÁN T. An Environmental Perspective on Lean Production. *Manufacturing Systems and Technologies for the new frontier*. n. 3, pp. 83-88. 2008.

BERGMILLER, G.; MCWRIGHT, P. Are Lean and Green Programs Synergistic. *Proceedings of the Industrial Engineering Research Conference*. 2009a.

BERGMILLER, G.; MCWRIGHT, P. Parallel Models for Lean and Green Operations. *Proceedings of the Industrial Engineering Research Conference*. 2009b.

BERGMILLER, G. Lean Manufacturers Transcendence to Green Manufacturing: Correlating the Diffusion of Lean and Green Manufacturing Systems. PhD Thesis, University of South Florida. 2006c.

BICHENO, J.; HOLWEG, M.. *The Lean Toolbox e the essential guide to Lean Transformation*, fourth ed. Picsie Books, Buckingham, Uk. 2009.

BIGGS, C. Exploration of the Integration of Lean and Environmental Improvement. PhD Thesis, Cranfield University. 2009.

BYGGETH, S.; BROMAN, G.; ROBERT, K. A Method for Sustainable Product Development based on a Modular System of Guiding Questions. *Journal of Cleaner Production*. v. 15, n. 1, p. 1 - 11. 2007.

CNTL- Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI. <http://www.senairs.org.br/cntl/>. Acessado em Agosto 2010.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. Just in Time. MRPII e OPT: Um Enfoque Estratégico. 2. ed. São Paulo: Atlas. 1993.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. Metodologia Científica. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 242 p. 2002.

CORBETT, C. J.; KLASSEN, R. D. Extending the Horizons: Environmental Excellence as Key to Improving Operations. *Manufacturing & Service Operations Management*, v. 8, n. 1, p. 5. 2006.

DIAZ, C. A. P.; PIRES, S. R. I. Produção mais limpa: integrando meio ambiente e produtividade. *Revista de Administração. CREUPI (RACRE)*, vol. 5, nº 9, 2005.

DURAN, O; BATOCCHIO, A. Na direção da Manufatura Enxuta através da J4000 e o LEM, *Revista Produção online*, v.3, n2, 2003.

EEA (Agência Europeia do Ambiente), Glossário, Disponível em: <http://glossary.eea.eu.int/EEA_Glossary/>. Acesso em: 7 de Junho de 2011.

FLORIDA, R. Lean and Green: The Move to Environmentally Conscious Manufacturing, *California Management Review*, Vol. 39, No. 1, pp. 80-105. 1996.

FOUND, P. Lean and Low Environmental Impact Manufacturing. 2009.

FURTADO, J. S. 1998, Auditorias, sustentabilidade, ISO14000, e Produção Limpa: limites e mal entendidos. Disponível em [www.vanzoline.org.br/ áreas/desenvolvimento/produçãolimpa](http://www.vanzoline.org.br/areas/desenvolvimento/produçãolimpa). Acessado em: 8 de Setembro de 2011.

FRANCHETTI, M.; BEDAL, K.; ULLOA, J.; GRODEK, S. Lean and Green: Industrial Engineering Methods are Natural Stepping stones to Green Engineering. *Industrial Engineer: IE* 41 (9), 24e29. 2009.

FRESNER, J. Cleaner Production as a means for effective Environmental Management systems.6: 171-9. Journal of Cleaner Production, 1998.

GAVRONSKI, L. Estratégia de Operações Sustentáveis: Produção, Suprimentos, Logística e Engenharia Alinhados com a Sustentabilidade Corporativa, Tese de Doutorado. Porto Alegre 2009.

GLAVIC P.; LUKMAN R. Review of Sustainability Terms Definitions: Journal of Cleaner Production, Vol. 15, pp. 1875-1885. 2007.

GORDON, P.J. Lean and Green e Profit for Your Workplace and the Environment. Berrett-Koehler Publishers, Inc, San Francisco. 2001.

HASSAN, R., SCHOLE, R. Y ASH, N. (eds.), pp. 297-329. Island Press, Washington D.C.

HERNÁNDEZ, S. R. Metodología de la Investigación, editorial McGraw-Hill. Bogota, Colombia 1991.

HINES, P.; TAYLOR, D. Going Lean, Lean Enterprise Research Centre. (2000)

JUNG, C. F. Metodologia Científica e Tecnológica, 2 ed. Taquara. Disponível em:<www.metodologia.net.br>. 2009.

KARP, H. Green Suppliers Network: Strengthening and Greening the Manufacturing Supply Base, Environmental Quality Management, pp. 37-46. 2005.

KAZMIERCZYK, P. Manual on the Development of Cleaner Production Policies Approaches and Instruments. 2002.

KLASSEN, R. D. The Integration of Environmental Issues into Manufacturing: Towards an Open-Systems Model. Production and Inventory Management Journal, v. 34, n. 1, p. 82- 88. First Quarter, 1993.

KLASSEN, R.D. Just-in-Time Manufacturing and Pollution Prevention Generate Mutual Benefits in the Furniture Industry, Interfaces, Vol. 30, No. 3, pp. 95-106. 2000.

KLASSEN, R. D.; WHYBARK, D. C. The Impact of Environmental Technologies on Manufacturing Performance, *Academy of Management Journal*, Vol. 42, No. 6, pp. 599-615. 1999.

KING, A.; LENOX, M. Exploring the Locus of Profitable Pollution Prevention. *Management Science*, Vol. 48 , No. 2, pp. 289-299. 2002.

KING, A.; LENOX, M., Lean and Green? An Empirical Examination of the Relationship Between Lean Production and Environmental Performance. *Production and Operations Management*, 10(3), 244-257. 2001.

LARSON, T.; GREENWOOD, R. Perfect Complements: Synergies between Lean Production and Eco-Sustainability Initiatives. *Environmental Quality Management*, Volume 13, Issue 4, pp 27-36. 2004.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE (LEI). Disponível para os associados do LEI. Disponível em: <http://www.lean.org>. acessado em: 10 de agosto de 2010.

LOWELL CENTRO DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL, Disponível em: <http://www.sustainableproduction.org/>. Acessado em: 17 de outubro de 2011.

MOLLENKOPF, D.; STOLZE, H.; TATE, W. L.; UELTSCHY, M. Green, Lean, and Global Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 40 (1/2), 14e41. 2010.

MASON-JONES, R.; NAYLOR, J. B.; TOWILL, D.R. Engineering the Leagile Supply Chain. *International Journal of Agile Management Systems* 2 (1), 54e61. 2000.

MACDONALD, T.; VAN AKEN, E.; RENTES, A. Utilization of Simulation Model to Support Value Stream Analysis and Definition of Future State Scenarios in a high-technology motion control plant. Department of industrial and systems engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University and São Carlos engineering school. Universidade de Saõ Paulo. 2000.

MARTINEZ, P.; GONZALEZ, V.; DA FONSECA, E., Integración conceptual Green-lean conceptual en el diseño, planificación y construcción de proyectos. Revista de ingeniería de construcción, vol 24 n.1 . 2009.

MOREIRA, F.; ALVES, A.; SOUSA, R.; Towards Eco-efficient Lean Production Systems.

NASCIMENTO, L., LEMOS, Â., MELLO, M. P. Gestão Socioambiental Estratégica. Porto Alegre: Bookman, 1 Edição, 232. 2008.

NICHOLAS, J. M. Competitive Manufacturing Management: Continuous Improvement, Lean Production, Customer-focused Quality. Irwin/McGraw-Hill. 1998.

O'BRIEN, C., Sustainable Production a New Paradigm for a New Millennium. International Journal of Production Economics. 1999.

OMETTO, A. R. GUELERE, A. PEREIRA, M. 2007. A Gestão Ambiental nos Sistemas Produtivos. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção Nº. 6, p. 22 – 36, Jun 2007.

OHNO, T., O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookman, 149p. 1997.

PMAISL, Rede Brasileira de Produção mais Limpa 2009.

PALOMARES, C. A.; IGNÁCIO, S.R; Produção Mais Limpa: Integrando Meio Ambiente e Produtividade. RACRE - Rev. Adm. CREUPI, Esp. Sto. do Pinhal - SP, v. 05, n. 09, 2005.

POJASEK, R. 'Framing Your Lean-to-Green Effort', Environmental Quality Management, pp. 85-93. 2008.

ROTHENBERG, S.; PIL, F. K.; MAXWELL, J. Lean, Green, and the Quest for Superior Environmental Performance. Production and Operations Management, Vol.10, n.3, p.228244. 2001.

RODRIGUES, L.; FERRAZ, R.; DELFINO, R.; Produção mais Limpa e Produção Enxuta: Haverá simbiose na busca de conformação ambiental com a flexibilização dos fatores de produção? XIII SIMPEP - Bauru, SP, 2006.

ROSSI, M.T.; BARATA, M.M. Barreiras à Implementação de Produção Mais Limpa Como Prática de Eco eficiência em Pequenas e Médias Empresas no Estado do Rio de Janeiro. 2009.

SARKIS, J., Manufacturing Strategy and Environmental Consciousness. *Technovation*, v. 15, n. 2, p. 79. Mar, 1995.

SAWHNEY, R.; TEPARAKU, P.; ARUNA, B.; LI, X. En-Lean: A Framework to align lean and Green Manufacturing in the Metal cutting Supply Chain. *International Journal of Enterprise Network Management*. Vol. 1, pp. 238-260. 2007.

SHAH, R.; WARD, P. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*. v. 21, p. 129 – 149, 2003

SHINOHARA, I. *New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries*. Productivity Press. 1988.

SMITH, BERKOUT, F., D. Products and the Environment: An Integrated Approach to Policy'. *European Environment, Special issue on Integrated Product Policy*, 9, (5), 174-185, 1999.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 4. ed. rev. Florianópolis: UFSC, 138 p. 2005.

SIMONS, D.; MASON, R. Lean and Green: Doing More With Less', *ECR Journal*, Vol. 3, No. 1, pp. 84-91. 2003.

SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL, Disponível em: <<http://www.bnl.gov/esh/ems>>. Acesso em: 02 de novembro de 2011.

TAPPING, D. *The Lean Office Pocket Guide: Tools for the Elimination of Waste in Administrative Areas*. 2005.

TICE, J.; AHOUSE, L.; LARSON, T. Lean Production and EMSs: Aligning Environmental Management With Business Priorities', Environmental Quality Management, pp. 1-12. 2005.

TOMAZELA, M. Administração Limpa e Enxuta em sistemas hidráulicos de colhedoras de cana-de-açúcar: Uma Proposta Metodológica, Tese de Doutorado. 2007.

UNIDO, Resource Efficient and Cleaner Production (*RECP*). Disponível em: <<http://www.unido.org/index.php?id=o5151>>. Acesso 18 de Agosto de 2010.

UNEP, United Environmental Program, Guidance Manual: How to Establish and Operate Cleaner Production Centers. Disponível em <http://www.unep.fr>. Acesso em 10 de agosto de 2010.

US Environmental Protection Agency, EPA. Principles of Environmental Impact Assessment Review: chapter 3-overview of the reviewer's responsibilities. <http://www.elaw.org/system/files/5+FCHAP3.pdf>. 1998. Acesso 12 de dezembro de 2010.

U.S. Environmental Protection Agency, EPA. Lean Manufacturing and the Environment: Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendations for Leveraging Better Environmental Performance. United States Environmental Protection Agency. 2003.

VAN BERKEL, R. Cleaner Production for Process Industries: Overview of the Cleaner Production Concept and Relation with Other Environmental Management Strategies. Perth Curtin University of Technology. 2000.

VONDEREMBSE, M. A.; UPPAL, M.; HUANG, S. H.; DISMUKES, J. P. Designing supply chains: towards theory development. International Journal of Production Economics 100 (2), 223e238. 2006.

WEINRACH, J. The Lean, Green, Industrial Machine: the Other Side of Waste, Environmental Quality Management, pp. 95-97. 2002.

WOMACK, J.P.; JONES. D.T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro. Elsevier, p 3, 2004

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. New York, NY: Simon & Schuster. 1996.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. A Máquina que Mudou o Mundo, 5 Ed. Rio de Janeiro, Editora Campus. 1992.

XIAOPING, L. Sistema Integrado de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://rrcap.unep.org>>. Acesso em: 02 de novembro de 2012.

YANG, C.L; LIN, S.P; CHAN, Y; SHEU, C. Mediated effect of Environmental Management on Manufacturing Competitiveness: An empirical Study. International Journal of Productions Economics. 2010.

ZHANG, H. C.; KUO, T. C.; LU, H. Environmentally Conscious Design and Manufacturing: A State-of-the-art survey. Journal of Manufacturing Systems. v.16. n.15, 1997.

ZENG, S.X.; MENG X.H.; YIN, H.T.; TAM, C.M; SUN, L.. Impact of cleaner production on business performance, Journal of Cleaner Production, V 18 July 2010, Pages 975-983. 2010.

APÊNDICE A.

Roteiro de Entrevista

1. Como a PE chegou na sua empresa, há quanto tempo e por quais motivos?
2. Qual a relação da PE com a estratégia da empresa?
3. Como foi o período de implantação das práticas da PE na sua empresa e como foram implantadas?
4. Qual foi a reação das pessoas quando da implantação da PE na empresa?
5. Quais as principais dificuldades e resultados positivos obtidos até agora?
6. Quais os benefícios de sustentabilidade você acha que começa a partir de a implantação padrão magra
7. Considera que as ferramentas *lean* usadas contribuam de alguma maneira com a preservação do meio ambiente?
8. Conhece os aspectos ambientais envolvidos no processo de produção?
9. Usam praticas ou técnicas na minimização do impacto ambiental, como por exemplo reciclagem?
10. Acha que a metodologia proposta é fácil de usar?