



Jenny Carolina Lombo Carrillo

Estudo de Aspectos Ambientais em Produção Enxuta

128/2012

**CAMPINAS
2012**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

Jenny Carolina Lombo Carrillo

**Estudo de Aspectos Ambientais em Produção
Enxuta**

Orientador: Prof. Dr. Antonio Batocchio

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestra em Engenharia Mecânica, na Área de Materiais e Processos de Fabricação.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA
ALUNA JENNY CAROLINA LOMBO CARRILLO
E ORIENTADA PELO PROF. DR. ANTONIO
BATOCCHIO

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

ASSINATURA DO ORIENTADOR

**CAMPINAS
2012**

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

L838j Lombo Carrillo, Jenny Carolina, 1988-
Estudo de aspectos ambientais em produção enxuta /
Jenny Carolina Lombo Carrillo. --Campinas, SP: [s.n.],
2012.

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

1. Produção enxuta. 2. Aspectos ambientais. 3.
Resíduos. 4. Resíduos - Minimização. I. Batocchio,
Antonio, 1953-. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Study of environmental aspects in lean production

Palavras-chave em Inglês: Lean production, Environmental, Waste, Waste -
Minimization

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestra em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Antonio Batocchio, Olívio Novaski, Orlando Fontes Lima Júnior

Data da defesa: 11-12-2012

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 ACADÊMICO

Estudo de Aspectos Ambientais em Produção
Enxuta

Autor: Jenny Carolina Lombo Carrillo
Orientador: Prof. Dr. Antonio Batocchio

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Antonio Batocchio
Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Olívio Novaski
Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior
Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 11 de Dezembro de 2012

Dedico este trabalho aos meus pais, Edelmira e Jair, por ter-me guiado pelo caminho do sucesso e a minha irmã pelo apoio.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto meus sinceros agradecimentos:

A Deus, pela vida e pelas abençoes que sempre recebo dele.

Aos meus pais Edelmira e Jair, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

À minha irmã Paola, por ser inigualável na árdua tarefa de ser minha irmã.

Ao Professor Antonio Batocchio, orientador desta dissertação, pela disponibilidade, apoio, motivação, amizade e conselhos recebidos neste período de tempo.

Ao meu namorado e amigo Manuel, pela compreensão, companhia e motivação durante o desenvolvimento deste projeto.

A meus companheiros e amigos do LMA, pela torcida, apoio e amizade.

Aos meus familiares e amigos que sempre estiveram presentes com seu apoio e palavras de incentivo.

A CAPES pelo apoio Financeiro.

*“As pessoas que vencem neste mundo são as que procuram as
circunstâncias de que precisam e, quando
não as encontram, as criam”*

Bernard Shaw

Resumo

A variedade de produtos tem se proliferado a um grau exagerado, e a competição por imitação é destruidora da margem de lucro. Nesse ambiente competitivo o modelo de manufatura enxuta (*Lean Production*) tem sido objeto de grande interesse por parte de empresas do setor industrial, que têm se empenhado em obter ganhos de competitividade. As iniciativas pioneiras de implantação de técnicas de produção e fornecimento Justo a Tempo (JIT) em empresas brasileiras datam da década de 80. No presente momento, as práticas enxutas se expandem por outras áreas das organizações e por diferentes ramos de atividades, recebendo algumas denominações, tais como: pensamento enxuto (*lean thinking*), organização ou empresa enxuta (*lean organization* ou *lean enterprise*), etc. Equipamentos eletrônicos desempenham atualmente um papel muito importante e insubstituível em nossa vida diária. Hoje em dia a rápida evolução da tecnologia fornece uma ampla gama desses equipamentos a preços cada vez mais acessíveis, aumentando o consumo. Este consumo leva a uma maior geração de resíduos. Neste contexto, a presente pesquisa tem seu foco na produção enxuta buscando encontrar as ferramentas aplicáveis aos processos de produção de eletroeletrônicos e o ambiente enxuto, buscando entender e, posteriormente, traçar sugestões para as práticas enxutas e seus impactos e benefícios ao meio ambiente.

Palavras Chave: *Produção Enxuta, aspectos ambientais, resíduos, resíduos-minimização.*

Abstract

A huge diversity of products has been proliferated in a exaggerated way, and the unfaithful competition has caused a low markup. On this challenging environment the Lean Manufacturing model has turned matter of interest of industrial companies, whose has pursued on getting winnings on the competitive edge. The pioneer initiatives of production techniques and just-in-time (JIT) supply on Brazilian companies came from the 80's. Nowadays, the lean approach has been expanding through another organizations and on different branches, been renamed after like: lean thinking, lean organization or lean enterprise . Electronic devices play a role, very important and irreplaceable, on our life. Today a quickly evolution of technology provides a wide range of this kind of devices with lower prices producing an increase of the number of costumers. The consumption leads to a greater production of disposals. In this context, this research work has set-up on lead manufacturing in order to find the tools of the production of electronic devices and lean environment, to understand, and lately propose production practical lean, based on impacts an benefits to our natural environment.

Keywords: Lean Production, Environmental, waste, waste – minimization.

Lista de Ilustrações

Figura 1.1 Classificação dos Tipos de Pesquisa	6
Figura 2.1 Benefícios da Produção Enxuta	14
Figura 2.2 Forças opostas e de apoio para uma mudança enxuta.....	14
Figura 2.3 As quatro categorias do Modelo enxuto Segundo Liker (2005).....	18
Figura 2.4 Modelo Toyota e suas Ferramentas.....	20
Figura 2.5 Evolução das Questões Ambientais.	31
Figura 2.6 Hierarquia Prevenção à Poluição dada pelo Congresso.....	33
Figura 2.7 Processo Produtivo. Entradas e Saídas	33
Figura 2.8 Gestão Ambiental.....	37
Figura 2.9 Guia de Eletrônicos Verdes (Empresas Produtoras)	47
Figura 3.1 Modelo de una relación sinérgica entre Enxuto e verde	59
Figura 4.1 Proposta de Aplicação e suas Fases	66
Figura 4.2 Fase 1 da Proposta de Aplicação	67
Figura 4.3 Fase 2 da Proposta de Aplicação	68
Figura 4.4 Fase 3 da Proposta de Aplicação	70
Figura 4.5 Ferramentas enxutas.....	71
Figura 4.6 Fase 4 da Proposta de Aplicação	71
Figura 4.7 Proposta de Fases do Sistema de Gestão Ambiental	74
Figura 4.8 Comunicação Ambiental Externa	75
Figura 4.9 Fase 5 da Proposta de Aplicação	75
Figura 5.1 Esquema de Cores Impressora Jato de Tinta	80
Figura 5.2 Exemplo Impressora Jato de Tinta	80
Figura 5.3 Exemplo Impressora a Laser.....	81
Figura 5.4 Células de Manufatura do Processo de Impressora Jato de Tinta	82
Figura 5.5 Fluxo de Materiais Armazém - Supermercado na ABC	86
Figura 5.6 Exemplo Estante de Supermercado usado pela ABC	86
Figura 5.7 Modelo de Metodologia de Padronização	90
Figura 5.8 Plano de Ação Absentismo.....	93
Figura 5.9 Pontos Fundamentais no CQZD.....	95
Figura 5.10 Sistema de Gestão Ambiental implantado na ABC	103

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 Publicações Relacionando os conceitos produção enxuta e aspectos ambientais	54
Tabela 5.1. Desperdícios e Resíduos identificados nas Células Sub Conj. 01 e 02.....	83
Tabela 5.2. Desperdícios e Resíduos identificados na Célula. Linha Principal	83
Tabela 5.3. Desperdícios e Resíduos Identificados na Célula. Modulo de Scanner	84
Tabela 5.4. Desperdícios e Resíduos identificados na Célula. Teste Final	84
Tabela 5.5. Desperdícios e Resíduos identificados na Célula. Auditoria.....	85
Tabela 5.6. Desperdícios e Resíduos identificados na Célula. Embalagem.....	85
Tabela 5.7. Cronograma de Aplicação da Metodologia de Padronização	91

Lista de Quadros

Quadro 2.1 Comparação Produção em Massa e Produção Enxuta	12
Quadro 2.2 Prazo para o salto para o pensamento enxuto	15
Quadro 2.3 Ferramentas e Vantagens da Produção Enxuta	28
Quadro 2.4 Comparação Produção Enxuta - Prevenção à Poluição	34
Quadro 2.5 Normas NBR-ISO publicadas até o momento	41
Quadro 3.1 Fatores de Impacto Ambiental dos Desperdícios num Processo.....	56
Quadro 3.2 Benefícios ao meio ambiente por meio de implantação de ferramentas enxutas.....	58
Quadro 3.3 Elementos Produção Enxuta e Operações Verdes.....	59
Quadro 5.1 Nível de implantação ferramentas enxutas na ABC.....	97
Quadro 5.2 Cont. Quadro 5.1. Nível de implantação ferramentas enxutas na ABC.....	98

Lista de Abreviaturas e Siglas

Abreviações

SGA – Sistemas de Gestão Ambiental

EMS - *Environmental Management Systems*

ACV - Análise do Ciclo de Vida

CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas

ISO - *International Organization for Standardization*

JIT- *Just in Time*

MC - Manufatura Celular

REEE – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

EEE – Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

TPM - *Total Productive Management*

MPT – Manutenção Produtiva Total

UNIDO - *United Nations Industrial Development Organization*

EPA - *Environmental Protection Agency*

VSM - *Value Stream Mapping*

DEW – *Department Ecology of Washington*

RSE – Responsabilidade Social Empresarial

P2 – Prevenção à Poluição

Sumário

<i>Capítulo 1 . Introdução</i>	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Justificativa.....	2
1.3 Definição Do Problema.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	4
1.5 Metodologia De Pesquisa.....	4
<i>Capítulo 2 . Revisão Bibliográfica</i>	9
2.1 Contexto.....	9
2.2 Produção Enxuta.....	10
2.2.1 Historia.....	10
2.1.2 Definição e Estrutura.....	13
2.1.3 Abordagem Enxuta.....	16
2.2 Ambiente Enxuto.....	29
2.2.1 Sustentabilidade.....	30
2.2.2 Prevenção da Poluição – P2.....	32
2.2.3 Gestão Ambiental.....	35
2.3 Indústria de Equipamentos Eletrônicos e Eletrônicos.....	42
2.3.1 Aspectos Ambientais.....	45
2.4 Comentários Finais.....	48
<i>Capítulo 3 . Relação Produção Enxuta – Ambiente Enxuto</i>	51
3.1 Contexto.....	51
3.2 Aspectos Gerais.....	51
3.3 Semelhanças.....	54
3.4 Vantagens Ambientais da Produção Enxuta.....	56
3.5 Comentários Finais.....	60
<i>Capítulo 4 . Proposta de Aplicação</i>	63
4.1 Contexto.....	63

4.2 Fases da Proposta de Aplicação	64
4.2.1 Fase 1: Entendimento do ambiente das organizações a partir de conceitos enxutos e aspectos ambientais – Seleção da empresa para o estudo de caso	67
4.2.2 Fase 2: Coleta de dados da empresa, verificação de fatores críticos de sucesso na implantação do conceito enxuto e gestão ambiental.....	68
4.2.3 Fase 3: Análise de dados coletados e identificações de oportunidades de melhoria desde a perspectiva enxuta.....	70
4.2.4 Fase 4: Análise de dados coletados e identificações de Aspectos Ambientais.....	71
4.2.5 Fase 5: Apresentação de Resultados.....	75
4.3 Comentários Finais.....	76
<i>Capítulo 5 . Estudo de Caso</i>	77
5.1 Contexto.....	77
5.2 Fases da Proposta de Aplicação	78
5.2.1 Fase 1: Entendimento do Ambiente das Organizações a partir de conceitos <i>Enxutos</i> e Aspectos Ambientais – Seleção da Empresa	78
5.2.2 Fase 2: Coleta de dados da Empresa, verificação fatores críticos de implantação do conceito <i>Enxuto</i> e gestão ambiental.....	81
5.2.3 Fase 3: Análise de dados coletados e identificações de oportunidades de melhoria desde a perspectiva Enxuta.....	87
5.2.4 Fase 4: Análise de dados coletados e identificações de Aspectos Ambientais.....	99
5.2.5 Fase 5: Apresentação de Resultados.....	104
5.3 Comentários Finais.....	105
<i>Capítulo 6 . Conclusões e Recomendações de Trabalhos Futuros</i>	107
6.1 Conclusões.....	107
6.2 Recomendações de Trabalhos Futuros	108
Referências Bibliográficas	109
APÊNDICE A – Roteiro Entrevista Inicial Estudo de Caso	118
APÊNDICE B – Os Dez Mandamentos do Usuário “Verde” de Tecnologia.....	120
APÊNDICE C- Roteiro Entrevista Apresentação de Resultados	119

Capítulo 1 .

Introdução

1.1 Introdução

De maneira exacerbada a diversidade de opções de consumo tem aumentado, elevando o grau de competitividade em diferentes indústrias. Como um dos últimos paradigmas organizacionais, as organizações eficientes são capazes de responder a mudanças imprevistas e frequentes. A determinação da relação correta entre fornecedor e consumidor é importante para a prática ágil e também para a formação de empresas competitivas. Para uma companhia, ser eficiente é ser capaz de operar num ambiente competitivo de maneira a gerar lucros, mesmo que as oportunidades mudem continuamente, de modo imprevisível.

No intuito de gerar ganhos na competição empresarial as empresas tem utilizado cada vez mais as praticas do modelo de manufatura enxuta. O pioneirismo dessas práticas em empresas brasileiras data da década de 80, a partir da implantação de técnicas de produção e fornecimento *just-in-time* (JIT). Naquela época tais tentativas se restringiam à implementação de alguns elementos específicos como o sistema *kanban* para controle de estoques ou a formação de células de manufatura; sendo que, em muitos casos, os resultados alcançados foram modestos e/ou pontuais.

Um dos maiores desafios com que se depara a administração durante a implementação de técnicas de produção enxuta (*lean manufacturing*) é garantir que alterações reais no comportamento aconteçam em todos os níveis da organização. Mesmo a equipe gerencial mais bem-intencionada, leal e respeitada, se não alcançar a adoção entusiástica das mudanças, verá seu plano se reverter nas velhas e familiares rotinas. Sem um sólido programa de mudanças gerenciais perfeitamente entrelaçados com o projeto de manufatura enxuta, assim como uma forte liderança, o projeto estará condenado desde o seu início.

No presente momento, as práticas enxutas se expandem por outras áreas das organizações e por diferentes ramos de atividades, recebendo algumas denominações, tais como: pensamento enxuto (*lean thinking*), organização ou empresa enxuta (*lean organization* ou *lean enterprise*), administração enxuta (*lean office*), saúde enxuta (*lean healthcare*), construção civil enxuta (*lean construction*), etc. A presente pesquisa tem o seu foco no ambiente enxuto, buscando entender e, posteriormente, traçar sugestões para as práticas enxuta e seus impactos e benefícios ao meio ambiente.

1.2 Justificativa

A produção enxuta é um método que estabelece um processo de melhoria contínua, desenvolvendo uma cultura de eliminação dos desperdícios que envolvem trabalhadores de todos os níveis da organização. A Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA - U.S. Environmental Protection Agency) examinou a relação entre a produção enxuta e o meio ambiente e, visualizou oportunidades para reforçar mais ainda, o desempenho ambiental, através das iniciativas enxutas (EPA, 2011).

A EPA (2011) está trabalhando com parceiros, determinados setores industriais e agências governamentais, para documentar a produção enxuta e as histórias de sucesso ambiental e, para desenvolver e testar ferramentas/técnicas que poderiam auxiliar as organizações a maximizar os benefícios ambientais da aplicação da produção enxuta.

O Departamento de Ecologia de Washington (DEW, 2008) reconhece que significativos benefícios ambientais resultam da aplicação da produção enxuta, porque aspectos de produção que não agregam valor, muitas vezes se traduzem em mais energia e uso da água, e mais lixo e poluição. Quando as empresas levam em consideração os resíduos tóxicos e ambientais em suas atividades, ambos, produção enxuta e o ambiente têm uma melhoria em seu desempenho.

Segundo Convis (2010), para que o STP (Sistema de Produção Toyota) trabalhe de forma eficaz, ele necessita ser adotado por completo pela empresa e não parcialmente (fragmentado). Cada elemento do STP irá desenvolver-se por completo se estiver em um ambiente que fomenta e alimenta as filosofias e práticas gerenciais necessárias para apoiá-lo. Exemplificando, pode-se comparar com uma estufa, onde a combinação ideal de solo, luz, temperatura, umidade, água e nutrientes permite que plantas cresçam e floresçam. Se qualquer um desses elementos é removido, as plantas enfraquecem e acabam por morrer.

Do exposto, acredita-se que um estudo sobre os aspectos ambientais, os resíduos gerados, advindos de uma linha de produção trabalhando sobre os conceitos da produção enxuta, podem ser relevantes e dar uma importante contribuição para os programas de ambiente enxuto.

1.3 Definição Do Problema

Atualmente as comunidades acadêmicas e empresariais estão considerando importante a discussão e a busca da solução para os problemas ambientais, gerados nos diversos processos produtivos. Não obstante, a existência da norma ISO 14000, a qual tenta disciplinar a questão ambiental no aspecto mais geral, ainda apresenta carência de métodos e procedimentos mais específicos para tratamento deste problema.

Em função do exposto este trabalho vem se mostrar ferramentas e atividades de apoio para as empresa que relacionem conceitos de eficiência nos processos e aspectos ambientais. Desta forma duas questões podem ser formuladas, tais como:

- i) Quais os fatores relacionados ao sistema produtivo de eletroeletrônico que podem causar maior problema para o meio ambiente?
- ii) Como definir estratégias e/ou procedimentos para amenizar tais aspectos ambientais?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analisar aspectos ambientais em uma linha de produção de equipamentos eletrônicos, integrando conceitos da produção enxuta e ambiente enxuto.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Analisar pontos de sinergia existentes entre os conceitos da produção enxuta e ambiente enxuto.
- Estabelecer uma proposta de aplicação para o estudo de aspectos ambientais em uma linha de produção enxuta.
- Selecionar um sistema de produção de eletroeletrônico, com características enxutas em seus processos.
- Adaptar a proposta de aplicação num estudo de caso real de produção eletroeletrônica.
- Discutir e avaliar a proposta adaptada, com os resultados obtidos do estudo de caso identificando sua adaptabilidade em outras linhas de produção.

1.5 Metodologia De Pesquisa

Para a elaboração da dissertação e consecução dos objetivos foi planejado um cronograma de atividades, além de um desenvolvimento bibliográfico apresentando conceitos teóricos da produção enxuta e meio ambiente enxuto. Desta maneira foram determinados os fatores fundamentais, servindo como referencial na construção do modelo de integração proposto.

A classificação da pesquisa desenvolvida baseia-se nas proposições de Silva e Menezes (2005) e Jung (2009), que estabelecem quatro maneiras de classificação de uma pesquisa científica, como apresentado na Figura 1.1. Desta forma, classifica-se esta dissertação:

- a) Quanto à natureza:** Uma pesquisa pode classificar-se em básica ou aplicada. Neste sentido o trabalho desenvolvido corresponde a uma pesquisa aplicada, porque objetiva gerar conhecimentos conceituais da produção enxuta e ambiente enxuto. A partir desse ponto, entender e posteriormente traçar sugestões para as práticas enxutas e seus impactos ao meio ambiente no processo de produção de elétricos e eletrônicos.
- b) Quanto aos Objetivos:** Uma pesquisa pode ser classificada em exploratória, descritiva ou explicativa. Esta pesquisa tem características de uma pesquisa exploratória, porque envolve procedimentos de levantamento bibliográfico. Isto se faz necessário para o entendimento dos processos enxutos na produção de eletroeletrônicos, com o intuito de conhecer os impactos ao meio ambiente destes processos.

- c) Quanto à Forma de Abordagem do Problema:** Uma pesquisa pode ser classificada em quantitativa ou qualitativa. Esta pesquisa possui características de uma abordagem qualitativa, já que objetiva a identificação de conceitos-chaves a serem aplicados aos processos de produção de eletroeletrônicos. Visando, desta forma, descobrir quais são os resíduos que apresentam maior poluição ambiental e seus processos de reutilização, para assim, manter uma melhoria contínua no desempenho empresarial.
- d) Quanto aos Procedimentos:** Esta pesquisa compreende os procedimentos técnicos como: pesquisa bibliográfica realizada a partir da identificação do tema do trabalho, com a consulta de livros, jornais, anais de congressos, dissertações e teses defendidas, periódicos nacionais e internacionais, bases de dados da CAPES e de universidades e centros de pesquisa, localizados na world wide web (www), além de contatos mantidos com outros pesquisadores dentro e fora do Brasil. Ademais se realizara um estudo de caso real, buscando aplicar ferramentas enxutas na procura de melhoria contínua do processo produtivo, e assim, priorizar e avaliar os impactos dos resíduos que geram maior poluição ambiental.

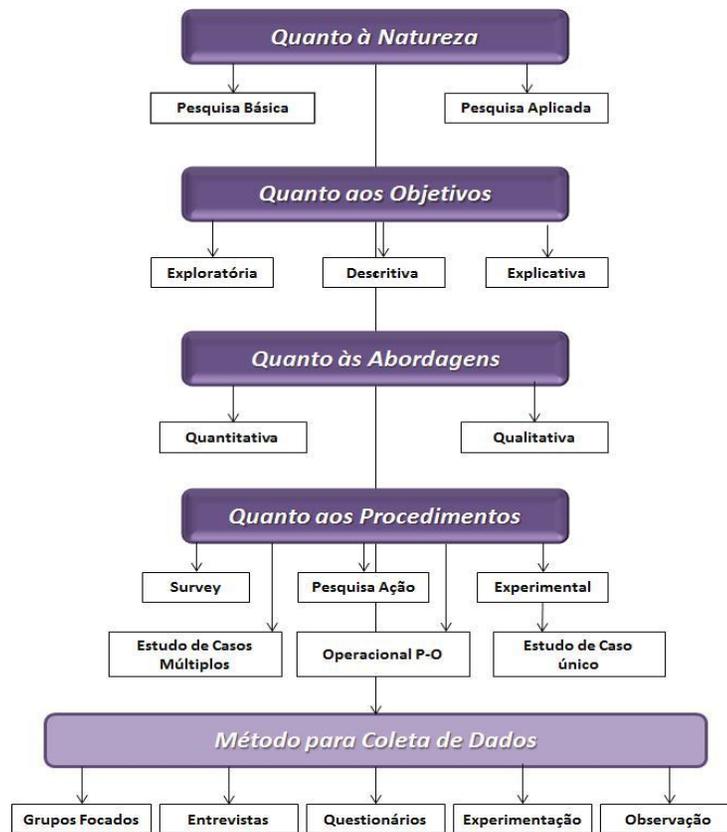


Figura 1.1 Classificação dos Tipos de Pesquisa
 Fonte: Adaptado de Jung (2009)

Esse trabalho está estruturado em seis capítulos. No **Capítulo 1**, introdução, apresenta a justificativa do trabalho, definição do problema, os objetivos e a metodologia da pesquisa.

No **Capítulo 2** apresenta-se uma revisão bibliográfica dos principais conceitos a serem tratados nesta pesquisa. Abordam-se conceitos de produção enxuta, ambiente enxuto e indústria eletrônica.

No **Capítulo 3** apresenta-se o relacionamento existente entre os conceitos de produção enxuta e ambiente, fazendo uma análise de benefícios ou vantagens obtidas a partir de implantação dos conceitos enxutos ao ambiente.

No **Capítulo 4** apresenta-se a proposta de aplicação para a realização do estudo, onde podem encontrar-se as fases que compõem a proposta e ferramentas ou atividades que ajudem na análise de informações.

No **Capítulo 5** é mostrado um estudo de caso real, onde é aplicada a proposta do capítulo anterior, visando obter a análise das informações coletadas e gerar um diagnóstico das oportunidades de melhorias identificadas. A empresa do estudo de caso real, é produtora de equipamentos eletrônicos e dentro de seus processos implanta conceitos enxutos.

No **Capítulo 6** apresentam-se as conclusões da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2 .

Revisão Bibliográfica

2.1 Contexto

Neste capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica dos conceitos estudados nesta pesquisa. Encontra-se no primeiro momento informações sobre a produção enxuta, seus princípios, objetivos e ferramentas, assim, gerar conceitos que apoiem o desenvolvimento deste trabalho. Posteriormente é estudado o conceito de ambiente enxuto, visando adquirir conhecimentos em relação aos aspectos que o compõem, como o sistema de gestão ambiental e aspectos da normatividade ambiental (ISSO 14000). Por último são estudadas de forma geral as indústrias de equipamentos eletrônicos, visando conhecer as classificações dos produtos, os resíduos gerados e os possíveis problemas que apresentam na sua interação com o ambiente.

Produção enxuta na sua forma mais básica é a eliminação sistemática dos resíduos de todos os aspectos das operações de uma organização, onde os resíduos são considerados como uso ou perda de recursos que não conduz diretamente para a criação do produto. Através da sua abordagem sistemática sobre a eliminação de atividades não relacionadas ao valor adicionado, a produção enxuta melhora substancialmente o desempenho ambiental das organizações (CONVIS, 2010).

No dia a dia, itens de uso comum como carros, eletrodomésticos, produtos descartáveis, entre outros, tornam a nossa vida mais segura, fácil e confortável. Conforme estes bens são descartados, são gerados resíduos e poluição. Os resíduos são descartados e quando ele é liberado para o meio ambiente, torna-se poluição. Uma vez que a poluição é gerada, mesmo que seja descartado adequadamente, resíduo ou poluição pode migrar para meios ambientais do planeta, incluindo solo, água e ar (EPA, 1997).

No mundo a indústria de equipamentos elétricos e eletrônicos é o setor produtivo de mais crescimento. A vantagem competitiva encontra-se na inovação, como resultado do crescimento de novidades que surgem no dia a dia. Em razão disso, o ciclo de vida dos seus produtos é ainda

menor que nos outros setores. Com diversidade de produtos e preços cada vez mais acessíveis, os consumidores se desfazem dos equipamentos visando atender às suas novas necessidades, que se encontram nos bens de vanguarda. Desse modo, quantidades crescentes de resíduos destes produtos, requerem a correta destinação, comprometendo o uso dos aterros sanitários, tratamentos e reciclagem.

2.2 Produção Enxuta

Define-se Produção Enxuta (*lean manufacturing* em Inglês) como o conjunto de técnicas ou ferramentas, desenvolvido pela empresa Toyota desde 1950, para melhorar e aperfeiçoar processos de negócios em uma empresa. Na sua forma mais básica a manufatura enxuta é a eliminação sistemática de todos os resíduos de uma organização que não agregam valor ao produto, serviço e do próprio processo, aumentando o valor de cada atividade realizada e eliminando o que não é necessário. Manufatura enxuta é considerada como aplicável à maioria dos processos de produção, mas deve ser implementada na cadeia de suprimentos ou fluxo de valor para conseguir obter realmente vantagens, trazendo benefícios como melhora da produtividade, maior valor agregado aos produtos, redução de desperdícios e maior satisfação dos clientes. (LIKER, 2005; LIAO, 2005; WOMACK, JONES, 2004; ANTUNES et al., 2008; SANTOS et al., 2009; PINGNAN, WEIMAO, 2009).

2.2.1 Historia

Após a I Guerra Mundial, as habilidades de produção e gestão surgiram em grande escala. Ainda assim, o fator de maior relevância foi à utilização da linha de montagem para a produção de automóveis pela Ford. Integrada com o pensamento da administração científica de Taylor¹, Ford conseguiu realizar a produção em massa. A tecnologia e mudança de ambiente de mercado fez a demanda exceder a oferta, problema que precisava ser resolvido urgentemente; contraditoriamente se tornou a fonte de impulso para o desenvolvimento da produção. A tecnologia e mudança de ambiente de mercado fez a demanda exceder a oferta, problema que

¹ **Administração científica de Taylor:** Caracteriza-se pela ênfase nas tarefas, objetivando o aumento da eficiência ao nível operacional. Estudos de movimento e tempo nas fábricas que se tornaram as regras básicas para o emprego e controle do trabalho de operários não habilitados nas linhas de produção "em massa".

precisava ser resolvido urgentemente; contraditoriamente se tornou a fonte de impulso para o desenvolvimento da produção. Especialmente quando Ford cria a linha de montagem combinada com Estrutura Sloan² de organização funcional, esta integração, sem dúvida, cumpriu a produção em massa, que em grande parte influencia o processo de transição e padrão da economia mundial industrial, no século passado. (PINGNAN, WEIMAO, 2009)

A produção em massa utilizada pela Ford foi apropriada para reduzir os custos e aumentar o volume da produção, embora, a pressão dos clientes para resolver o compromisso entre eficiência e variedade dos produtos, fez com que se levara em conta uma nova ordem com relação à manufatura. Os clientes ou consumidores demandavam uma maior variedade de produtos e continuam exigindo cada vez mais qualidade.

Durante a primeira metade do século XX, a produção em massa foi o padrão a ser seguido pelos fabricantes, mas isso exigia enormes armazéns para grandes estoques de matérias primas, componentes e produtos terminados, isto reduzia o efeito das interrupções no sistema de produção. Estas interrupções aconteceram devido a sistemas logísticos inadequados, gerando: entregas atrasadas dos fornecedores, materiais e produtos de baixa qualidade e a ineficiência do próprio processo de produção.

Depois da Segunda Guerra Mundial as empresas japonesas de manufatura se depararam com a escassez de recursos materiais, financeiros e humanos (OHNO, 1997). Nos anos sessenta e setenta, começou-se a encontrar estudos que enfatizaram a importância do papel da manufatura como uma arma competitiva (SKINNER, 1969). Um exemplo disto é o sistema de produção Toyota (SPT), desenvolvido a partir da necessidade de produzir pequenos lotes de diversos produtos. O principal objetivo do sistema é uma melhoria ao redor da economia de operações de produção, eliminando resíduos de todas as formas, incluindo inventário, a fim de tornar a produção mais econômica. (MATZKA et al. 2009). Este sistema possui uma série de princípios, que foram tomados por Womack et al. (1990) como base para a criação do sistema de produção enxuta.

² **Estrutura Sloan:** Mudança dos métodos de produção, a estrutura organizacional, o marketing, as vendas, a distribuição, o financiamento e a propaganda, usados nas indústrias automobilísticas americanas.

A manufatura Enxuta desafia as práticas de produção, revisa e assiste os conceitos de produção e qualidade na cadeia de suprimentos, representa um aperfeiçoamento da mistura das vantagens da produção artesanal com a produção em massa e evita a rigidez e altos custos das mesmas. Segundo os pesquisadores Womack, Jones e Roos em sua publicação original de 1990 “The machine that change the Word” (A maquina que mudou o mundo) a indústria automotiva japonesa mostra ao mundo sua superioridade em fabricação (WOMACK et al., 2004). Este sistema baseia-se no trabalho contínuo para reduzir os resíduos gerados durante o processo de produção e é uma das referências mais citadas na literatura sobre as operações e gestão.

No Quadro 2.1 é mostrada uma comparação realizada por Womack et al. (1990) entre a produção em massa utilizada pela Ford e a produção enxuta utilizada pela Toyota.

Quadro 2.1 Comparação Produção em Massa e Produção Enxuta

Comparação de Sistemas de Produção		
	Produção em Massa	Produção Enxuta
Base	Henry Ford	Toyota
Pessoas-Desenho	Estritamente Profissionais Qualificados	Equipes Multiqualificados em todos os níveis na organização.
Pessoas-Produção	Não Qualificados ou semi qualificados.	Equipes Multiqualificados em todos os níveis na organização.
Equipamento	Maquinas de único proposito.	Sistemas Manuais e automatizados que podem produzir grandes volumes com grande variedade de produtos.
Métodos de Produção	Fazer Grandes Volumes de Produtos padronizados.	Fabricar produtos que o cliente tenha solicitado.
Filosofia Organizacional	Hierárquica - Gestão assume a responsabilidade.	Fluxos de valor com níveis adequados de capacitação - empurrando a responsabilidade mais para baixo na organização.
Filosofia	Erros são parte natural do processo produtivo e devem ser inspecionados antes do embarque.	Erros são oportunidades de para entender e aperfeiçoar o processo de produção.

Fonte: Adaptado de Womack et al. (1990)

Segundo Womack, et al. (1992), a produção é considerada enxuta quando utiliza menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa:

1. Metade do esforço dos operários da fábrica;
2. Metade do espaço para fabricação;
3. Metade do investimento em ferramentas;
4. Metade de horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo;
5. Menos da metade dos estoques no local de fabricação.

2.1.2 Definição e Estrutura

Define-se produção enxuta como o conjunto de técnicas ou ferramentas, propostas por Womack et al. (1990), baseado no sistema de produção Toyota (SPT), o qual se baseia na busca constante da eliminação sistemática dos desperdícios em todos os aspectos das operações de uma organização. Os desperdícios são considerados como uso ou perda de recursos que não conduzem diretamente para a criação de valor (produto ou serviço), na visão do cliente. Mesmo a manufatura enxuta sendo considerada como aplicável à maioria dos processos de produção, deve-se implantar na cadeia de suprimentos ou fluxo de valor para conseguir obter realmente vantagens. Trazendo benefícios como melhora da produtividade, maior valor agregado aos produtos, redução de desperdícios e maior satisfação dos clientes. (LIKER, 2005; LIAO, 2005; WOMACK, JONES, 2004; MELTON, 2005; ANTUNES et al., 2008; SANTOS et al., 2009; PINGNAN, WEIMAO, 2009).

A manufatura enxuta surge a partir da necessidade de produzir pequenos lotes de diversos produtos. Segundo Melton (2005), os benefícios da produção enxuta são observados na sua maioria nas indústrias de processos, estes benefícios são mostrados na Figura 2.1.

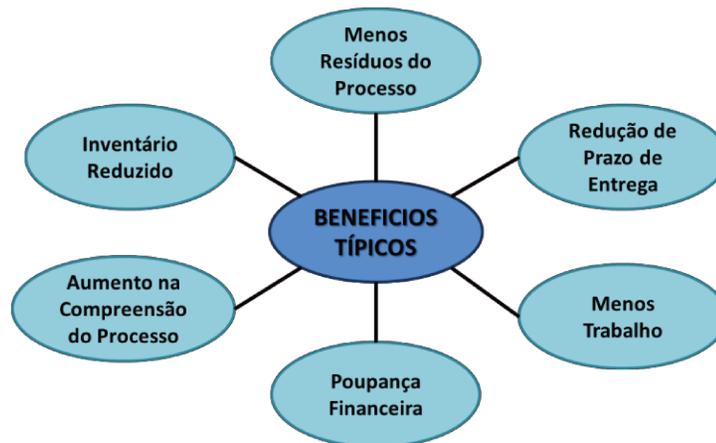


Figura 2.1 Benefícios da Produção Enxuta
 Fonte: Adap. Melton (2005)

Embora, em alguns casos a mudança não parece ser tão convincente e simples quanto parece ser. A Figura 2.2 mostra um diagrama de campos de força de apoio e resistência do pensamento enxuto dentro do setor de fabricação das indústrias de processos. Entende-se que somente quando as forças de apoio específicas para uma organização são maiores do que as forças opostas é que a mudança irá ocorrer. A sustentabilidade exige então apoiar as forças para continuar reduzindo e eliminando a oposição (MELTON, 2005).

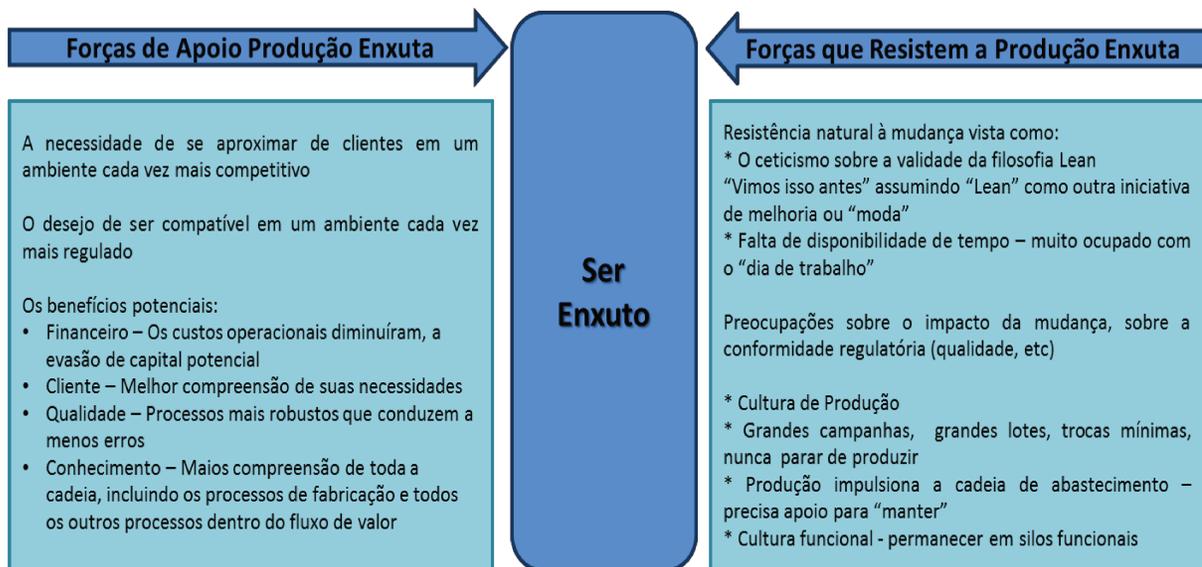


Figura 2.2 Forças opostas e de apoio para uma mudança enxuta
 Fonte: Adap. Melton (2005)

No livro “A mentalidade enxuta nas empresas”, Womack e Jones (1998) afirmam que a aplicação do pensamento enxuto traz melhores resultados dentro da organização. No Quadro 2.2 mostra-se um compromisso de cinco anos dividido em quatro fases, com o qual se busca atingir o pensamento enxuto da estrutura do Sistema Toyota de Produção, bem como sugestões e prazos necessários à implementação das fases principais para o sistema de produção enxuta. (CALADO, 2011)

Quadro 2.2 Prazo para o salto para o pensamento enxuto

Fase	Etapas Específicas	Prazo
Inicie o Processo	Encontre um agente de mudança	Seis Meses
	Conheça as técnicas do pensamento enxuto	
	Encontre uma alavancagem	
	Mapie as Cadeias de Valor	
	Inicie o Kaizen do Fluxo	
	Expanda seu Escopo	
Crie uma nova Organização	Reorganize-se por família de Produtos	Seis Meses até dois anos
	Crie uma Função Enxuta	
	Desenvolva uma política para o excesso de pessoal	
	Desenvolva uma estratégia de crescimento	
	Elimine os Obstáculos	
	Instale a mentalidade da Perfeição	
Instale sistemas de negócios	Introduza a Contabilidade Enxuta	Anos três até quatro anos
	Implemente a transparência	
	Inicie o desdobramento da política	
	Introduza o Aprendizado do pensamento Enxuto	
	Encontre Ferramentas do tamanho Certo	
Termine a Transformação	Aplique essas etapas a seus fornecedores/clientes	Final de Cinco anos
	Desenvolva uma estratégia global	
	Transição da melhoria de cima para baixo para melhoria de baixo para cima	

Fonte: WOMACK, JONES (1998)

2.1.3 Abordagem Enxuta

Na manufatura enxuta é aplicado o sistema de produção puxada, que normalmente é utilizado para coordenar as fases de produção baseado na demanda, ou seja, produzir unicamente a quantidade requerida pelo cliente. A produção funciona de forma em que os materiais sejam movidos somente quando a próxima etapa o requeira, geralmente esta movimentação se da em pequenos lotes com lead times baixos, apoiando o gerenciamento do fluxo de valor da cadeia produtiva. Enquanto o sistema puxado procura mapear a cadeia em busca da perfeição, tentando atuar e planejar preventivamente, nos sistemas tradicionais de produção empurrada os materiais são movidos para a etapa seguinte só depois de ser processados, com lead times longos e lotes grandes. O gerenciamento deste sistema é levado a atuar de maneira corretiva. (SLACK *et al.*, 2009, MATZKA *et al.* 2009, CALADO, 2011)

Womack e Jones (1998) apresentam cinco princípios básicos da produção enxuta, com o intuito de tornar as empresas mais flexíveis e capazes de responder efetivamente às necessidades dos clientes, estes princípios são:

- *Determinar* o que agrega e o que no agrega *valor* segundo a perspectiva dos clientes finais, e não sobre as perspectivas da empresa.
- *Identificar* de acordo com a *Cadeia de valor* todas as atividades necessárias para projetar, pedir, organizar e oferecer um produto específico, desde o momento do lançamento do pedido até a entrega nas mãos do cliente.
- *Criar fluxo* de valor, realizando tarefas progressivas ao longo da cadeia de valor para que o produto passe sem interrupções, desvios, esperas ou refugos.
- *Produzir no Sistema pull*, ou seja, deixar que o cliente puxe o valor do produtor, fazendo no momento certo e assim minimizando os desperdícios.
- *Buscar a perfeição* eliminando qualquer atividade que consume recursos, mas não agrega valor, através da interação dos quatro princípios anteriores em um processo contínuo de eliminação e redução de perdas.

Complementando os princípios da produção enxuta dados por Womack e Jones (1998), segundo LIKER (2005), são 14 os princípios do modelo Toyota, que foram divididos em 4 categorias para facilitar sua compreensão e são mostradas na Figura 2.3, os princípios se mostram a seguir:

1. Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
2. Criar o fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
3. Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.
4. Nivelar a carga de trabalho (Heijunka).
5. Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa.
6. Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários.
7. Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
8. Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e processos.
9. Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros.
10. Desenvolver pessoas e equipes excepcionais e que sigam a filosofia da empresa.
11. Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
12. Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (Gemba).
13. Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as ações; programa-las com rapidez.
14. Tornar-se de uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável (hansei) e da melhoria contínua (kaizen).



Figura 2.3 As quatro categorias do Modelo enxuto Segundo Liker (2005)

Shingo (1996) sustenta que o sistema de manufatura enxuta é um sistema que se baseia na eliminação contínua e sistemática de desperdícios nos processos produtivos. Além disso, adiciona o conceito que a eliminação total do desperdício é o foco principal do sistema. Nesse sentido, a Toyota identificou sete tipos de perdas que não agregam valor aos processos administrativos ou de produção (SHINGO, 1996; WOMACK, JONES, 1996). Há um oitavo tipo de perda, incluído por Liker (2005):

1. **Sobre produção:** Produção excessiva ou de itens para os quais não existe demanda, resultando em uma perda com excesso de pessoal, de estoque, fluxo de peças, custos de transporte e excesso de inventário.
2. **Espera:** Períodos longos de ociosidade de pessoas, peças e informação, lead times longos.
3. **Transporte:** Movimento de peças e/ou materiais em processo desnecessários. Para que um processo produtivo se torne eficiente é necessário garantir um fluxo de materiais e que estes estejam dispostos próximos aos postos de trabalho.
4. **Processos Inadequados:** Passos desnecessária para processar as peças, por exemplo, a utilização do jogo errado de ferramentas.
5. **Inventário Desnecessário:** Excesso de estoque de matéria-prima, de peças em processo e produtos acabados, resultando em custos excessivos, baixa desempenho do serviço

prestado ao cliente, lead time longos, produtos danificados, custos de transporte e armazenagem.

6. **Movimentação Desnecessária:** Qualquer movimento inútil que os funcionários da organização têm que fazer durante o processo de trabalho.
7. **Produtos Defeituosos:** Produção de peças defeituosas, problemas de qualidade de produto, ou baixa desempenho de entrega, resultam em perdas de manuseio, tempo e esforço.
8. **Desperdício da criatividade dos funcionários.** Perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir seus funcionários.

Dentro do contexto de perdas no processo de manufatura enxuta, Hines e Taylor (2000) definem três diferentes tipos de atividades presentes nos processos produtivos:

- I. **Atividades que agregam valor:** são atividades que aumentam e/ou transformam matéria-prima e informações em produtos e/ou serviços sob a perspectiva do cliente.
- II. **Atividades que não agregam valor:** são atividades que, não acrescentam valor (produto ou serviço) aos olhos do consumidor final e que são desnecessárias em qualquer circunstância. Estas atividades são claramente desperdícios e devem ser eliminadas a curto e médio prazo.
- III. **Atividades necessárias, mas que não agregam valor:** são atividades que, não agregam valor (produto ou serviço) aos olhos do consumidor final, mas que são necessárias. São desperdícios difíceis de serem eliminados em curto prazo, e que, portanto, necessitam de um tratamento em longo prazo, a menos que sejam submetidos a um processo de transformação radical.

Encontra-se dentro dos objetivos da produção enxuta o desenvolvimento de uma filosofia de melhoria contínua que permita às organizações eliminar o desperdício em todas as áreas, reduzir custos, melhorar processos, aumentar a satisfação do cliente. A implementação da produção enxuta fornece às empresas ferramentas para sobreviver em um mercado global competitivo, que exige alta qualidade, entrega rápida por um preço menor e a quantidade necessária. Liker (2005) fala sobre a dificuldade que apresentava para a Toyota, a tarefa de

ensinar para outras plantas e fornecedores a aplicação de melhorias internas do sistema, à medida que estas melhorias amadureciam. Devido a estas dificuldades em difundir as práticas enxutas, Fujio Cho, discípulo de Taishi Ohno desenvolveu uma forma simples de apresentar o Modelo Toyota, representada na Figura 2.4.

Foi escolhida uma casa como forma de representação do modelo, por motivo de apresentar em sua composição, elementos que são importantes por si só e o modo em que eles se complementam. O telhado representa as metas que busca o modelo Toyota como a melhor qualidade, menos custo e menor lead time. Suas duas colunas externas, representando o JIT, e a autonomia, que se entende como a atividade de nunca deixar avançar um defeito (produto ou serviço) para a próxima estação. No centro da casa ou sistema, encontra-se a principal ferramenta do sistema Toyota, as pessoas. Na base encontra-se a estabilidade, representada pela produção nivelada, processos estáveis, gerenciamento e trabalho dentro da filosofia ou mentalidade do modelo Toyota. Com o passar do tempo foram desenvolvidas diversas versões ou representações para este modelo estrutural nas indústrias modernas, embora, os princípios fundamentais continuem sendo os mesmos.

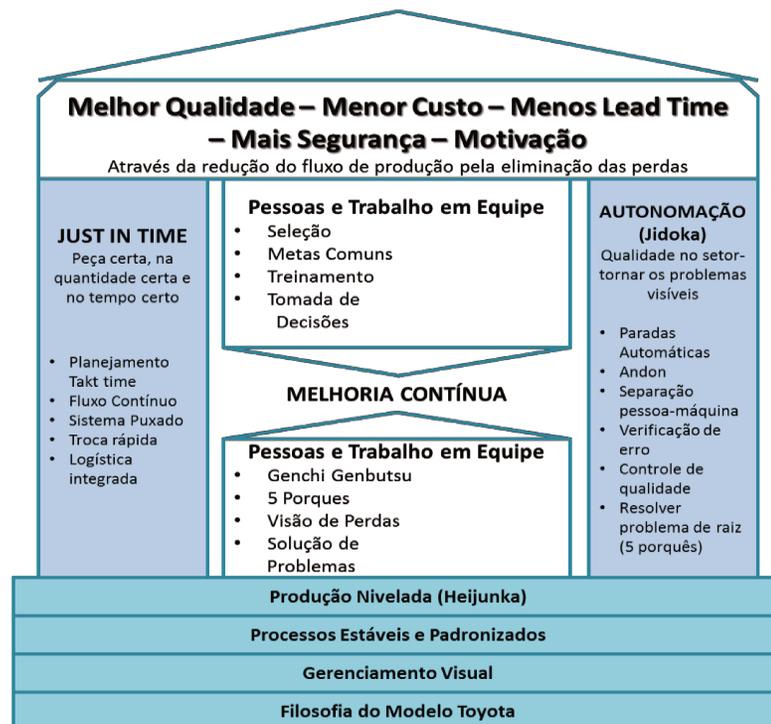


Figura 2.4 Modelo Toyota e suas Ferramentas
Fonte: Liker (2005)

As ferramentas utilizadas na produção enxuta, podem variar de acordo aos diferentes autores, para fins deste estudo mostraram-se algumas das principais ferramentas. (MONDEN, 1984; OHNO, 1997; CARVALHO, 2011, SHINGO, 1996)

- **5'S**

Estratégia composta de atividades que contribuem e orientam na busca de assegurar a limpeza e organização dos locais de trabalho, começando pela eliminação do desperdício. Eventualmente é um pré-requisito fundamental da produção enxuta, trazendo benefícios na segurança, maior garantia de qualidade, tempo de resposta curto, aumento da vida útil, diminuição de produtos defeituosos, gerando assim uma cultura organizacional dentro das empresas (CAMPOS, 1992; BOYER,2003; CHET MACHWINSKI, 2007; KOCAKÜLÂK et al., 2008).

O objetivo principal da implantação da metodologia 5S é o aperfeiçoamento do comportamento das pessoas, envolvendo uma mudança de hábitos e atitudes, visando à melhora da qualidade de vida dos indivíduos. A sua metodologia baseia-se em cinco passos fundamentais que justificam as 5 palavras japonesas começadas por “S”, sua tradução ao português se mostra a seguir:

1. **Seiri:** Seleção ou classificação da desordem dos itens que são necessários dentro da área de trabalho. Nesta etapa torna-se necessário que a equipe remova todos os itens que não pertencem à linha produtiva, deixando apenas, aqueles que são utilizados no processo.
2. **Seiton:** Organizar os itens classificados como necessários de forma que possam ser encontrados facilmente, usando princípios de ergonomia, garantindo que cada item tem um lugar e que tudo está em seu lugar. Esta atividade permite ao trabalhador facilidade de acesso a materiais.
3. **Seiso:** Limpeza do local de trabalho. Consiste na remoção de pó dos diferentes locais de trabalho, incluindo o design de aplicação para evitar ou reduzir sujeira tornando ambientes mais seguros. Esta atividade traz benefícios na redução de riscos potenciais de acidentes, melhora o bem-estar do trabalhador, aumenta a vida útil dos equipamentos e facilita a identificação de danos aos equipamentos.
4. **Seiketsu:** Saúde, estado atingido com a prática dos 3S anteriores, acrescido de providências rotineiras e habituais em termos de higiene, segurança no trabalho e saúde pessoal. Esta atividade busca ensinar ao trabalhador a desenvolver regras de como devem

ser mantidos os equipamentos e áreas de trabalho. Assim, obter lucros, melhoras do bem-estar dos empregados, melhora do ambiente de trabalho, áreas comuns e segurança no trabalho.

5. **Shitsuke:** Disciplina, garantindo que a empresa continue a melhorar continuamente sendo as etapas anteriores do 5S. Deverão ser feitas auditoria periodicamente e deverá ser “cultivado” o gosto e orgulho do operador pelo seu local de trabalho organizado. Esta atividade envolve um respeito às normas e padrões definidos para a conservação do local, onde são desenvolvidas as atividades do processo.

- **KANBAN**

Palavra japonesa, que significa cartão ou sinal. Este sistema de sinalização define o momento em que a empresa vai produzir o que o cliente demandar. Segundo Shingo (1996) e Smalley (2005), a função principal do *Kanban* é evitar a produção em excesso uma vez que só existe o abastecimento, quando seja necessário produzir. O *Kanban* tem como objetivo controlar e balancear a produção, eliminar perdas, permitir a reposição de estoques baseado na demanda e constituir-se num método simples de controlar visualmente os processos. Além disso, Smalley (2005) afirma que o *Kanban* funciona como uma ferramenta visual a qual permite mostrar se os materiais e as informações estão fluindo de acordo com o planejado ou se estão ocorrendo anormalidades. O sistema deve estar ligado às práticas de melhoria contínua, pois cada *Kanban* representa um estoque no fluxo de valor e, ao longo do tempo, deve-se buscar a redução planejada o que representará a redução de estoque (SMALLEY, 2005; GHINATO, 2000, SHINGO, 1996; RUNKLER, 2011; KOCAKÜLÂK et al., 2008).

- **JUST IN TIME – Justo a Tempo**

Ferramenta ou método de planejamento e controle das operações, que visa atender a demanda de forma imediata e com qualidade. Segundo Shingo (1996) o JIT, é o fornecimento dos itens necessários, na quantidade necessária e no momento necessário. O objetivo principal é a eliminação de estoques e perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. A viabilização no uso da ferramenta JIT, vai depender de vários fatores como: lotes pequenos de produção, tempos baixos de setup, nivelamento de produção, fluxo unitário de peças, baixa variabilidade de

produção. A implantação da ferramenta implicará uma significativa redução de custo. Segundo Monden (1984) se o JIT é realizado em toda a empresa, inventários desnecessários na fábrica são completamente eliminados, assim, o custo de manter o estoque é reduzido e a rotatividade do capital de giro aumenta. (SLACK *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2009; ANTUNES *et al.*, 2008; KRAJEWSKI *et al.*, 2009; MONDEN, 1984, SHINGO, 1996; KOCAKÜLÂK *et al.*, 2008).

- **HEIJUNKA – Nivelamento da Produção**

Método que realiza programações estritamente periódicas. É a criação de uma programação nivelada por meio do sequenciamento de pedidos em um padrão repetitivo e do nivelamento das variações diárias de todos os pedidos para corresponder à demanda em longo prazo. Segundo Coleman, Vaghefi (1994), os benefícios do nivelamento da produção encontram-se na importância do nivelamento para igualar as cargas de trabalho entre os trabalhadores, a redução da capacidade produtiva requerida e redução de tempos de entrega para os clientes. Para Dennis (2002) o *Heijunka* apoia em trabalhos Kaizen realizados na empresa e o objetivo é produzir ao mesmo tempo o ritmo cada dia de forma que se minimizam as cargas de trabalho. (COLEMAN, VAGHEFI, 1994; RUNKLER, 2011; GHINATO, 2000; DENNIS, 2002; KOCAKÜLÂK *et al.*, 2008)

- **JIDOKA - Automação**

Ferramenta que consiste em facultar ao operador ou à máquina na autonomia de parar o processamento, sempre que for detectada qualquer anormalidade no processamento. A ideia principal do *Jidoka* é impedir a geração e propagação de defeitos, além de eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Funciona de forma em que quando a máquina interrompe o processamento, ou o operador para a linha de produção, imediatamente o problema toma-se visível. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paradas da linha (GUINATO, 1995). O *Jidoka* permite um maior controle de qualidade do produto, devido a rápida identificação do problema. Dessa forma evita-se o retrabalho ao final do processo, aumenta a credibilidade junto ao cliente final que acaba confiando na entrega de

produtos com qualidade. A autonomia da máquina é obtida através da utilização de dispositivos de detecção de anormalidades ou *Poka-Yokes*. Estes dispositivos liberam ao operador da responsabilidade de supervisionar o processamento, eliminando, dessa forma, a perda por espera do trabalhador. Shingo (1996) prefere o termo de “pre-automação”, pois, define a máquina com capacidade de parar automaticamente quando a quantidade requerida foi atingida ou quando algo anormal acontece no processamento da empresa (GUINATO, 1995; SHINGO, 1996; SHINGO, 1988; OHNO, 1997; MONDEN, 1984).

- **POKA YOKE – Prova de Erros**

O *PokaYoke* é um termo japonês que vem dos termos Poka (Erros Involuntários) e Yoke (Prevenção). Este mecanismo ajuda na prevenção de erros antes que eles aconteçam, ou, torna mais evidente o problema para que o trabalhador consiga corrigi-los a tempo. A aplicação do mecanismo pode apresentar-se em duas formas:

- *Método de controle*, que acontece quando o mecanismo é ativado e a linha é parada de forma que o problema possa ser corrigida;
- *Método de advertência* acontece quando o mecanismo é ativado, um alarme soa, ou uma luz sinaliza, visando alertar o trabalhador na ocorrência do problema.

É importante para o bom cumprimento da ferramenta que sejam inspecionadas o 100% das peças, isto permite que não seja continuado o processo, quando é identificado um erro. (KOSAKA, 2006; SHINGO, 1996; GHINATO, 1995; MONDEN, 1984; MIRALLES, 2011).

- **Trabalho Padronizado**

Um fator importante na produção enxuta é a padronização das tarefas na linha de produção, como fator fundamental para garantir um fluxo contínuo. A ferramenta de trabalho padronizado é utilizada para manter a estabilidade nos processos, garantindo que as atividades sejam realizadas sempre em sequencia, num determinado tempo e com a menor quantidade de desperdícios. As atividades de padronização devem representar a forma mais fácil e eficiente em que o trabalhador possa executar as tarefas, em busca de aumentar a produtividade e diminuir a movimentação. Os padrões servem para preservar o conhecimento desenvolvido pelos

funcionários através dos anos, servindo de base para a medição de desempenho e treinamento (NISHIDA, 2007; FERREIRA et al, 2002; GHINATO, 2000; SPEAR, BOWEN, 1999)

Segundo Monden (1998) as operações padronizadas devem cumprir três objetivos principais:

1. A obtenção da alta produtividade através do trabalho dos operários sem qualquer movimento perdido;
2. Obter o balanceamento de linha entre todos os processos em termos de tempo da produção. Aqui é utilizado o conceito de takt time; e,
3. Somente uma quantidade mínima de material em processo deve ser manipulada pelos trabalhadores.

- **KAIZEN – Melhora Continua**

Kaizen vem da palavra japonesa que traduz esforço contínuo em busca de perfeição. Esta ferramenta da produção enxuta consiste na melhoria continua em todos os níveis da organização com vistas à total eliminação de desperdícios. A melhoria contínua é outra ferramenta fundamental na produção enxuta, que aborda uma melhoria ordenada e sistemática. As melhorias nas configurações de fabricação podem ocorrer de várias formas, tais como redução de estoques e redução de peças defeituosas. Para o bom funcionamento do *Kaizen* deve existir um ambiente organizacional propício, onde exista um direcionamento estratégico da gestão do processo de melhoria, uma cultura organizacional coerente ao conceito de melhoria, comprometimento da alta gerencia, e estabelecimentos de objetivos claros. É importante para as atividades de Kaizen que os padrões definidos para a melhoria continua não sejam perdidos facilmente, pelo contrario que sejam incrementados nas práticas operacionais (HINES et al., 2004; KOCAKÜLÂK et al., 2008; OHNO, 1997; BESSANT et al., 1994; IMAI; 1994).

- **Manufatura Celular – MC**

A ferramenta de manufatura celular é definida por Hyer e Brown (1999) como um ambiente de produção discreto, que emprega equipamentos e matérias para a execução completa das partes ou famílias de produtos com características semelhantes. Em outras palavras, consiste

na configuração do chão de fábrica do ponto de vista da disposição física, em um conjunto de postos de trabalho que processam famílias definidas de produtos, por meio de operações diferentes e sequenciais, visando assim, permitir um fluxo contínuo no processo. Para reforçar o conceito os autores Hyer e Brown, enfatizam que na manufatura celular deve existir uma conexão em termos de tempo, espaço e informação. O tempo consiste na minimização de tempos de espera entre as atividades dentro da célula. O espaço significa a proximidade física que apresentam as atividades, bem como, mostrar o padrão do fluxo que permite que os trabalhadores, estejam próximo uns dos outros para transferir peças rapidamente. A informação por sua vez, relaciona as informações necessárias para que as atividades da célula estejam disponíveis aos trabalhadores, além de apresentar fácil acessibilidade. O objetivo principal da manufatura celular é criar um fluxo de lotes pequenos ou em alguns casos fabricar peça a peça, isto permite ganhos em tempos de entrega e reduz o tempo do processo. Alguns dos benefícios da ferramenta são: Inventários reduzidos, redução de transporte e manuseio de materiais, melhor utilização do espaço, redução do *lead time*, maior produtividade, entre outros (HYER, BROWN, 1999; ROTHER, HARRIS, 2002; CHET MACHWINSKI, 2007; BOUZON, 2006).

- **Value Stream Mapping (VSM) – Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)**

Utilizado para mapear as atividades envolvidas nos fluxos de materiais e informação, necessárias para responder à procura, desde o pedido do cliente até a entrega final do produto. Para Rother e Shook (1998) o MFV não basta só conhecer o processo, é necessário entender como as atividades inclusas no processo de relaciona e como é o desenvolvimento do sistema para atingir a demanda do cliente. Esta ferramenta permite a localização dos desperdícios no processo, pois, mostra a realidade do fluxo. A primeira atividade para aplicar o mapeamento de fluxo de valor é escolher uma família de produtos para analisar. Logo é necessário coletar os dados do fluxo, visando identificar os pontos fracos da linha e as oportunidades de melhoria, que se utilizara na criação do estado atual do processo. Após de analisar as informações se realiza um desenho futuro, onde, devem mostrar-se as atividades para melhorar o processo. Por último se cria um plano de trabalho para aplicar as mudanças e assi, obter resultados. A importância da aplicação da ferramenta está na possibilidade de enxergar o fluxo, auxiliar na identificação dos desperdícios, a visibilidade do processo, possibilita a toma de decisões (ROTHER, SHOOK, 1998; CHET MACHWINSKI, 2007; KRAJEWSKI et al., 2009; SLACK et al., 2009).

- **Manutenção Produtiva Total (MPT) – Total Productive Maintenance (TPM)**

A manutenção produtiva total está diretamente relacionada com a dependência da produção, em máquinas dispendiosas e com muitas horas de trabalhos diárias. Sugere que os próprios operários sejam responsáveis por parte da manutenção das máquinas que operam, obtendo assim, a redução da possibilidade do fluxo ser interrompido. O objetivo principal da manutenção produtiva total é garantir que todas as máquinas funcionem corretamente sem interromper a produção, trabalhando na redução de seis tipos de perdas nas máquinas. Perdas de velocidade, sucata, retrabalho, avarias, tempos de mudança de formato e pequenas paragens. A *TPM* está composta por cinco pilares, os quais são: Manutenção autônoma, melhoria de processos de manutenção, melhoria sistemática dos equipamentos, desenvolvimento de treinamentos e habilidades e gerenciamento do ciclo de vida dos equipamentos, manutenção preventiva. Existem métodos de manutenção como: (CHETMACHWINSKI, 2007; SOUZA, 2009; DIAZ, ADARLAN, 2009).

- *Manutenção Preventiva*: Encargada de antecipar e prevenir possíveis falhas nas máquinas, realizando inspeções periódicas e pequenos reparos. O trabalhador deve realizar a manutenção da máquina regularmente, e assim, detectar anomalias que possam ocorrer.
- *Manutenção Corretiva*: É a manutenção que é aplicada quando um item ou máquina falha. Está, é aplicada em todos os itens em que as consequências de falha ou desgaste não são significativas e consiste na reparação ou substituição de máquinas.

O Quadro 2.3 mostra de forma breve as principais ferramentas inclusas no conceito de produção enxuta e suas vantagens principais.

Quadro 2.3 Ferramentas e Vantagens da Produção Enxuta

Ferramentas	Vantagens
Kanban	*Redução do volume de estoque *Redução de custos *Maior capacidade total das linhas produtivas *Antecipação dos prazos de entrega dos produtos finais
Manufatura Celular (MC)	*Redução da movimentação dos materiais *Diminuição do uso de meios de movimentação *Menores lead times de produção *Menores Custos de movimentação * Menores estoques de produtos em processo
Mapeamento De Fluxo De Valor (VSM)	*Rápida identificação de desperdícios *Facilita a análise de sistemas complexos *Identificação de ações de melhorias
Manutenção Produtiva Total (TPM)	*Diminuição das paradas de máquina para manutenção *Redução de consumo de materiais para manutenção ou restauração *Melhor rendimento da máquina
5'S	*Visualiza problemas da produção *Diminui desperdícios *Elevação da motivação e produtividade *Segurança para o empregado
Kaizen	*Redução de custos *Aumento de qualidade *Redução de estoques *Motivação dos colaboradores * Maior flexibilidade * Rápido retorno do investimento
Justo a Tempo (JIT)	*Produção sem acumulação de estoque *Eliminação de desperdícios *Manufatura de fluxo contínuo *Melhoria contínua dos processos *Esforço contínuo na resolução dos problemas
Heijunka	*Diminuição de stocks *Menor ocupação dos armazéns *Permite fabricar ao mesmo tempo grandes quantidades de produtos diferentes
Jidoka	*Evita a geração e propagação de defeitos *Elimina qualquer anormalidade no processamento
Poka Yoke	*Abordagem para atingir Zero Defeitos *Facilita a inserção de mão de obra, com diminuição do tempo de treinamento *Viabiliza a manufatura flexível *Produção de peças com fluxo único, não contempla as não conformidades *Segurança para os funcionários

2.2 Ambiente Enxuto

Segundo a EPA (2003), define-se ambiente enxuto (Lean Environment em inglês) como a aplicação dos conceitos enxutos na busca de redução de desperdícios e de resíduos nos processos produtivos, e, também, inclui em seus estudos aspectos relacionados à energia, a água e resíduos sólidos. O sistema busca soluções operativas e técnicas que reduzam os resíduos de forma que as empresas cumpram com as regulamentações ambientais (EPA, 2003).

Resíduo ambiental segundo a EPA (2007) é qualquer uso desnecessário de recursos ou uma substância liberada no ar, água ou terra que possa prejudicar a saúde humana ou o ambiente. Os resíduos ambientais obtêm-se quando a empresa fornece produtos ou serviços para os clientes, e quando os clientes usam e descartam esses produtos. Em termos práticos, resíduos ambientais incluem:

- Água, energia, matérias-primas consumidos em excesso do que é necessário para satisfazer as necessidades dos clientes;
- Poluentes e resíduos de materiais lançados no meio ambiente, como emissões atmosféricas, descargas de águas residuais, resíduos perigosos e resíduos sólidos (lixo ou sucata descartada);
- Substâncias perigosas que afetam negativamente a saúde humana.

Nos últimos anos, as agências públicas de regulamentação ambiental têm trabalhado para promover a minimização de resíduos, prevenção da poluição e sustentabilidade por meio de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA). Esta gestão abrange desde o desenvolvimento do produto até a entrega final e eliminação definitiva do produto (ISO 14001).

Há no mundo, uma rede crescente e forte de organizações que compartilham o SGA, neste campo encontra-se Environmental Protection Agency (EPA), que usam o poder da inovação para melhorar o desempenho ambiental. Criada nos E.U.A., no período do presidente Richard Nixon e iniciou sua operação em 02 de dezembro 1970, após ser aprovado pelo Congresso (EPA, 2003).

Metodologia do ambiente enxuta envolve os seguintes aspectos: sustentabilidade, prevenção à poluição e gestão ambiental. Esses três aspectos serão detalhados na sequência.

2.2.1 Sustentabilidade

Grajew (2005) afirma que nos últimos quinze anos, no contexto de globalização, o cenário dos negócios passou por profundas transformações. Num lado encontra-se a disponibilidade de recursos tecnológicos, que viabilizam novos processos e produtos, trazendo consigo ganhos na produtividade e acesso a novos mercados. Por outro lado, a nova dinâmica da economia globalizada, tem provocado grandes impactos, como a degradação ambiental. Neste contexto, é importante o reconhecimento das empresas por comprometer-se na adoção de posturas socialmente responsáveis. Assim, surge o conceito de Sustentabilidade Social Empresarial (RSE), tornando-se um parâmetro norteador da gestão estratégica, voltada para o sucesso dos negócios de modo articulado com a promoção do desenvolvimento sustentável, da preservação ambiental e da justiça social no país (GRAJEW, 2005; POMBO, MAGRINI, 2008).

O desenvolvimento sustentável encontra-se ligado ao conceito de produção sustentável, que surgiu em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED). A sustentabilidade é definida pelo Centro de Lowell Produção Sustentável, (LCSP), da Universidade de Massachusetts Lowell, 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”.

Mencionar o termo desenvolvimento sustentável é falar de biotecnologia, de tecnologias limpas, de mudanças de padrões de produção e consumo, de reciclagem, de reuso, de reaproveitamento e de outras formas de diminuir a pressão sobre matérias-primas, e ao mesmo tempo reduzir os impactos causados pelos descartes de substâncias e objetos no meio ambiente.

Hoje, o setor industrial encontra-se cada vez mais interessado em aspectos ambientais dos processos, levando em consideração as atividades na empresa e sua interação com o meio ambiente (OMETTO *et al.* 2007). Na Figura 2.5 apresenta-se um histórico do gerenciamento ambiental, onde, podem-se visualizar as tendências seguidas pela evolução das questões ambientais nas últimas décadas.



Figura 2.5 Evolução das Questões Ambientais.
Fonte: CNTL (2003)

Conforme o entendimento da cadeia de geração de resíduos nos últimos 50 anos, as políticas de poluição evoluíram dos métodos conhecidos como “fim de tubo³” para tendências mais recentes, baseados nos conceitos de prevenção. Isto modificou a abordagem convencional de “o que fazer com os resíduos” para o “o que fazer para não gerar resíduos” (CNTL, 2003)

A combinação de empresas e aspectos ambientais no âmbito internacional começou a partir da Conferência das Nações Unidas de 1972 (Conferência de Estocolmo), quando uma comissão independente foi criada: a Comissão Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente (Brundtland Commission). Esta Comissão encarregou-se da tarefa de reavaliar o meio ambiente no contexto do desenvolvimento e publicou seu relatório Nosso Futuro em Comum em 1987. Esse relatório introduziu o termo Desenvolvimento Sustentável e incitou as indústrias a desenvolverem sistemas de gestão ambiental eficientes.

³ **Fim de Tubo:** são ações que apenas ajudam a diminuir o impacto ambiental de determinados resíduos, ao dar-lhes tratamento.

2.2.2 Prevenção da Poluição – P2

A poluição é gerada pelas indústrias, agricultura, empresas, escolas, veículos, e até mesmo as casas e se não for devidamente tratada, pode contaminar o solo, água e ar. A prevenção da poluição é definida pela EPA (1998) como uma estratégia aplicada aos processos produtivos. Enfatiza a eliminação e/ou redução de perdas de tempo, energia, resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas na fonte geradora, modificando os processos de produção, promovendo o uso de substâncias não tóxicas ou menos tóxicas, implementando técnicas de conservação e reutilização de materiais. A P2 abrange atividades como: (PHIPPS, 1995; EPA, 1997)

- Redesenho dos produtos, para gerar menos desperdício ou poluição durante a fabricação, alterando os processos de produção para minimizar o uso de produtos químicos tóxicos;
- Implementação de melhores práticas de limpeza para minimizar vazamentos nos processos de fabricação;
- Tomar medidas para reduzir o consumo de energia

A Lei de Prevenção à Poluição foi aprovada pelos Estados Unidos de América em 1990 e o Congresso estabeleceu uma política nacional onde: (PHIPPS, 1995)

- Poluição deve ser prevenida ou reduzida na fonte, sempre que for possível;
- Poluição que não pode ser prevenida deve ser reciclada de forma ambientalmente segura, sempre que for possível;
- Poluição que não pode ser evitada ou reciclada deve ser tratada de forma ambientalmente segura, sempre que viável, e;
- Eliminação ou lançamento para o meio ambiente deve ser empregado apenas como um último recurso, e deve ser feita de uma forma ambientalmente segura.

Na Figura 2.6 observa-se a hierarquia estabelecida pelo Congresso, a partir da lei de Prevenção à Poluição, onde a prevenção encontra-se no topo da lista.



Figura 2.6 Hierarquia Prevenção à Poluição dada pelo Congresso

A estratégia da prevenção ambiental parte da definição que, todos os tipos de resíduos ambientais são gerados num processo produtivo, onde ingressam as matérias primas e insumos auxiliares ao processo e obtém-se no final, um produto com efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos. A Figura 2.7 mostra o desenho comum de um processo, com as entradas e saídas.

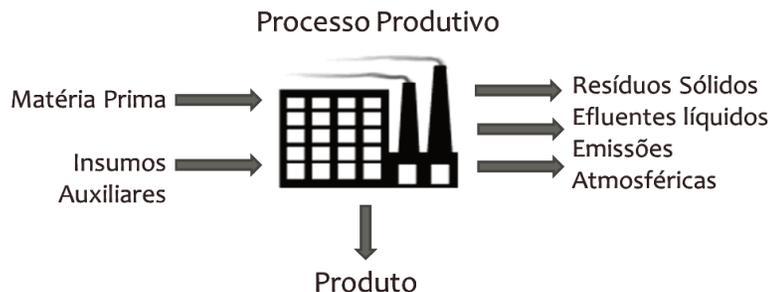


Figura 2.7 Processo Produtivo. Entradas e Saídas

Do entendimento do processo produtivo, pode concluir-se: Os resíduos são gerados durante a aplicação de técnicas e tecnologias empregadas nas diversas etapas de transformação entre matérias primas em produtos. Alguns dos agentes transformadores de matéria prima em resíduos são trabalhadores e equipamentos. Os resíduos são gerados com um tempo de processamento. A minimização de peças com defeitos e resíduos sólidos, minimiza os custos de processo e ambientais, (custo de tratamento, disposição final, transporte peças defeituosas, etc.). O trabalhador está exposto a matérias primas e resíduos classificados como tóxicos e perigosos

para a saúde. Estas conclusões podem ser evidenciadas, por meio de uma comparação entre a prevenção à poluição e a manufatura enxuta, como se mostra no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 Comparação Produção Enxuta - Prevenção à Poluição

	Produção Enxuta	Prevenção à Poluição
Conceito	Perdida: é qualquer atividade que não agrega às operações, tais como: espera, acumulação de peças semi-procesadas, re-manipulações, movimentação de material de mão em mão.	Resíduo Ambiental: Gerado a partir do uso ineficiente de matérias primas e insumos no processo.
Geração de	Produto: A transformação de matéria prima em produtos ocorre em um processo a través de um fluxo de massa no tempo e no espaço físico.	Produto: A transformação de matéria prima em produtos ocorre em um processo a través de um fluxo de massa no tempo e no espaço físico.
Processo Contínuo	Melhora da eficiência do processo industrial	Melhora da eficiência de transformação de matérias primas e auxiliares em produtos durante o processo industrial.
Ações na fonte de geração para eliminação o minimização	De desperdícios de tempos e movimentos nas diversas etapas de um processo industrial	De resíduos (sólidos, líquidos, atmosféricos e energia) em um processo industrial.
Desperdício	Identificar o desperdício que geralmente não é tido em conta porque é considerada uma parte natural do trabalho diário (Shingo,1996)	Identificar o resíduo que geralmente não é tido em conta porque é considerado inerente ao projeto, processo ou tecnologia utilizada.
Trabalhador	Trabalho em equipe. Identificação de soluções em equipe. Trabalhadores mais preparados no conhecimento das técnicas e tecnologias usadas no processo de fabricação (MacDuffie apud King &Lenox, 2000)	A eliminação e/ou minimização de resíduos ambientais melhora as condições de saúde ocupacional e segurança. Trabalho em equipe; busca de soluções em equipe para não gerar e minimizar resíduos.
Trabalho em equipe e necessidade de estabelecer novos relacionamentos	Entre a alta gerencia, gerencias gerente/trabalhador, fornecedor/cliente	Entre a alta gerencia, gerencias gerente/trabalhador, fornecedor/cliente
Fornecedores	Just-in-time/ Kanban	Uma das prováveis fontes de resíduos, como substituição de embalagens, substituição de matérias primas por outras menos tóxicas, contaminação de matérias primas, etc.
Estabelecimento de compromissos para o êxito na implementação de sistemas	Envolvimento total da alta gerencia	Envolvimento total da alta gerencia

A prevenção da poluição tem um papel importante nos esforços que visam alcançar o desenvolvimento sustentável global. Encontra-se que a essência da P2 está em reduzir a carga ambiental global e aumentar a eficiência com que são utilizados materiais e energia. Estes fatores

são visivelmente compatíveis com o desenvolvimento sustentável. A prevenção da poluição, combinada com uma gestão sustentável dos recursos, e a redução de uso nas fontes de energia não renováveis, representa o caminho em direção ao desenvolvimento sustentável (PHIPPS, 1995).

2.2.3 Gestão Ambiental

Com uma demanda social crescente de sustentabilidade ambiental, a gestão ambiental tem se transformado um dos elementos chave dentro da gestão empresarial atual. Sistemas integrados de gestão posicionam em um mesmo plano, temas relativos a dimensões financeiras, da qualidade e do desempenho ambiental. Dentro desse contexto as empresas abraçam a importância estratégica das práticas de gestão ambiental para a vantagem competitiva. (KLEINDORFER et al., 2005; PAGELL, GOBELI, 2009; BARBIERI, 2007)

A Gestão Ambiental surgiu da necessidade do ser humano de organizar melhor suas diversas formas de se relacionar com o meio ambiente (MORALES, 2006). Consiste na administração dos recursos ambientais, por meio de ações ou medidas econômicas, investimentos e potenciais institucionais e jurídicos, com a finalidade de manter ou recuperar a qualidade de recursos e desenvolvimento social (CAMPOS, 2002).

A partir da metade dos anos 80, e de modo recente nas economias emergentes e dinâmicas do Oriente e do Ocidente, o segmento empresarial está tomando uma atitude mais proativa. Reconhecendo a gestão ambiental, como uma iniciativa voluntária que permite fortalecer a imagem da organização, aumentar os lucros e fortalecer a competitividade. Uma evidência disso é o crescente interesse de mudar os produtos para uma mentalidade de “produtos verdes”, com o aumento da “avaliação do ciclo de vida” identificando assim, os impactos ambientais de um produto desde o princípio.

Na adoção da gestão ambiental têm sido produzidas ferramentas que apoiem a implantação nas empresas e permitam alcançar objetivos em matéria ambiental, tais como: Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), auditorias ambientais, avaliação do ciclo de vida, relatórios de impacto ambiental, rotulagem ambiental, dentre outros.

Para conseguir demonstrar padrões de qualidade e conquistar a confiança do consumidores, existem as certificações ambientais, como a série ISO, que funciona como uma declaração de que o produto encontra-se em conformidade ambiental. Desde sua concepção, projeto, fabricação, venda, pós-venda, até o descarte final.

Da implantação de gestão ambiental nas organizações podem ser obtidos resultados positivos como: (GOMES, SICSÚ, 2003).

- Redução de custos procedente da redução do consumo dos recursos naturais, e dos resíduos gerados. O que leva a diminuição dos gastos com tratamento, armazenagem e disposição dos mesmos;
- Possibilidade de conquista de mercados internacionais, podendo se adequar a normas de exigência comercial;
- Melhoria da imagem da empresa pela implantação de um modelo de administração responsável;

Neste contexto a norma ISO 14000 trabalha com dois tipos de padrões a gestão ambiental:

a) Padrões da organização: Podem ser usados para executar e avaliar o Sistema de Gerência Ambiental dentro de uma organização, incluindo a série ISO 14010 de padrões de auditorias ambientais e a série ISO 14030 dos padrões para a avaliação de desempenho ambiental.

b) Padrões de produtos: Podem ser usados para avaliar os impactos ambientais dos produtos e dos processos. Fazem parte deste grupo das ISO 14020 padrões de rotulagem ambiental, a ISO 14040, série de padrões da análise do ciclo de vida, e a ISO 14060, série de padrões do produto.

Na Figura 2.8 mostra-se a forma em que deve se trabalhar a gestão ambiental dentro de uma organização.

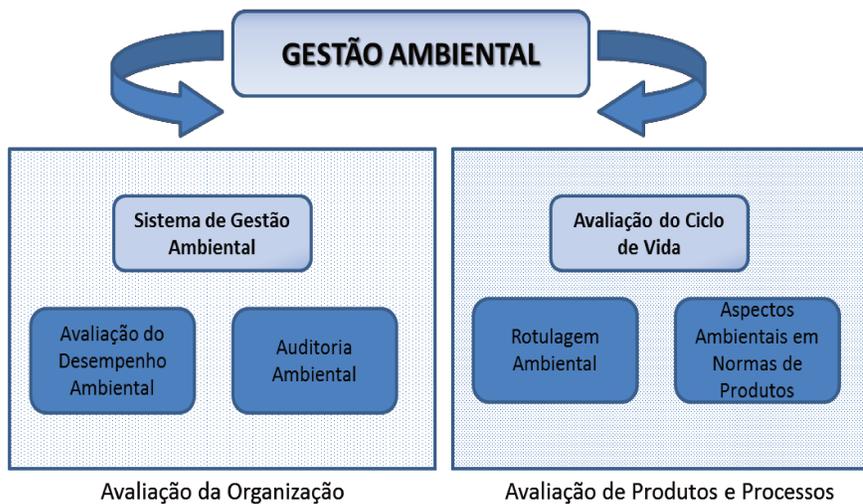


Figura 2.8 Gestão Ambiental
 Fonte: Adaptado Tibor, Feldman (1996)

O sistema para regular o desempenho ambiental nas empresas, consta de um conjunto de ferramentas de gestão e princípios destinados a orientar a atribuição de recursos, de responsabilidades, avaliação contínua de práticas, procedimentos e processos. Além de preocupações ambientais das organizações, os negócios diários, práticas de gestão, garantias das questões ambientais de forma que sejam identificadas, controladas e monitoradas. Algumas estratégias para avaliar e programar gestão ambiental nas empresas são mostradas a seguir, baseadas em normas integradas para a gestão organizacional ISO14000, ISO 9000 e OSHAS18000:

- **Matriz MET – (Materiais/Energia/Toxicidade):** Ferramenta que permite a análise ambiental de produtos a partir do conhecimento do ciclo de vida do produto, a utilização de materiais, o uso e quantidade da energia usada no processo que impacta no médio ambiente e a toxicidade dos materiais.
- **Análise do risco:** É um estudo de identificação, avaliação e recomendação aplicada nas indústrias que busca encontrar dentro das instalações da empresa ou outras atividades de geração de riscos para o meio ambiente e o homem.

- **Eco desenho:** É uma estratégia ambiental que busca incorporar 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 desenho, com menos energia, recursos e de forma geral com menos contaminação.
- **Eco indicador:** São valores que buscam quantificar o impacto ambiental. Esses são usados para comparar diferentes estratégias de desenho desde o ponto de vista do impacto ambiental.
- **Análise do fluxo:** Ferramenta que busca identificar todas as possíveis fontes de geração de desperdícios, resíduos ou consumos excessivos de materiais no processo.
- **Auditoria ambiental:** Estratégia utilizada com a intenção de certificar que a empresa esteja cumprindo com a regulação ambiental, a qual foi determinada pelas 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). Assim, optando-se por um ciclo fechado de produção e fazendo que a produção seja mais sustentável.
- **Análise do ciclo de vida (ACV):** Estratégia que analisa o ciclo de vida do produto por completo, ou seja, desde a extração do material até seu destino final. Com o propósito de quantificar e avaliar as cargas ambientais associadas ao produto, em termos de materiais, o consumo de energia, etc.

✓ **Sistema de Gestão Ambiental (SGA) – Norma ISO 14000**

A ISO 14000 é uma família de normas de gestão ambiental desenvolvido pela *International Organization for Standardization (ISO)*. Este é um organismo internacional não governamental, encarregado de desenvolver e publicar normas técnicas, visando fornecer uma

estrutura internacionalmente reconhecida para avaliar a gestão ambiental das empresas, por meio da medição, e auditoria. Segundo Agência Europeia do Ambiente (AEA) não são indicadas metas de desempenho ambiental, sim oferecer às empresas as ferramentas para avaliar e controlar o impacto ambiental de suas atividades, produtos ou serviços. A família ISO14000 abrange cinco temas:

1. Sistemas de gestão ambiental;
2. Auditoria ambiental;
3. Avaliação de desempenho ambiental;
4. Avaliação de ciclo de vida; e
5. Rotulagem ambiental.

Segundo Reis, Queiroz (2002), as vantagens que traz a aplicação da ISO14000 são:

- Demonstrar aos clientes o comprometimento com a gestão ambiental;
- Manter ou melhorar as relações com a comunidade e o público em geral; Facilitar o acesso a novos investimentos; Obter diminuição dos custos de seguro;
- Melhoria da imagem da empresa e aumento de *market share*;
- Melhoria do controle de custos;
- Diminuição de custos via redução de desperdícios de fatores produtivos;
- Redução e/ou eliminação dos impactos negativos e,
- Cumprimento da legislação ambiental aplicável.

Segundo Tinoco e Kraemer (2004) um SGA pode ser definido como o conjunto de procedimentos para administrar uma organização, de forma a obter um melhor relacionamento com o meio ambiente. Consiste essencialmente, no planejamento de atividades, visando à eliminação ou redução dos impactos ambientais, por meio de ações preventivas ou medidas mitigadoras.

Segundo Culley et al. (1996) o Sistema de Gestão Ambiental indicado nas normas ISO 14000 baseia-se no aprimoramento contínuo do estabelecimento de objetivos e metas, revisão e ações preventivas e corretivas para acidentes e emergências. Empresas cujos processos

produtivos possuem impacto ambiental mais significativo e que constantemente sofrem ações contundentes dos órgãos de controle ambiental aceleraram os processos de adequação do Sistema de Gestão Ambiental acordo com a legislação vigente.

Os SGA podem ser aplicados a qualquer atividade econômica, especialmente naqueles empreendimentos que apresentam riscos de provocar impactos negativos ao meio ambiente. Um bom SGA permite à empresa controlar e minimizar os riscos ambientais, além de representar uma vantagem competitiva, já que o mercado distingue empresas ambientalmente corretas (SANTOS,2002).

O sistema de gestão ambiental, em conformidade com a norma NBR ISO14001, tem como principal objetivo à busca permanente da melhoria contínua do desempenho ambiental das atividades, serviços e produtos, a través de controles de seus impactos ambientais. Em combinação com as políticas ambientais demonstrando à comunidade que a empresa possui uma postura ambiental e está preocupada com o meio ambiente, principalmente com a prevenção da poluição. A ISO14001:2004 busca estabelecer, documentar, implementar e manter a melhora continua num Sistema de Gestão Ambiental, contudo, as empresas devem:

- Mitigar impactos causados ao meio ambiente, originados por seus processos;
- Melhorar continuamente o desempenho ambiental;

A comprovação de que uma empresa possui um gerenciamento ambiental é através do certificado em conformidade com a norma ISO14001, que por sua vez, é a única certificável e que diz respeito ao SGA da organização. A certificação do SGA com a norma ISO 14001 permite às empresas estabelecer metas na melhoria dos processos em pro do meio ambiente (DANSK STANDARD, 2000).

A ISO 14001 é denominada internacionalmente como *Environmental Management Systems (EMS) – Specification with guidance for use* e, nacionalmente, como NBR ISO 14001, traduzida como Sistemas de gestão ambiental – Especificações e diretrizes para uso (ISO, 14001: 2004). O objetivo principal da norma é apresentar um conjunto de informações necessárias e sistematizadas para a implementação de um sistema de gestão ambiental eficaz, passível de

integração com qualquer outro requisito de gestão, permitindo e facilitando que os objetivos ambientais e econômicos de uma organização sejam alcançados.

No Quadro 2.5 são mostradas as normas NBR-ISO publicadas até o momento segundo Pombo, Magrini (2008).

Quadro 2.5 Normas NBR-ISO publicadas até o momento

Subcomitê da ABNT/CB-38	Norma NBR-ISO
SC 01 - Sistemas de Gestão Ambiental	NBR-ISO 14001:2004. Sistemas de gestão ambiental - requisitos com orientações para uso.
	NBR-ISO 14004. Sistemas de gestão ambiental - diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio.
SC 02- Auditorias Ambientais	NBR-ISO 14015. Sistemas de gestão ambiental - avaliações ambientais de localidades e organizações.
	NBR-ISO 19011. Diretrizes para auditorias de qualidade e ambiental.
SC 03 - Rotulagem Ambiental	NBR - ISO 14021. Auto declarações ambientais (rótulo ambiental tipo II)
	NBR - ISO 14024. Rótulo ambiental tipo I (de terceira parte)
SC 04 - Avaliação de desempenho ambiental	NBR - ISO 14031. Avaliação do desempenho ambiental - diretrizes
SC 05- Avaliação do ciclo de vida	NBR - ISO 14040. Avaliação do ciclo de vida - princípios e estrutura.
	NBR - ISO 14041. Avaliação do ciclo de vida - definição de escopo e análise do inventário.
	NBR- ISO 14042. Avaliação do ciclo de vida - Avaliação do impacto do ciclo de vida
	NBR - ISO 14043. Avaliação do ciclo de vida - interpretação do ciclo de vida.
SC 06 - Termos e definições	NBR - ISO 14050 ver. 1 Termos e definições.
SC 07 - Aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos (<i>eco-design</i>)	NBR - ISO TR 14062. É um relatório técnico, com o mesmo título do subcomitê.

Fonte: Lemos (2004), ABNT/CB-38 (2006), Pombo, Magrini (2008)

✓ Auditoria Ambiental

Segundo Malheiros (1996), é o procedimento ordenado cujo objetivo é examinar e avaliar periodicamente ou ocasionalmente aspectos legais, técnicos e administrativos relacionados às atividades ambientais da empresa. Como instrumentos de análise e aprimoramento do desempenho ambiental.

2.3 Indústria de Equipamentos Eletrônicos e Eletrônicos

Equipamentos eletrônicos desempenham atualmente um papel muito importante e insubstituível na vida diária. Hoje em dia a rápida evolução da tecnologia permite uma ampla gama de dispositivos a preços cada vez mais acessíveis, por sua vez aumentando o consumo. Este consumo acontece em volumes crescentes gerando maiores quantidades de resíduos elétricos e eletrônicos.

E-scrap é o termo que define todos os equipamentos eletrônicos domésticos ou profissionais, que incluem TVs, monitores, computadores, scanners, impressoras, equipamentos de áudio, câmeras de vídeo, telefones móveis, ferramentas elétricas e todos os aparelhos que são convertidos em lixo eletrônico após anos de uso. Razão pela qual o mundo tende a reciclar esses produtos para reduzir a quantidade de resíduos tóxicos, que quase sempre terminam em aterros para resíduos (ENVIRONMENT CANADA, 2001).

A Diretiva 2002/95/CE, de 27.1.2003, da União Europeia, classifica os Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE) em 10 categorias:

- Grandes eletrodomésticos (geladeiras e toda a linha branca);
- Pequenos eletrodomésticos (aspiradores, torradeiras, máquinas de café etc.);
- Equipamentos informáticos e de telecomunicações (computadores pessoais, impressoras, copiadoras, telefones etc.);
- Equipamentos de consumo (aparelhos de rádio, televisores, câmeras de vídeo, instrumentos musicais etc.);
- Equipamentos de iluminação (lâmpadas fluorescentes, de sódio de baixa pressão, outros equipamentos de iluminação, exceto lâmpadas incandescentes);

- Ferramentas elétricas e eletrônicas, com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões (serras, máquinas de costura, fresadoras etc.);
- Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer (videogames, computadores para ciclismo, mergulho, corrida etc.);
- Aparelhos médicos, exceto produtos implantados ou infectados;
- Instrumentos de monitoração e controle;
- Distribuidores automáticos;

Existe também a nomenclatura REEE (Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos), que é utilizada para descrever o tipo de resíduos contidos em cada dispositivo eletrônico (ADEME,2010). Geralmente, os equipamentos eletrônicos são compostos de metais, vidro, vários tipos de plásticos e outros componentes perigosos que necessitam de tratamento especial. Estes produtos elétricos e eletrônicos são feitos de uma combinação de módulos do núcleo, comum a maioria dos equipamentos eletroeletrônicos, tais como os conjuntos de circuitos impressos, cabos, fios flexíveis, fios, plásticos com ou sem retardadores de chama, tubos de raios catódicos e telas de cristal líquido, pilhas e acumuladores, meios de armazenamento de dados, elementos geradores de luz, capacitâncias, resistências, relês, sensores e controladores (Comisión de la Comunidad Europea, 2000).

As substâncias mais problemáticas do ponto de vista ambiental presentes nestes componentes são os metais pesados como: mercúrio, chumbo, cádmio e crômio, substâncias halogênicas, como os clorofluorocarbonetos (CFCs), cloro policlorados (PCBs), cloreto de polivinila (PVC) e os retardantes de chama bromados, bem como o amianto e o arsênio (NORDIC COUNCIL OF MINISTERS, 1995).

A velocidade com que a indústria lança as novidades eletrônicas no mercado faz com que a reutilização seja desvalorizada. Com relação ao risco potencial dos REEE, a publicação “Waste from electrical and electronic product. A survey of the contents of materials and hazardous substances in electric and electronic products” (NORDIC COUNCIL OF MINISTERS, 1995) e (ENVIROMENT CANADA, 2001) compilou vários estudos que mostram as principais informações de substâncias perigosas nos resíduos dos REEE. Em suas composições, os

equipamentos eletrônicos, possuem metais pesados que podem causar diversas complicações para o meio ambiente e para a saúde do ser humano, se descartados de forma inconsequente.

- **Cádmio**

Utiliza-se nas placas de circuito impressos, o cádmio está presente em determinados componentes, como resistências de chips SMD, semicondutores e detectores de movimento. Os tubos de raios catódicos mais velhos contêm cádmio. O cádmio é utilizado como estabilizador em PVC. Mais de 90% é encontrado em baterias recarregáveis. Os compostos de cádmio são classificados como tóxicos e com risco de efeitos irreversíveis à saúde. O cádmio é absorvido pela respiração, embora poder ser ingerido nos alimentos. Com exposição prolongada o cádmio pode causar câncer de pulmão e de próstata, anemia e osteoporose.

- **Chumbo**

Pode ser encontrado mais de 90% nas baterias, utilizado também na soldagem de placas de circuitos impressos, o vidro dos tubos de raios catódicos, a solda e o vidro das lâmpadas elétricas e fluorescentes. Considerando todas as aplicações de chumbo (processadas/consumidas) entre 1,5% - 2,5% são utilizados em equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE). O chumbo, que compõe celulares, monitores, televisores e computadores, causa alterações genéticas, ataca o sistema nervoso, a medula óssea e os rins, além de causar câncer (MOREIRA, MOREIRA, 2004)

- **Mercúrio**

Utilizado em termostatos, sensores, placas de circuitos impressos e em equipamentos, equipamentos médicos, etc. O lançamento global do mercúrio para a atmosfera causada pelo homem é de cerca de 2000-3000 toneladas por ano. Cerca de 22% do mercúrio consumido anualmente em todo o mundo é usado pelos EEE. O mercúrio deteriora o sistema nervoso, causa perturbações motoras e sensitivas, tremores e demência, está presente em televisores de tubo, monitores e no computador.

- **Bário**

O bário é um metal prateado usado nos painéis frontais dos tubos de raios catódicos, para proteger os usuários da radiação. Estudos têm demonstrado que as exposições curtas de bário causou crescimento e o endurecimento do cérebro, fraqueza muscular, danos cardíacos e do fígado. (SILICON VALLEY TOXICS COALITION , 2002)

Segundo o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), de 2010, a geração de lixo eletrônico cresce a uma taxa de aproximadamente 40 milhões de toneladas por ano em todo o mundo. E a maior parte desses resíduos tem condições de ser utilizada novamente ou de ser reciclada, mas o destino acaba sendo o pior possível. Por exemplo, nos casos dos computadores, segundo informações Greenpeace (2009), a vida média nos países desenvolvidos caiu de 6 anos, em 1997, para apenas 2 anos em 2005. No caso dos telefones celulares apresentam um ciclo de vida menor que dois anos em países desenvolvidos– e as empresas produtoras trabalham com planejamento de ciclo de vida de até 6 meses para estes bens.

2.3.1 Aspectos Ambientais

A. Aspectos Gerais

Os resíduos eletrônicos constituem o maior grupo de crescimento de resíduos no mundo. Alguns pesquisadores estimam que, cerca de 75 por cento dos aparelhos eletrônicos velhos são armazenados, em parte devido à incerteza sobre como lidar com os materiais. A reciclagem de eletrônicos velhos economiza recursos e protege o meio ambiente porque não é necessário extrair metais novos. Além disso, alguns produtos eletrônicos contêm altos níveis de certos materiais como chumbo, cromo e cádmio, que torna os resíduos perigosos, quando descartados. São considerados perigosos televisores, PCs, monitores e baterias descartadas por ter compostos de chumbo, cádmio, PCB, cromo, bromo, etc. (PARLAMENTO EUROPEU, 2003)

Segundo Nnorom, Osibanjo (2008), a ênfase nos problemas ambientais mudou de uma abordagem de “comando e controle” para uma responsabilização do produtor, onde a empresa deve responsabilizar-se pelo impacto ambiental de todo o ciclo de vida do produto, desde a extração da matéria-prima até a reciclagem, tratamento e disposição. Esta nova atividade tem sido chamada de Responsabilidade Estendida do Produtor (do inglês, *Extended Producer*

Responsibility, EPR), a qual tende a priorizar a adoção de medidas preventivas em lugar das abordagens *end-of-pipe* (fim-de-tubo). Busca reconhecer todo o ciclo de vida e é orientada por metas, a fim de incorporar mecanismos de incentivo à melhoria contínua das indústrias em seus produtos e processos.

A Responsabilidade Social Empresarial (RSE) em inglês (A Corporate Social Responsibility (CSR)) aplica o conceito segundo o qual as empresas integram preocupações sociais e ambientais nas suas operações e na sua integração com outras partes interessadas numa base voluntária. Resulta claro que todas as ações que empreende uma organização terão um efeito não apenas sobre si mesmo, mas também sobre o ambiente externo no qual a organização se encontra. (CROWTHER, ARAS, 2008)

Neste contexto a *Greenpeace* produz periodicamente uma guia de empresas de eletrônicos verdes, onde avalia as empresas líderes em eletrônica de consumo com base no desempenho e progresso em três critérios ambientais:

- i. Energia e clima,
- ii. Produtos mais ecológicos e
- iii. Operações sustentáveis.

A pontuação da Guia para as empresas está baseada nas políticas gerais e práticas, não em produtos específicos. Assim consegue fornecer aos consumidores uma ideia real da sustentabilidade das maiores indústrias. Na Figura 2.9 mostram-se os resultados da guia no mês de novembro (GREENPEACE, 2012).

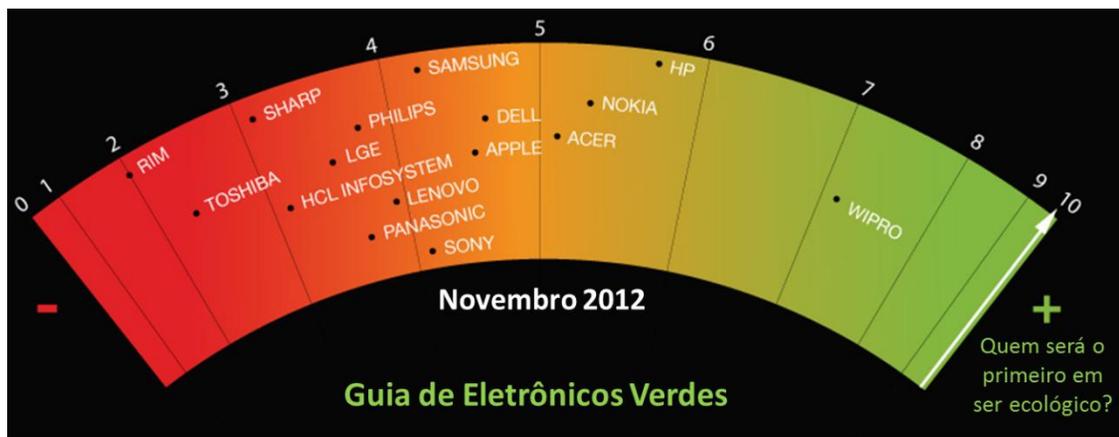


Figura 2.9 Guia de Eletrônicos Verdes (Empresas Produtoras)
Fonte: Greenpeace (2012)

Observa-se que num primeiro lugar está a empresa *WIPRO*, que é uma empresa eletrônica da Índia. Esta, mostra liderança na redução de gases de efeito estufa, *GreenHouse Gas* (GHG) e aumenta o uso de energia renovável. Estima-se que a empresa está comprometida na redução de um 44% dos gases de efeito estufa para o 2015. A empresa se destaca tanto na captação de energia renovável para suas operações e de forma mais ampla com uma excelente estratégia de mitigação de gases de efeito estufa.

B. Tratamento Equipamentos elétricos e Eletrônicos

Ott (2009), numa palestra apresentada no I Seminário de Resíduos Eletroeletrônicos, informou sobre os interesses dos Governos no tratamento dos resíduos, em especial dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônico. A ideia principal do tratamento com estes resíduos é manter uma alta taxa de reciclagem de produtos, a fim de não sobrecarregar os aterros sanitários, e, igualmente, preservar os recursos naturais. Além disso, manter sua política econômica, no que tange à condução do crescimento da indústria. O mesmo autor descreve o que chama de “sete pilares” dos sistemas de *e-scrap* (e- lixo) que correspondem a:

- Existência de um fluxo de e-lixo;
- Estrutura legal;
- Responsabilidade;
- Retorno;
- Controle;

- Financiamento;
- Infraestrutura de reciclagem.

A lei de resíduos sólidos brasileira, sancionada em 2010, prevê que o lixo eletrônico não poderá ser descartado em aterros e lixões a partir de 2014. Os fabricantes serão os responsáveis por dar o destino correto aos materiais que eles mesmos produzirem.

2.4 Comentários Finais

Segundo Shingo (1996), a produção enxuta é um sistema que procura a eliminação total das perdas num processo produtivo. A produção enxuta é apresentado como uma solução para os processos que buscam alcançar a eficiência na elaboração dos produtos. Conforme Shingo (1996), a produção é uma rede de processos e operações, onde são transformadas matérias primas em produtos, a traves, de um fluxo de tempo e espaço físico. A prática do sistema enxuto, permite câmbios operacionais, que são reflexados em tempos e custos e que adaptam processos de melhoria continua.

Os benefícios obtidos das boas práticas de sistemas enxutos nos processos resultam em vantagens no nível ambiental para as empresas. É assim, que o termo ambiente enxuto torna-se outro conceito importante nas busca de obter processos eficientes e redução de desperdícios e resíduos que afetem o meio ambiente. A adaptação de técnicas ambientais na manufatura surge da necessidade de contribuir com o meio.

Um dos maiores problemas que afetam o meio ambiente é a destinação final dos resíduos gerados nos processos produtivos. A sociedade atualmente pressiona às empresas em uma nova postura em relação a suas operações em três desafios definidos como:

- Flexibilidade para a produção de produtos (peças e componentes) – que consigam atingir as diversas configurações de produção com rapidez. Da mesma forma que busquem respostas eficientes ao consumo que apresenta cada vez maiores exigências;
- Produtos com melhor composição ambiental, incluindo maior durabilidade no seu ciclo de vida útil – Por sua vez que apresentem no desenho componentes o peças que possam

ser substituídas, eliminando assim, o descarte total de peças e produtos completos que ainda apresentem vida útil ativa (ANDRADE, 2006).

Novas legislações – Indicam que a responsabilidade das fases finais dos produtos deverá ser a cada vez mais responsabilidade dos produtores, incluído a coleta de componentes contaminantes, como é visto hoje em dia com as baterias dos carros e celulares (ANDRADE, 2006; POLIDO, 2005).

Capítulo 3 .

Relação Produção Enxuta – Ambiente Enxuto

3.1 Contexto

No capítulo anterior foi apresentado à revisão bibliográfica dos conceitos a serem estudados e trabalhados nesta pesquisa. Neste capítulo mostrara-se a relação existente entre estes conceitos, analisando os principais benefícios e vantagens obtidas pela implementação da produção enxuta e ambiente enxuto para o meio ambiente.

Na literatura pesquisada é possível observar uma quantidade razoável de trabalhos que relacionam o conceito enxuto com os temas, manufatura verde (ambiental) e sustentabilidade. É o caso dos autores Pojasek (2008), Found (2009) e Yang et al., (2010). Segundo Found (2009) o conceito de produção enxuta, protege tanto a sustentabilidade econômica quanto a ambiental. Visando o crescimento no longo prazo e o sucesso da organização, melhorando a produtividade e minimizando o impacto ambiental de suas atividades.

A perspectiva de como manejar os recursos que estão disponíveis e como responder às necessidades de um mercado global estão mudando constantemente. Nos tempos atuais é importante promover práticas de negócios sustentáveis e apoiar a criação de empresas com produtos “verdes”, por meio de atividades tais como: mapeamento de impactos ambientais, extração de recursos, reciclagem, redesenho de produtos, análise de cadeias de abastecimento e recursos materiais e humanos. São as empresas as responsáveis pela utilização de recursos, fabricação, armazenamento, uso e descarte final dos produtos e a relação entre os três pilares da sustentabilidade, economia, sociedade e meio ambiente (FOUND, 2009).

3.2 Aspectos Gerais

Mesmo que o foco da manufatura enxuta é a melhoria na condução rápida e contínua de custos, qualidade, serviço e eficiência produtiva, benefícios ambientais significativos ocorrem como resultado desses esforços pela melhoria nos processos. Técnicas de produção enxuta,

muitas vezes criam uma cultura de melhoria contínua, capacitação dos funcionários e minimização de resíduos, o que é muito compatível com as características organizacionais incentivados de acordo com SGA e prevenção da poluição.

Em um intento de mostrar os benefícios ambientais da produção enxuta a EPA (2003) produziu o “*Report Lean production e Lean Environment*”, relatório que examinou a relação entre os pontos principais de resíduos, o ambiente e as oportunidades de melhoria ambiental para as organizações, através de iniciativas de sua aplicação. O Departamento de Ecologia de Washington (DEW) reconhece que significativos benefícios ambientais resultam da aplicação da produção enxuta, porque aspectos de produção que não agregam valor, muitas vezes se traduzem em mais lixo e poluição. (YANG et al., 2010; YANG et al., 2011; EPA, 2003; DEW, 2008)

A pesar de o uso de práticas enxutas produzirem benefícios ambientais, e proporcionar uma cultura contínua e sistemática de eliminação de resíduos, não está em suas funções essenciais incorporar considerações de desempenho ambiental. (YANG et al., 2011)

Os coordenadores da linha produtiva, geralmente não são conscientes de questões como energia ou uso da água, resíduos sólido-perigosos, ou riscos químicos, dentro das iniciativas de produção enxuta. Normalmente, os custos e impactos ambientais são considerados altos pela empresa. Neste contexto de quer incluir as práticas ambientais dentro dos sistemas enxuto, a EPA começou participando em eventos de Kaizen. Num desses eventos, Kidwell (2006) conheceu um importante personagem da manufatura enxuta, que sugere que a falta de considerações ambientais, mesmo durante eventos enxutos, indica uma falha no modo em que a produção enxuta está sendo implementado. Considerações ambientais e os custos envolvidos são um componente essencial na manufatura enxuta. Assim, a EPA tomou a iniciativa de preencher essa lacuna existente entre a produção enxuta, visando implantar e incluir os cuidados ao meio ambiente dentro dos sistemas. Assim é criado o conceito de ambiente enxuto, como o sistema que envolve práticas enxutas, visando atingir problemas ambientais.

Kidwell (2006) questionou um consultor japonês que tem se desenvolvido como parte importante no desenvolvimento de sistemas enxutos, em relação ao status da manufatura enxuta no Japão e especialmente, se a produção enxuta está abordando os objetivos e preocupações ambientais. A resposta foi clara, as preocupações ambientais são parte do conceito enxuto.

Emissões para o ar, água, bem como geração de resíduos sólido-perigosos, representam uma perda no processo produtivo, ou seja, nenhum valor para o cliente.

Segundo King e Lenox (2001), por meio de um exame teórico e prático entre produção enxuta e desempenho ambiental de uma empresa, encontram-se fortes evidências sobre como a produção enxuta complementa a redução de resíduos e de impactos ambientais. Os mesmos autores que mediante a adoção da produção enxuta reduz os custos do gerenciamento ambiental, assim como um melhor desempenho ambiental. As conclusões dadas pelos autores podem ser reforçadas por três hipóteses, mostradas a seguir:

- Quanto mais a empresa esteja comprometida com o pensamento enxuto, mais simples será a adoção de um sistema de gestão ambiental;
- Quanto mais a empresa esteja comprometida com o pensamento enxuto, gerará menos resíduos na fonte e buscará soluções para tratamentos e disposição final de resíduos;
- Quanto mais a empresa esteja comprometida com as práticas enxutas, menor será os impactos ambientais de seu processo.

Segundo UNIDO (2002), a diminuição no uso de materiais, redução de perdas, desperdícios, resíduos e emissões, pode ser alcançada a partir de sete princípios, os quais se mostram a seguir:

- i. **Manutenção adequada:** prevenção de vazamentos, perdas e derramamentos por meio de inspeção frequente dos equipamentos, geração de calendário de manutenção preventivo e treinamento do pessoal;
- ii. **Realizar substituições:** por materiais menos tóxicos, renováveis ou com maior ciclo de vida;
- iii. **Melhoria no controle do processo:** mudanças nos procedimentos de trabalho, instruções de utilização das máquinas e do processo para facilitar a melhoria de sua eficiência e menor geração de perdas e emissões;
- iv. **Mudanças no equipamento:** mudanças nos equipamentos de produção e os auxiliares, visando uma divisão de medidas e controle, para melhorar a eficiência e diminuir perdas e emissões;
- v. **Mudanças na tecnologia:** utilização de tecnologias menos poluentes, mudança no fluxograma do processo a fim de diminuir os desperdícios na cadeia produtiva;

- vi. **Reciclagem / Reuso:** realizar a reciclagem dos resíduos geradas para serem utilizados no próprio processo ou para outras aplicações na organização;
- vii. **Reformulação ou modificação do produto:** mudanças no produto com a finalidade de minimizar os impactos durante sua produção, uso, reciclagem ou disposição final.

3.3 Semelhanças

Existem diferentes publicações que incorporam os conceitos de produção enxuta com aspectos ambientais, visando obter sua relação, pontos em comum e os benefícios que se obtém por sua aplicação. Na Tabela 3.1 é mostrado um histórico de publicações com diferentes autores sobre a relação existente entre a produção enxuta e os aspectos ambientais.

Tabela 3.1 Publicações Relacionando os conceitos produção enxuta e aspectos ambientais
Fonte: Adaptado Moreira et al. (2010)

Ano	Autor	Publication Title	Publicações
2003	EPA. USA	Lean Manufacturing and the environment: Research on advanced manufacturing systems and the environment and recommendations for leveraging better environmental performance.	Manufatura enxuta e Ambiente enxuto: Pesquisa em sistemas avançados de produção e meio ambiente e recomendações para aumentar o desempenho ambiental
2004	Larson and Greenwood	Performance Complements: Synergies between Lean Production and Eco-Sustainability Initiatives	Complemento Perfeito: Sinergia entre produção enxuta e iniciativas Eco sustentáveis
2007	EPA. USA	The Lean and Environment Toolkit	Kit de Ferramentas: Enxuto e Meio Ambiente
2008	EPA.USA	The Lean and Energy Toolkit	Kit de Ferramentas: Enxuto e Energia
2008	Pojasek, R.B	Quality Toolbox: Framing your Lean-to-Green effort	Ferramentas de qualidade: Planeando o enxuto para esforços verdes.
2009	Found. P	Lean and Low Environmental Impact Manufacturing	Enxuto e baixo impacto meio ambiental na manufatura
2010	Yang et al.	Mediated effect of environmental management on manufacturing competitiveness: A n empirical study	Efeito médio da gestão ambiental na competitividade empresarial: Um estudo empírico

Um estudo realizado pela EPA descobriu que por meio da implantação da produção enxuta, muitas organizações estão economizando dinheiro, tomando medidas que também trazem benefícios ao meio ambiente, mesmo quando elas não estavam conscientemente tentando fazê-lo. Resíduos ambientais, como o excesso de uso de energia, água, resíduos perigosos ou sólidos, apresentam oportunidades em grande parte inexploradas para as práticas enxutas, tendo-se que o objetivo da produção enxuta está baseado na melhoria contínua e eficiente da produção. Esta produção é traduzida em uso de menos energia por unidade produzida. Isto significa menos recursos naturais utilizados por unidade produzida. Neste contexto esta produção eficiente significa não só menos energia e matérias primas consumidas, mas também, menos material e resíduos perigosos gerados e enviados para o meio ambiente (EPA, 2007).

Por estes motivos, a EPA passou a observar mais atentamente a produção enxuta como uma área em que os profissionais das áreas de meio ambiente, negócios e processos podem trabalhar conjuntamente. Por um lado, profissionais na área enxuta economizam dinheiro encontrando oportunidades para eliminar os desperdícios no processo. Por outro lado, já existe experiência pelos profissionais da área ambiental, no meio ambiente e minimização de resíduos nos processos (KIDWELL, 2006).

Neste contexto de união de conhecimentos das diferentes áreas profissionais, a EPA tem desenvolvido uma série de “*Toolkits*” (Kits de ferramentas). Estas oferecem técnicas e estratégias práticas que ajudem aos especialistas em a produção enxuta, ambientais e de outros departamentos da empresa a eliminar o desperdício e proteger o médio ambiente. Este kit de ferramentas foi desenvolvido a partir da experiência de organizações que têm experiência com coordenação de implantação da produção enxuta e gestão ambiental. A EPA espera que estes kits de ferramentas ajudem às organizações a identificar e eliminar os resíduos ambientais. Estes kits podem ajudar também na alienação dos sistemas de gestão ambiental.

Os kits de ferramentas produzidos pela EPA, intitulados “Lean and Environment” (2007) e “Lean, energy & climate” (2011), apresentam uma análise a partir dos desperdícios identificados na aplicação da produção enxuta e seus impactos ambientais desde a perspectiva de resíduos, energia e emissões atmosféricas. Os resultados são mostrados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 Fatores de Impacto Ambiental dos Desperdícios num Processo.

Desperdícios	Impactos Ambientais
Sobre produção	Mais matérias primas e consumo de energia na produção de produtos desnecessários
	Produtos adicionais que podem danificar ou tornar-se obsoletos exigindo disposição final.
	Produtos adicionais perigosos utilizados, que resultam em emissões, disposição de resíduo e exposição perigosa para o ambiente.
Inventario	Mais embalagem utilizada para armazenar peças ou produtos em processos.
	Resíduos por deterioração ou falha no armazenamento.
	Mais materiais para substituir as peças danificadas por falhas ou deterioro.
	Mais energia utilizada para armazenar produtos e materiais.
Transporte e movimentação	Mais energia utilizada para o transporte.
	Emissões causadas pelo transporte.
	Mais espaço requerido para a movimentação, que gera maiores espaços para iluminar ou adaptar climaticamente de acordo aos requisitos do processo.
	Mais embalagens são requeridas para proteção dos componentes durante a movimentação.
	Probabilidade de falhas nos materiais pela movimentação
	O transporte de materiais perigosos requerem embalagem e movimentação especial para prevenir risco de acidentes.
Defeitos	Consumo de matérias primas e energia na produção de produtos defeituosos
	Componentes defeituosos geram resíduos que logo precisam a reciclagem ou eliminação.
	Mais espaço é requerido para o retrabalho e reparo, aumentando o uso de energia para iluminação ou esfriamento dos produtos defeituosos (de acordo a restrições do produto)
Processos inadequados	Mais peças e matérias primas consumidas por unidade de produção.
	Processos desnecessários incrementando resíduos, uso da energia, e emissões.
Espera	Deterioração potencial do material e falha nos componentes causando resíduos.
	Desperdício de energia iluminação, uso de equipamentos durante o tempo de inatividade de produção

Fonte: EPA (2007; 2011)

3.4 Vantagens Ambientais da Produção Enxuta

A EPA recentemente tem desenvolvido o tema das vantagens e benefícios ambientais obtidos pela implantação da produção enxuta, reconhecendo importantes conclusões: (FOUND, 2009).

- O enxuto produz um ambiente operacional e cultural altamente propício para a minimização de resíduos e prevenção da poluição;

- Enxuto pode ser aproveitado para produzir melhorias no processo e ainda mais nos aspectos ambientais da produção.

A produção enxuta e a adoção de pensamento enxuto tem se concentrado recentemente na situação económica e alguns aspectos sociais da sustentabilidade. No entanto, a essência da produção enxuta é produzir mais com menos, o que implica que as organizações usem menos recursos não renováveis na forma de matérias-primas e energia. Este conceito pode ser estendido para determinar se o pensamento enxuto pode ser aplicado no intuito de reduzir a poluição e as emissões, e se os fabricantes enxutos são, portanto, mais eco- amigáveis. Maxwell et al. (1993) realizou-se a pergunta em relação a se a produção enxuta significava verde o sustentável ambientalmente e sugeriu que havia uma relação entre a produção enxuta e inovadoras práticas ambientais. David Wallace (1995) em um relatório para o Instituto Real de Assuntos Internacionais e concluiu que a busca da melhoria contínua, cria oportunidades substanciais para a prevenção da poluição e o desperdício e redução de emissões (FOUND, 2009). No Quadro 3.2 são apresentados os benefícios potenciais obtidos no nível ambiental, a partir da implantação de algumas das ferramentas da produção enxuta.

Quadro 3.2 Benefícios ao meio ambiente por meio de implantação de ferramentas enxutas.

FERRAMENTA	VANTAGENS	Benefícios ao Meio Ambiente
Kanban	Redução do volume de inventário	Não ocorrência de deterioro de materiais traduzido em geração de Resíduos. Além de reduzir o uso de energia necessário para manter o inventário (armazém).
Manufatura Celular	Redução de uso de meios de transporte	Reduz o uso de materiais usados para a manutenção de equipamentos de movimentação
	Redução de movimentação de material	Reduz a possibilidade de ocorrência de danos dos materiais pela manipulação o que é traduzido em uma diminuição de resíduos gerados pelo processo
Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM)	Identificação de desperdícios no Processo	Apoia na rápida identificação de desperdícios, gerando assim, uma rápida atividade de melhoria que diminua a geração de resíduos.
Manutenção Produtiva Total (TPM)	Rendimento eficiente dos equipamentos	Reduz o uso de energia pelo mau funcionamento da máquina e a produção de produtos defeituosos que são traduzidos em resíduos
	Diminuição de paradas dos equipamentos para manutenção	Reduz o uso de materiais usados para a manutenção de equipamentos por paradas imprevistas
5'S	Visualiza problemas da produção	Reduz a geração de desperdícios no processo
	Eleva a motivação dos trabalhadores para uma maior produtividade	Aumenta o interesse do trabalhador por fatores ambientais no processo
Kaizen	Aumento de qualidade	Reduz a produção de produtos defeituosos, traduzidos em geração de resíduos.
	Melhoria contínua	Permite a otimização de processos, reduzindo os desperdícios e resíduos.
JIT	Produção puxada	Reduz a acumulação de estoques, diminuindo assim a ocorrência de materiais ou produtos danificados no armazém
JIDOKA	Impede a geração e propagação de defeitos	Reduz a produção de produtos defeituosos, traduzidos em geração de resíduos e uso de energia em processamento.
Trabalho Padronizado	Estabilidade no Processo	Reduz a geração de desperdícios no processo, traduzido em resíduos e uso de recursos naturais.

Os autores Bergmiller e McCright (2009, (a)), sugerem que as similitudes dos modelos de sistemas de operação enxutos e sistemas ambientais são evidentes. Baseados nesta premissa realizam um estudo sobre a sinergia dos dois conceitos partindo de elementos chaves de cada programa. Os elementos são mostrados no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 Elementos Produção Enxuta e Operações Verdes

	Elementos Sistemas de Produção Enxuta	Elementos Sistemas de Operações Verdes
Sistemas de Gestão	<ul style="list-style-type: none"> *Liderança *Capacitação *Satisfação *Funções de Apoio 	<ul style="list-style-type: none"> *Sistemas de Gestão Ambiental *Certificados ISO14001
Técnicas de redução de Resíduos	<ul style="list-style-type: none"> *Visão/ Estratégia *Inovação *Parcerias *Operações 	<ul style="list-style-type: none"> *Redesenho do Produto *Redesenho de Processos *Desmontagem *Substituição *Reduzir *Reciclagem *Re-manufatura *Consumir Internamente *Prolongar o Uso *Embalagens Retornáveis *Criação de Mercados *Segregação de Resíduos *Alianças
Resultados do Negócio	<ul style="list-style-type: none"> *Qualidade *Custos *Entregas *Satisfação do Cliente *Rentabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> *Custos *Prazos de Entrega *Posição no mercado *Desenho do Produto *Processo de Resíduos *Equipamentos *Benefícios

Fonte: Adaptado de ((BERGMILLER, McCRIGHT, 2009 (a))

A partir dos elementos apresentados no quadro 3.3, os autores criam o modelo de relação de sinergia entre os conceitos de sistema de produção enxuta e sistemas de operações verdes. A fim de mostrar o relacionamento entre os conceitos, como se mostra na Figura 3.1.

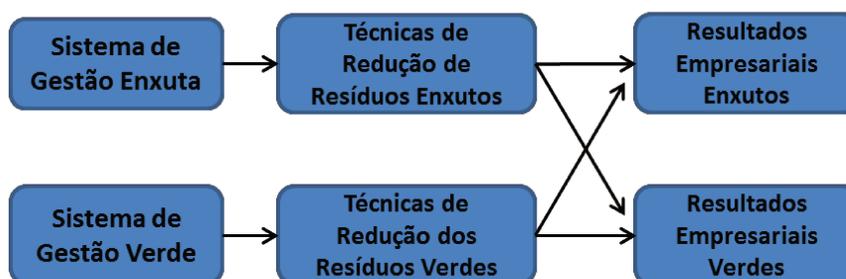


Figura 3.1 Modelo de uma relação sinérgica entre Enxuto e verde
 Fonte: BERGMILLER (2009)

Como resultado do estudo, obtém-se que cada um dos cinco resultados da produção enxuta é significativamente influenciado por um ou mais dos elementos incluídos no sistema

verde. Explorar essas relações expõe mecanismos através dos quais, esforços para melhorar a mentalidade verde de uma empresa, contribuem conseqüentemente na melhoria da conceptualização e aplicabilidade da produção enxuta para a organização.

Em termos de qualidade, por exemplo, a medição deve incluir aspectos como rendimento do processo, retrabalhos, sucata, variações no processo, custos de garantia, rejeição do cliente e custos operacionais. O processo ideal do sistema verde inclui um rendimento perfeito e nenhuma sucata, por consequência, a partir de uma implantação de sistemas de gestão ambiental, apresenta-se uma relação forte com a melhoria contínua da qualidade. Desde o ponto de vista da produção enxuta à conexão com objetivos verdes é visível. Igualmente, em termos de custos, a influência do sistema de gestão ambiental à produção enxuta é significativa. Da mesma forma em que a substituição de matérias primas, o uso de embalagens retornáveis, segregação de resíduos e a criação de um mercado, geram uma eficiência no uso de recursos, evitando assim, impactos ambientais. Ou seja, se a empresa enfatiza recursos e esforços na redução total de resíduos, isto por sua vez, impulsiona a redução de custos (BERGMILLER, 2006).

3.5 Comentários Finais

Na economia globalizada atual, as empresas encontram-se cada vez mais sendo pressionadas na demonstração do gerenciamento adequado em suas estruturas ambientais, sociais e econômicas. Isto se encontra relacionado à crescente consciência popular sobre os danos causados ao meio ambiente e à saúde da comunidade, a través dos processos produtivos (POMBO, MAGRINI, 2008).

Existe a preocupação de que a melhoria de desempenho ambiental e social prejudique de forma crescente a sustentabilidade econômica de uma organização, e que esses são os motivos pelos quais muitas empresas não consigam cumprir com as responsabilidades ambientais (FLORIDA, 1996). Embora, é reconhecida que a melhora do desempenho ambiental das empresas apresenta aumento de lucros (PORTER, VANDERLINDE, 1995; CORBERTT, KLAASEN, 2006) e ainda assim, as empresas com alto desempenho ambiental alcançam retornos mais elevados do mercado (FOUND, 2009).

A aplicação da produção enxuta contribui significativamente na melhora de processos produtivos nas organizações, obtendo benefícios na produtividade, melhora de qualidade do produto, otimização de uso de materiais e recursos naturais, eficiência de processos.

Do exposto na revisão teórica pode se inferir que a adoção dos conceitos produção enxuta e ambiente enxuto deverão trazer ganhos e benefícios tanto para as empresas como para a comunidade em geral.

Nos quadros 3.1, 3.2 e 3.3 em conjunto com a figura 3.1 é mostrado o relacionamento existente entre os conceitos enxutos desde as perspectivas de produção e ambiente.

Capítulo 4

Proposta de Aplicação

4.1 Contexto

Nos capítulos anteriores deste trabalho foi apresentado o referencial teórico alusivo aos termos de produção enxuta, ambientes enxutos e sistemas de gestão ambiental focando em características de maior relevância na indústria eletrônica. Atualmente, para as empresas manterem-se competitivas, faz-se necessário atingir novos desafios provenientes de mudanças nos ambientes de negócios. É importante não focar somente em aumento de eficiência nos processos produtivos, mas também, em um gerenciamento adequado na estrutura ambiental.

Desta forma, torna-se importante realizar um estudo de gestão ambiental, que envolva diferentes características de cada um dos conceitos estudados individualmente no Capítulo 2. O intuito é estudar os pontos de vinculação presentes em seus conceitos, além das possíveis ferramentas aplicáveis na melhoria da eficiência na produção.

Este capítulo apresenta uma proposta de estudo de impacto ambiental em uma linha que demonstra aplicação de conceitos enxutos em seus processos, sendo baseada nos conceitos encontrados na bibliografia.

A proposta contribui na estrutura de passos a serem seguidos para realizar um estudo de aspectos ambientais, em linhas que estejam implementando os conceitos enxutos dentro da empresa. O qual possibilita melhoria continua nos processos, minimizar os resíduos e os impactos ambientais e cumprir com objetivos e normatividade ambiental vigente. A proposta não tem a finalidade de ser a única fonte de informação para proceder em um estudo de impacto ambiental. A metodologia pretende servir como guia na realização de projetos que envolvam temas ambientais e melhoras de processos.

Em síntese, considera-se o desperdício produzido por uma linha de produção, minimizando seu impacto ambiental, por meio do trabalho conjunto encontrado nos princípios, da Produção Enxuta e ambiente enxuto.

4.2 Fases da Proposta de Aplicação

É importante ressaltar que para efeitos desta pesquisa busca-se escolher uma empresa com características específicas determinadas pelo pesquisador. Neste contexto é importante que a empresa seja do setor de produção de equipamentos eletrônicos, assim como, deve existir a implantação de algumas ferramentas enxutas ou conceitos enxutos definidos para sua aplicação. Estes requisitos são necessários para aplicar na empresa a metodologia proposta, os quais permitirão obter melhores resultados de análises, sugestões futuras e adaptabilidade do estudo.

A primeira fase consiste em um levantamento e análise de informação, incluindo estudos anteriores, artigos científicos e recursos on-line. Assim, as análises apoiadas nestas informações permitem definições do estado da arte do termo enxuto, à necessidade de implantação de sistemas de melhoria contínua e gestão ambiental nas empresas. Como segunda atividade, escolhe-se uma empresa do setor eletrônico (motivação no capítulo 2), onde busca implantar a proposta de aplicação, analisando e conhecendo aspectos ambientais do processo.

Na segunda fase, realiza-se uma primeira entrevista e visita com o coordenador de produção na empresa escolhida para o estudo de caso. O objetivo é obter informações os fluxos de materiais, identificação dos pontos fracos, oportunidades de melhoria no processo e no desempenho ambiental. A análise da informação, obtida na entrevista e visita, permite atingir os objetivos formulados para esta fase, os quais são:

- Identificar os pontos fracos da produção, de maior geração de perdas e desperdícios;
- Identificar quais são as possíveis ferramentas enxutas que podem ser aplicadas no conceito de melhoria contínua;
- Eliminar e/ou reduzir a geração de resíduos sólidos, emissões atmosféricas e efluentes líquidos;
- Prevenir perdas de produtos.

A terceira fase consiste na identificação de pontos de melhoria que possam garantir processos mais eficientes, com base nos resultados obtidos na segunda fase. Visa-se identificar aspectos enxutos implantados na linha de produção, de forma que possa ser mostrado o nível de produção enxuta em que se encontra a empresa e quais poderiam ser as melhorias adaptadas.

Em seguida, na quarta fase, também utiliza-se os dados e informações coletadas na fase 2, para a análise do processo produtivo. Porém, visa-se identificar os aspectos ambientais do produto, de forma que possa ser mostrado o impacto ambiental da linha de produção, permitindo assim, sugerir melhorias no produto para se tornar mais viável ambientalmente.

Finalmente, a última fase inclui a apresentação dos resultados sobre a análise de aspectos ambientais e enxutos, os quais a empresa deve-se concentrar para obter melhorias no processo. Com isso, permite-se sugerir um sistema de gestão ambiental que corresponde ao manejo de materiais e resíduos obtidos no processo produtivo.

A seguir, na Figura 4.1 apresenta-se um esquema da proposta de estudo de impacto ambiental em uma linha de produção enxuta, e na seguinte seção apresenta-se detalhes de cada uma das fases.

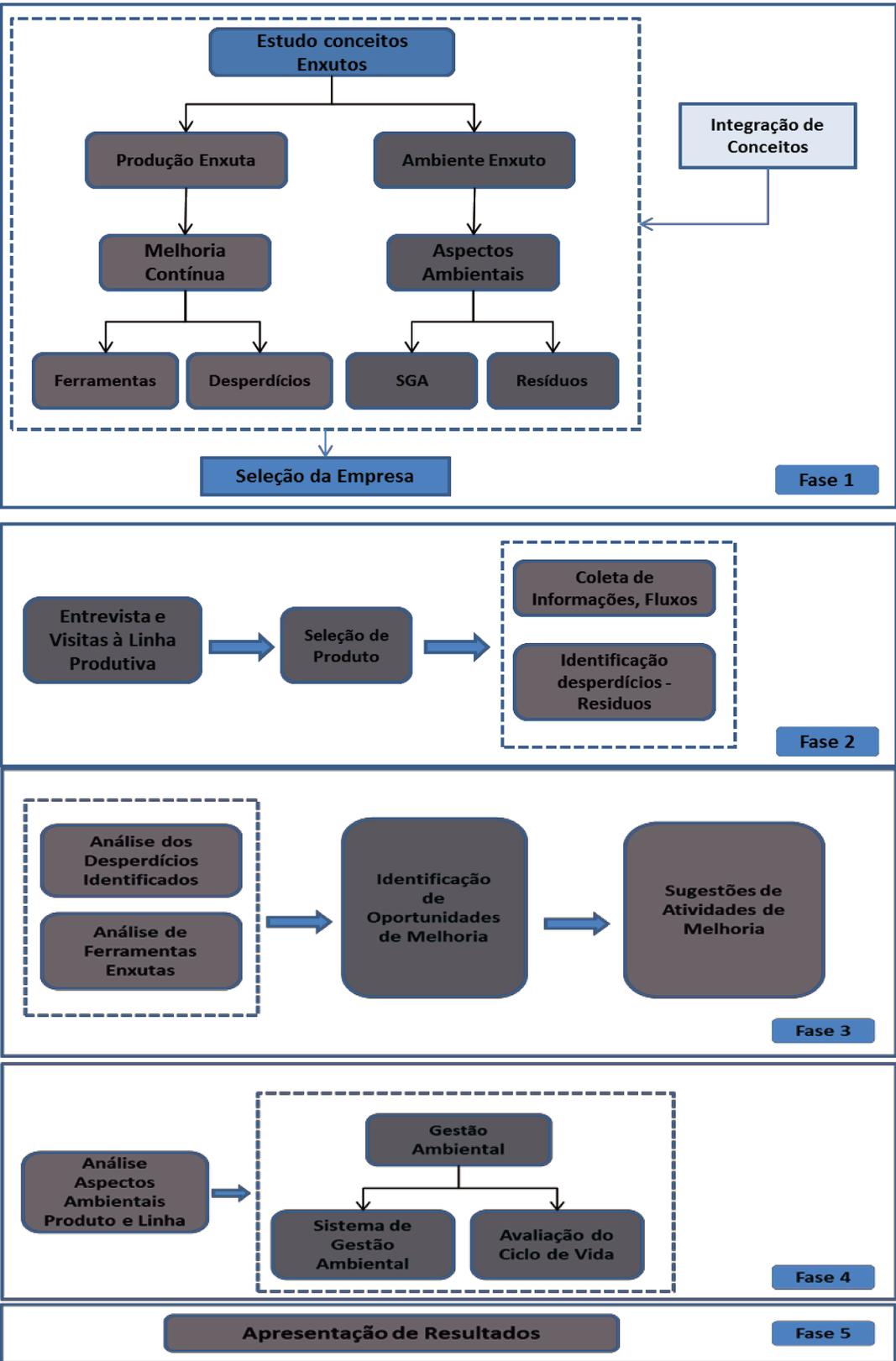


Figura 4.1 Proposta de Aplicação e suas Fases

4.2.1 Fase 1: Entendimento do ambiente das organizações a partir de conceitos enxutos e aspectos ambientais – Seleção da empresa para o estudo de caso

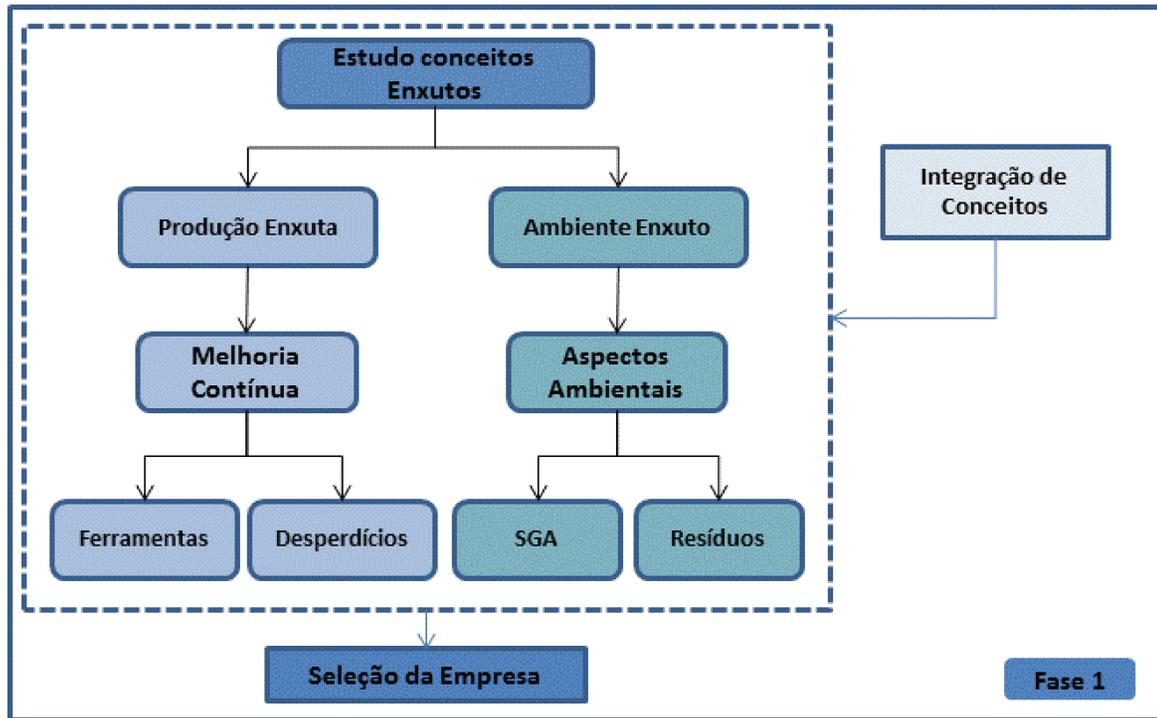


Figura 4.2 Fase 1 da Proposta de Aplicação

Os capítulos anteriores proporcionam ideias claras dos principais conceitos abordados sobre a produção enxuta, aspectos ambientais dos processos produtivos e indústria eletrônica. O objetivo é atingir uma melhor compreensão sobre o ambiente, em que se desenvolvem estas novas ferramentas de acompanhamento na melhoria de processos. De forma breve, a seguir destaca-se alguns aspectos.

A produção enxuta é um conjunto de princípios, práticas ou estratégias operacionais orientadas para atingir o tempo de ciclo mais curto possível, eliminando resíduos. Derivado do sistema de produção Toyota, o impulso fundamental da produção enxuta é aumentar o valor agregado de trabalho, eliminando desperdícios. Esta estratégia operacional é projetada para melhorar a satisfação do cliente, a produtividade empresarial, o tempo de rendimento de processamento, qualidade e rentabilidade. (MARTIN, 2006)

Na atualidade, devido a uma demanda social crescente de sustentabilidade ambiental, os setores industriais têm-se interessado cada vez mais em trabalhar com conceitos ambientais dentro dos processos, para tornar suas operações mais eficientes e mais competitivas globalmente. Assim, a implementação de sistemas integrados de gestão ambiental posicionam em um mesmo plano de questões relativas as dimensões financeiras, de qualidade, de redução de desperdícios e desempenho ambiental. (KLEINDORFER et al., 2005; PAGELL, GOBELI, 2009)

A aplicação conjunta dos princípios dos conceitos da produção enxuta e ambiente enxuto permitem uma eficiente transformação de matérias-primas em produtos mais viáveis ambientalmente. De maneira que, reduzam-se os custos, gerem cada vez menos resíduos e permitam uma reavaliação das empresas no sentido de melhorar continuamente a interação de suas atividades, produtos e/ou serviços com o meio ambiente.

4.2.2 Fase 2: Coleta de dados da empresa, verificação de fatores críticos de sucesso na implantação do conceito enxuto e gestão ambiental.

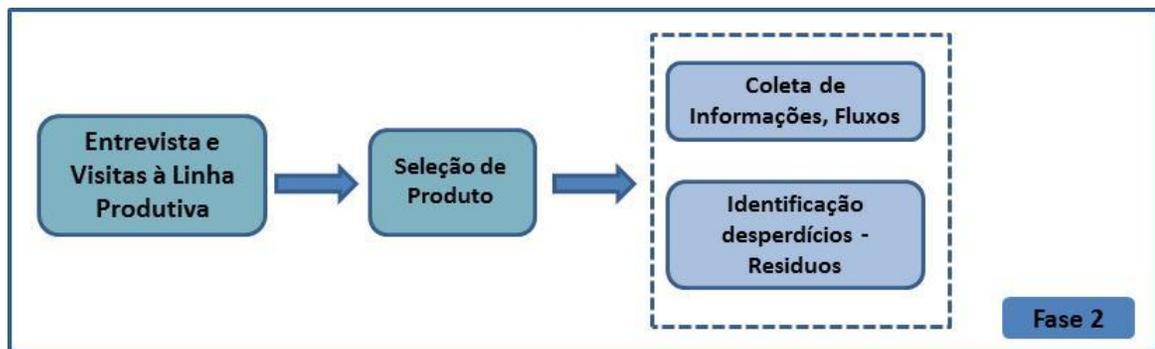


Figura 4.3 Fase 2 da Proposta de Aplicação

O objetivo inicial desta fase é obter informação do processo produtivo escolhido para o estudo de caso, sendo realizada por meio de duas atividades. Como atividade inicial, a realização de uma entrevista com o coordenador da produção enxuta na empresa e em uma segunda atividade, uma observação direta na linha de produção. Assim, as informações obtidas na entrevista devem permitir:

- Caracterizar a empresa e sua linha de produção com fluxos de materiais, identificar as práticas enxutas implantadas;

- Identificar fatores ou pontos críticos de sucesso no contexto enxuto, os quais são os resíduos e desperdícios gerados pela linha de produção.

A seguir, descreve-se cada uma das atividades a serem realizadas nesta fase:

A) Caracterização da empresa – Coleta de dados e aquisição de informações: Nesta atividade é possível documentar o trabalho teórico-prático, identificando por meio de uma entrevista a situação atual da empresa com seus processos e o nível de implantação de produção enxuta. O questionário sugerido para esta atividade encontra-se no Apêndice A e é respondido de forma descritiva. O mapeamento de fluxo de valor pode cumprir um papel importante como fonte de evidências para a avaliação da implantação dos princípios e práticas enxutas ao longo do processo. (ROTHER, SHOOK, 1998). As avaliações efetuadas pelo entrevistador poderão estar acompanhadas de critérios que ajudem na identificação e coleta de informações, tais como:

- Não Aplica (NA)
- Não Existe (NE) relacionada a atividades que não estão sendo aplicadas, mas que, devido a características da empresa, poderão ser adotadas.
- Aplicação Muito Fraca (AMFr)
- Aplicação Média (AM)
- Aplicação Forte (AF)
- Aplicação Muito Forte (AMF)

B) Observações diretas do trabalho na linha de montagem: Segundo Liker (2004), a observação detalhada e crítica do processo é uma característica importante de uma cultura enxuta. Sendo assim, aplica-se a observação a fim de identificar os pontos fracos de sucesso, as oportunidades de melhoria no processo e no desempenho ambiental apresentado pela empresa selecionada. Por conseguinte, torna-se aceitável que a observação direta também assuma um papel importante como fonte de evidências em uma análise e avaliação da produção enxuta e aspectos ambientais. As observações tiveram foco nos itens apresentados no questionário e nos fatores ambientais, uma vez que sejam de fácil visualização.

4.2.3 Fase 3: Análise de dados coletados e identificações de oportunidades de melhoria desde a perspectiva enxuta.

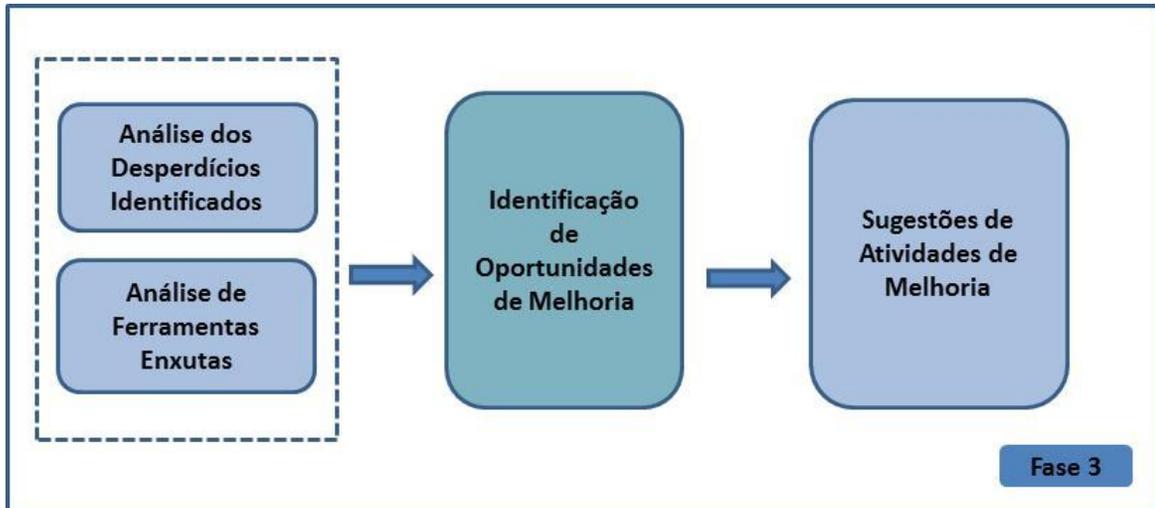


Figura 4.4 Fase 3 da Proposta de Aplicação

Esta fase consiste na identificação de pontos de melhoria e pontos fracos que se encontram no processo produtivo escolhido para o estudo. O objetivo principal desta fase é gerar um diagnóstico para a empresa em relação ao conceito enxuto, baseando-se em análises das operações e fluxos na cadeia de valor. Assim, identificar quais ferramentas encontra-se implantadas e que poderiam ser praticadas, e quais são os pontos críticos no processo de forma em que a empresa consiga tornar seu processo mais eficiente.

Dessa forma, baseado nas informações coletadas se busca conhecer dados sobre linha de produção, processos, tempos de ciclos, ferramentas, etc. A visão das ferramentas enxutas que pode ser implantada como suporte na geração de uma melhoria contínua nos processos é mostrada na Figura 4.5. Logo, observa-se um exemplo de aplicação de ferramentas enxutas, segmentadas ao longo das etapas específicas do processo como a observação detalhada, as boas práticas, o desenho de melhorias na oferta e demanda.

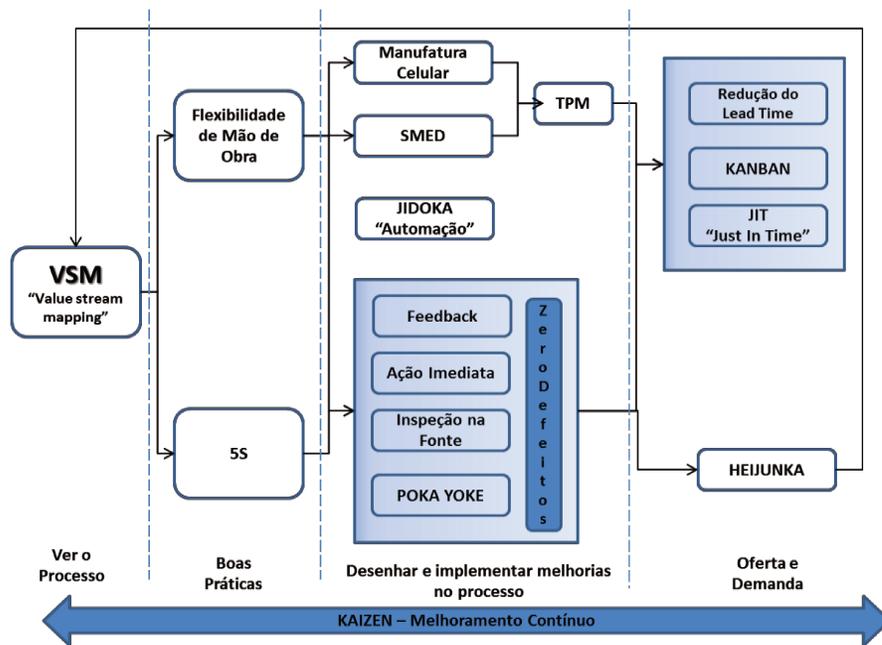


Figura 4.5 Ferramentas enxutas.
Fonte: Adaptado de Ghinato (1995)

4.2.4 Fase 4: Análise de dados coletados e identificações de Aspectos Ambientais.

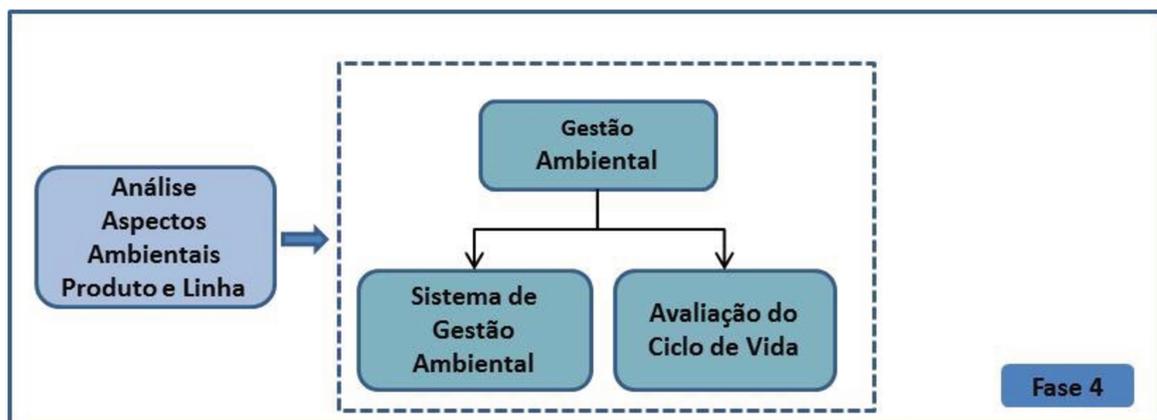


Figura 4.6 Fase 4 da Proposta de Aplicação

Esta fase da proposta consiste na análise da linha de produção desde o ponto de vista ambiental, baseado em conceitos anteriores (Ver Capítulo 2) e com dados coletados na fase 2 para identificar aspectos ambientais do processo e produto. Da mesma forma, conhecer se existe implantação de sistema de gestão ambiental na empresa.

Assim, o estudo permitirá conhecer os aspectos ambientais inclusos no processo produtivo e análise das possíveis sugestões. O que permitirá à empresa empreender atividades de melhoria que permitam tornar o processo e produto ambientalmente sustentável.

A análise de aspectos ambientais da linha de produção traz benefícios para a empresa. A partir do mapeamento do fluxo desde o enfoque ambiental se permite incluir características de consumo energético, hídricos e resíduos gerados pelas operações e pelo produto.

A adoção de técnicas ambientais nas organizações produtivas e/ou de serviços surge da necessidade de contribuir com o meio ambiente, adquirir ganhos econômicos e aumento de mercado. Mesmo que, os resultados não sejam imediatos se requerem de processos de continuidade.

As organizações produtivas devem criar metodologias administrativas e operacionais para atenderem problemas ambientais resultantes da sua atuação, ou para evitar que tais ocorram no futuro (BARBIERI, 2007).

Procura-se nesta etapa encontrar quais são as estratégias ou ferramentas que podem ser implantadas na empresa escolhida para o estudo, de forma que se beneficie à gestão ambiental, baseados em dados coletados em fases anteriores e a análise correspondente. Nesta mesma fase, é sugerido pelo pesquisador um sistema de gestão ambiental que poderia ser implantado na empresa para atingir as normas ambientais.

- **Sistema de Gestão Ambiental:** Cada empresa determina o sistema de gestão ambiental que mais convenha desenvolver para sua atividade produtiva, atingir os objetivos do mercado e cumprir com as exigências meio ambientais. Além de depender do tamanho, a atividade que realize, os produtos e/ou serviços que produza e a gestão que venha desenvolvendo a empresa. Os sistemas de gestão ambiental em duas empresas do mesmo setor não requerem ter igual sistema. Embora, todos os SGA implantados e desenvolvidos segundo a metodologia ISO14001 devem cumprir uma exigência comum: a melhoria continua do comportamento ambiental. Para isso, é importante começar na construção de um SGA a partir do ciclo **Plan, Do, Check e Act (PDCA)**, em português, planejar, executar, verificar e atuar.

O modelo básico de um sistema de gestão ambiental está descrito no documento de orientação na NBR ISO14004, como um processo de cinco etapas:

- **Compromisso e Políticas:** Nesta fase, a empresa define uma política ambiental e assegura o compromisso com ela. A política ambiental é definida como uma declaração feita pela organização sobre as intenções e princípios relacionados ao desempenho ambiental. A definição da política ambiental deve ser antecedida pela avaliação ambiental inicial, para assegurar que a política seja estabelecida com base no reconhecimento dos impactos ambientais que a empresa produz (BARBIERI, 2004).
- **Planejamento:** A empresa cria um plano que satisfaça a política ambiental. Este planejamento deve priorizar aspectos ambientais, como a análise de ciclo de vida que visa identificar o desempenho ambiental dos processos e produtos, de forma que, se cumpram com as políticas ambientais. Para o bom planejamento torna-se necessário incluir 3 etapas que estão comportadas por: Aspectos ambientais; requisitos legais e outros; objetivos, metas e programas. A identificação dos aspectos ambientais é o processo contínuo que identifica o impacto positivo, negativo, passado, presente, potencial que a organização pode gerar sobre o meio ambiente. Nos requisitos legais e outros, a empresa deve estabelecer os próprios critérios de desempenho, estes podem estar relacionados à gestão da produção, prevenção e controle de poluição, gerenciamentos resíduos perigosos, controle de consumos de insumos, entre outros. Para planejar os objetivos, metas e programas, busca-se estabelecer indicadores de desempenho mensuráveis, que demonstrem o desempenho do SGA. Estes objetivos e metas devem ser compatíveis com a política ambiental da empresa (BARBIERI, 2004).
- **Execução:** A empresa disponibiliza todos os recursos e mecanismos de apoio por o plano de ação e é executado. Esta etapa significa estabelecer recursos humanos, físicos e financeiros para atingir as metas e objetivos do plano. A administração deve assegurar a disponibilidade de recursos essenciais para o estabelecimento, implantação e melhoria do SGA. A empresa deve estar preparada para garantir a comunicação interna, entre os diversos níveis e funções da empresa, e externa, de

forma a demonstrar o comprometimento com o meio ambiente. Incluem-se nesta etapa a documentação, o controle de documentos, o controle operacional e a preparação a resposta de emergências (BARBIERI, 2004).

- **Verificação:** A empresa mede, monitora e avalia o desempenho ambiental em relação aos objetivos e metas do plano. Nesta etapa o monitoramento e as ações corretivas passam a se converter em procedimentos usuais no SGA. Descrevem-se aspectos e desempenho ambientais das organizações.
- **Análise crítica e melhoramento:** A organização realiza uma análise crítica e implanta continuamente melhoras no SGA, para assim, atingir o melhoramento do desempenho ambiental. Criam-se rotinas e mecanismos para a medição do SGA. Existem 5 itens necessários para cumprir esta etapa, os quais são: Monitoramento e medição; avaliação do atendimento a requisitos legais e outros; não conformidade, ação corretiva e ação preventiva; controle de registros e auditorias internas (BARBIERI, 2004).

Na Figura 4.7 mostra-se um desenho de SGA, que busca servir como base na criação de SGA para as empresas de acordo a suas práticas produtivas, setor industrial, tamanho, etc.

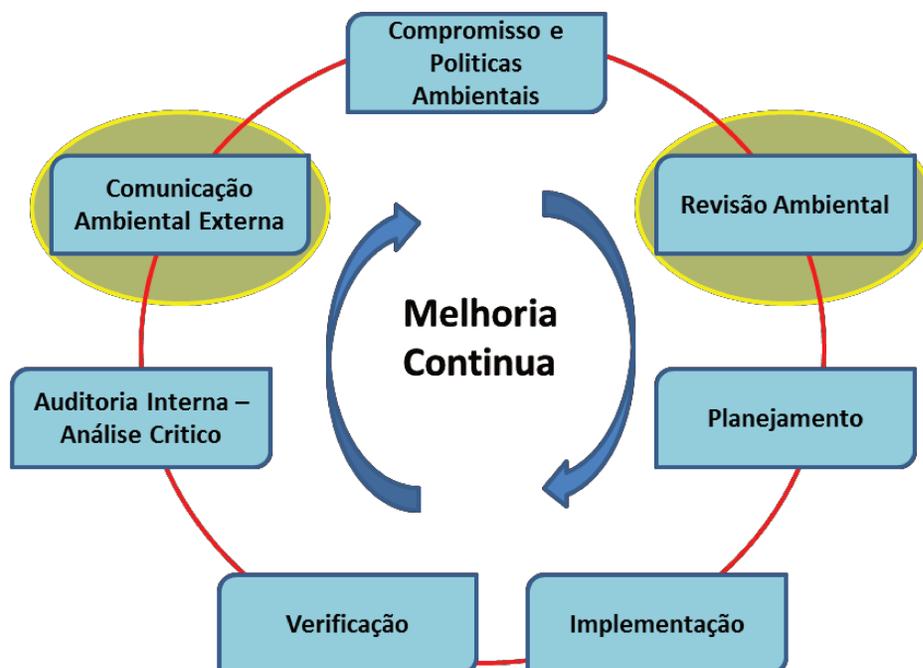


Figura 4.7 Proposta de Fases do Sistema de Gestão Ambiental

Na figura 4.7 é adicionado pelo pesquisador duas etapas além das já mencionados, as quais correspondem à revisão ambiental e comunicação ambiental externa.

- **Revisão Ambiental:** Para as empresas que vão implantar o SGA pela primeira vez, esta etapa corresponde a uma revisão ambiental que permita conhecer o nível atual da empresa em relação ao cumprimento das normas ambientais e o nível da gestão ambiental. Esta etapa ajuda no planejamento e preparação de informes de revisão para uma posterior implantação dos resultados. Numa empresa que já implanta o SGA pode ser uma atividade de recollecção de informação e documentação de respaldo na verificação de resultados obtidos por meio do estabelecimento do SGA.
- **Comunicação Ambiental Externa:** Esta etapa faz referencia a uma comunicação permanente que deve existir com a comunidade externa como forma de manter uma imagem favorável da empresa. Nesta etapa a empresa mostra a politica ambiental, ratifica o compromisso ambiental e a adaptação sustentável frente à comunidade, e por sua vez, percebe a visão da comunidade com relação à empresa e seu desempenho ambiental. Mostra-se na Figura 4.8 a ideia principal da etapa de comunicação ambiental externa.



Figura 4.8 Comunicação Ambiental Externa

4.2.5 Fase 5: Apresentação de Resultados.



Figura 4.9 Fase 5 da Proposta de Aplicação

Esta fase consiste na apresentação dos resultados obtidos do estudo e seguidamente da discussão com as pessoas responsáveis na empresa dos procedimentos enxutos e ambientais, em relação a considerações importantes encontradas no trabalho sobre a identificação de pontos de melhoria.

4.3 Comentários Finais

O presente trabalho pretende realizar um estudo ligado à gestão ambiental por meio de análises de dados, identificação de pontos de geração de resíduos (sólidos, líquidos) e busca encontrar soluções para prevenir a poluição. Procura-se com isto pressionar a empresa a pensar na melhoria sistemática de seus processos. Encontra-se em Romm (1996), a afirmação dos professores Hayes, Wheelwright e Clark reforçando a ideia que: “a redução de desperdício de matéria-prima (prevenção da poluição), com frequência, aumenta a produtividade muito além do que se pode esperar com a economia apenas de material”.

O estudo de aspectos ambientais e de processos apresenta vantagens para as empresas de forma que ajuda com um mapeamento de fluxo de valor, onde é possível conhecer informações de materiais usados, quantidades produzidas, desperdícios, geração de resíduos, consumo energético e hídrico. Assim, identificar características de melhoria aplicáveis no processo.

Capítulo 5 .

Estudo de Caso

5.1 Contexto

No capítulo anterior deste trabalho foi apresentada a proposta de aplicação do estudo de impacto ambiental numa linha de produção enxuta e as diferentes fases. Da mesma forma, a seguir apresentara-se um estudo de caso real em uma empresa constituída no estado de São Paulo e produtora de equipamentos eletrônicos.

O estudo de caso foi realizado a través de uma entrevista e observação direta por meio de visitas periódicas à empresa. Desta forma, foi possível a coleta de informações chaves na avaliação do processo produtivo, a fim de que mostrar a adaptabilidade entre a pesquisa realizada e a metodologia proposta.

As informações coletadas da empresa permitiram a análise e avaliação de dados recolhidos, a fim de, permitir a obtenção e identificação de pontos críticos no processo e sugestões de melhoria aplicáveis na organização.

A participação da autora na empresa se deu como um consultor externo, em busca de analisar e sugerir mudanças na empresa para obter melhorias no processo, e identificar fatores críticos de impacto ambiental. A pesquisadora participou em rotinas de trabalho, coleta dados da linha e contato com as pessoas encarregadas do processo. Contudo, como consultor externo, não tinha poder de decisão sobre as atividades que seriam realizadas. Por tanto, o trabalho focou-se principalmente na identificação de oportunidades de melhoria e etapas a serem seguidas para obter benefícios no processo.

Como primeira atividade, selecionou-se a empresa cumprindo com os requisitos dados pelo pesquisador. Seguidamente realizou-se uma entrevista e observação direta para a obtenção e coleta de dados. Logo que foram coletadas as informações, realizou-se a análise de dados desde a

perspectiva enxuta e ambiental de forma em que possam ser identificados os problemas que apresenta a linha de produção.

5.2 Fases da Proposta de Aplicação

Em seguida, mostrara-se cada uma das fases que compõem a proposta de aplicação e o desenvolvimento das mesmas com as informações coletadas na prática do estudo de caso real.

Selecionou-se uma empresa do setor de equipamentos eletrônicos pela preocupação existente do descarte. Quando os eletrônicos são jogados no lixo comum, as substâncias químicas penetram no solo, podendo entrar em contato com lençóis freáticos. Como resultado, substâncias como mercúrio, cádmio, arsênio, cobre, chumbo e alumínio contaminam plantas e animais por meio da água.

O impacto ambiental dos Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE), quando não são tratados apropriadamente após a sua fase de uso, e a perda econômica, proveniente da não valorização do ciclo de economia, são imensos. Como exemplo telefones celulares descartados em aterros sanitários ou incinerados cria a possibilidade de liberar substâncias tóxicas (metais pesados, compostos presentes nos EEE) que antes estavam nas baterias, circuitos impressos, displays de cristal líquido, carcaças de plástico ou fiação (SKERLOS, BASDERE, 2003).

5.2.1 Fase 1: Entendimento do Ambiente das Organizações a partir de conceitos *Enxutos* e Aspectos Ambientais – Seleção da Empresa

Os programas de produção enxuta e ambientais requerem uma gestão comprometida e o envolvimento de todos os níveis da organização. A identificação, redução de desperdícios organizacionais e a melhora contínua na empresa, sugere que a implantação de programas enxutos evidencia para o programa ambiental uma força de apoio. Um estudo em empresas enxutas mostra que diversos elementos que compõem o programa ambiental estão incluídos em atividades de produção enxuta. Esta evidencia suporta a conclusão da existência de uma sinergia significativa entre os dois programas, sugerindo que empresas que adotam o programa enxuto dentro de seus processos, terão mais sucesso no cumprimento de objetivos verdes (BERGMILLER, McCRIGHT, 2009 (a)).

Atividades existentes que visam aumentar a eficácia e eficiência da empresa através da implantação de produção enxuta *mostram* vários pontos em comum. Todas concordam que o compromisso da alta gerencia para um eficaz sistema enxuto, é necessário na construção de uma cultura organizacional de melhoria contínua. Do mesmo modo, a capacitação dos trabalhadores na toma de medidas para melhorar o sistema tornam-se importantes. Além de concordar em que a adesão de programas enxutos em longo prazo deve ajudar na obtenção de melhorias do negocio (BERGMILLER, McCRIGHT, 2009 (b), LIKER, 2004).

Portanto, estratégias utilizadas na redução de impactos negativos do meio ambiente são ao igual que atividades enxutas, consistentes em termos de estrutura. As atividades verdes ou ambientais sugerem o compromisso da alta gerencia com o meio ambiente, como tarefa necessária na construção de uma cultura de considerações ambientais. Assim também, a capacitação dos trabalhadores para tomar medidas de prevenção de impactos ambientais negativos das operações da empresa. Estas estratégias concordam em que os resíduos gerados pelas operações da empresa devem ser identificados. A fim de que seja possível aplicar nos resíduos, técnicas adequadas para reduzir o eliminar à geração dos mesmos (BERGMILLER, McCRIGHT, 2009 (b), EPA, 2001).

- **Seleção e Caracterização da Empresa**

A empresa foi escolhida por julgamento, pois demonstrou disponibilidade e perfil aberto à identificação de oportunidades de melhoria, disponibilizando seus dados para diversos temas relacionados ao desenvolvimento da pesquisa. Além de apresentar fatores que cumprem com os requisitos dados para o estudo. Por motivos de preservação da identidade da empresa, das informações e dados coletados, não se utiliza o nome real sendo mencionada a partir deste momento como ABC.

A ABC é uma empresa que atua no setor industrial de produtos eletrônicos, localizada no estado de São Paulo e dedicada à fabricação de impressoras. O coordenador de produção mostrou interesse no estudo e comprometeu-se em fornecer os recursos e informações necessários dentro de seu alcance para o bom desenvolvimento do trabalho. Além de servir como modelo de referencia ao pessoal da empresa, em promover o trabalho de melhora continua traçados pela

ABC. A seguir, mostram-se os principais produtos gerados pela linha de produção, de forma que possa conhecer-se um o processo produtivo.

A) Impressora de jato de tinta

As impressoras a jato de tinta utilizam sistemas dotados de uma cabeça de impressão ou cabeçote com centenas de orifícios que despejam milhares de gotículas de tinta por segundo. Comandados por um programa que determina quantas gotas, e onde deverão ser lançadas as gotículas e a mistura de tintas. O esquema de cores empregado por estes equipamentos é **CMYK**, sigla que identifica as cores **C**ianos, **M**agenta, **Y**arelo (**Y**ellow) e **K** preto (**B**lack).



Figura 5.1 Esquema de Cores Impressora Jato de Tinta

Este tipo de impressoras é muito comum em ambientes domésticos e de escritórios, uma vez que oferecem uma impressão de boa qualidade e também fidelidade às cores. Na Figura 5.2 mostra-se um exemplo da impressora jato de tinta de uma marca qualquer.



Figura 5.2 Exemplo Impressora Jato de Tinta

B) Impressoras a Laser

A impressora a laser utiliza o raio laser modulada para a impressão e envia a informação para um tambor, através de raios laser. Oferecem impressões de excelente qualidade e em velocidade superior a “jato de tinta”. Utilizam um toner no lugar do cartucho de tinta, o qual contém um pó extremamente fino que, quando aquecido, gruda no papel e permite que a imagem, ou texto, seja fixado na folha. Na Figura 5.3 mostra-se um exemplo de impressora a laser.



Figura 5.3 Exemplo Impressora a Laser

5.2.2 Fase 2: Coleta de dados da Empresa, verificação fatores críticos de implantação do conceito *Enxuto* e gestão ambiental.

Em primeiro lugar, foi necessária a seleção de um produto da linha, na qual a empresa tivesse interesse em realizar o estudo. Foi escolhida a impressora jato de tinta, baseada em informações do coordenador, segundo o qual, nessa linha, as práticas enxutas estão implantadas de maneira mais avançadas que em outros setores da fábrica. Além disso, é o produto de maior volume de produção na empresa.

De acordo com o objetivo principal desta fase, realizaram-se duas atividades. Primeiramente uma entrevista ao coordenador da linha e em segundo lugar uma observação direta do processo. Por meio da entrevista foi possível obter e identificar informações da linha de produção e os resíduos gerados pelo processo. O roteiro de acompanhamento na entrevista

apresenta-se no Apêndice A. A observação direta consistiu em visitas ao chão de fábrica onde se pretendeu conhecer e analisar cada um dos postos de trabalho, indagando ao trabalhador sobre as condições e possíveis problemas presentes durante o processo.

Identificou-se primeiramente, que a empresa trabalha com uma produção puxada há vários anos. Requisito importante da conceptualização da produção enxuta e atividade que cumpre com os requisitos da proposta. Esta produção foi praticada visando obter um processo onde os materiais foram movidos unicamente no momento em que a próxima etapa o requeira. Assim, trabalhar com pequenos lotes e lead times baixos, fatores que reforçam as praticas enxutas na empresa.

O processo produtivo é trabalhado por meio de células de manufaturas, o que beneficia ao sistema na redução de movimentação de materiais, custos de movimentação, estoques de materiais, etc. A empresa, anteriormente trabalhava com produção em linha, fator que incrementava o número de desperdícios no processo e não permitia a implantação do conceito enxuto na organização. Na Figura 5.4 é mostrado o fluxo de materiais na linha de produção da impressora jato de tinta, por meio de células de manufatura na empresa ABC.

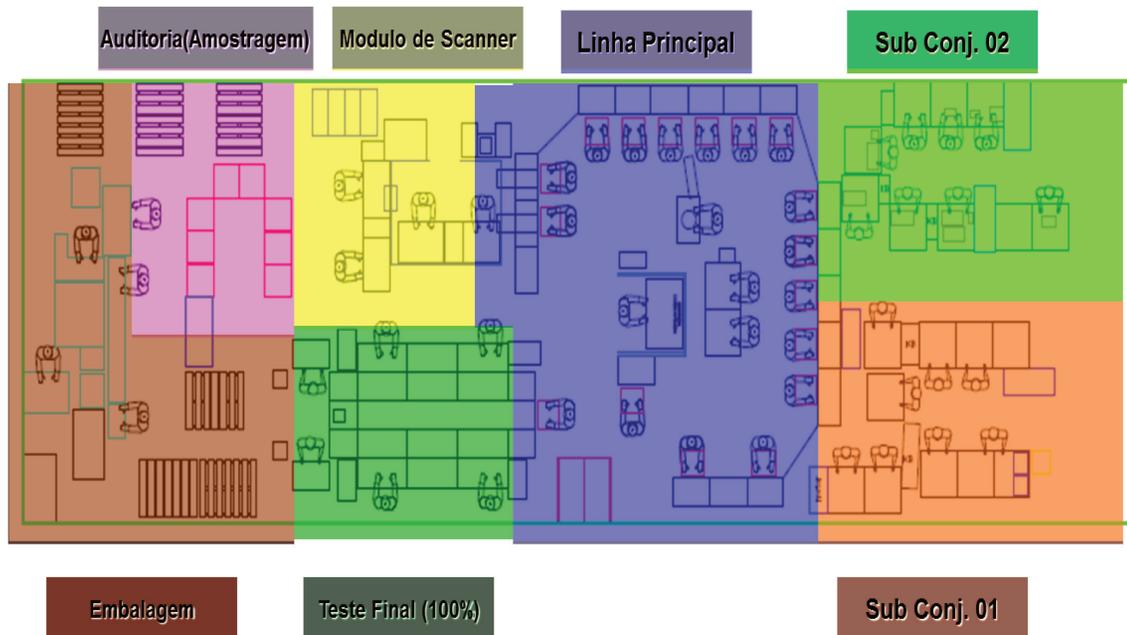


Figura 5.4 Células de Manufatura do Processo de Impressora Jato de Tinta

Observam-se na figura 5.4 as sete células de manufatura que compõem o processo produtivo da impressora jato de tinta. Encontra-se em cada uma delas resíduos e desperdícios diferentes. Com o fim de realizar uma análise completo da linha, foi necessário identificar as implicações ambientais e enxutas em cada célula, baseado em dados coletados da entrevista e a observação direta.

- **Células. Sub Conj. 01 e Sub Conj. 02**

Estas células correspondem aos ensambles primários da impressora. Incluem-se em elas, atividades de montagem de pequenas peças que compõem o produto final. Na Tabela 5.2, mostram-se os desperdícios e resíduos que foram identificados nestas células de manufatura.

Tabela 5.1. Desperdícios e Resíduos identificados nas Células Sub Conj. 01 e 02

Desperdícios	Resíduos
Espera	Peças Defeituosas
	Energia

- **Célula. Linha Principal**

Nesta célula encontramos atividades relacionadas ao ensamble eletrônico e carcaça da impressora. Identificaram-se no processo diferentes desperdícios e resíduos como mostra a Tabela 5.3.

Tabela 5.2. Desperdícios e Resíduos identificados na Célula. Linha Principal

Desperdícios	Resíduos
Espera	Peças Defeituosas
Produtos Defeituosos	Energia
	Sacolas de Embalagem peças eletrônicas

- **Célula. Modulo de Scanner**

Nesta atividade realiza-se a instalação do scanner. Esta ação requer um espaço adequado e fechado que evite arranhões e contato do scanner com o pó. Na Tabela 5.4 mostram-se os desperdícios e resíduos que foram identificados no estudo.

Tabela 5.3. Desperdícios e Resíduos Identificados na Célula. Modulo de Scanner

Desperdícios	Resíduos
Produtos Defeituosos	Peças Defeituosas
	Energia
Espera	Sacolas de Embalagem Scanner
	Materiais de Manipulação

- **Célula. Teste Final**

Nesta etapa do processo é testado o 100% dos produtos. Realizam-se atividades de impressão (cor e preto/branco) e scanner, de forma que se comprove o funcionamento da impressora. É provável que seja a atividade que gere maior quantidade de resíduos. Na Tabela 5.5 mostram-se os desperdícios e resíduos identificados.

Tabela 5.4. Desperdícios e Resíduos identificados na Célula. Teste Final

Desperdícios	Resíduos
Produtos Defeituosos	Papel
	Cartuchos
Espera	Energia

- **Célula. Auditoria**

Nesta célula apresenta-se a auditoria de qualidade do produto. A empresa trabalha com amostragem de 4% da meta de produção. Se uma impressora é rejeitada pelo auditor, o técnico da linha é responsável por estudar as possíveis causas do problema e assim, tomar ação no processo. Na Tabela 5.6 mostram-se os desperdícios e resíduos que foram identificados na célula.

Tabela 5.5. Desperdícios e Resíduos identificados na Célula. Auditoria

Desperdícios	Resíduos
Produtos Defeituosos	Impressora
Espera	Energia

- **Célula. Embalagem**

Etapa final das células de manufatura onde os produtos são embalados para ser entregues ao cliente final. A geração de resíduos nesta etapa pode-se dividir em dois tipos. O primeiro, esta relacionada a resíduos de materiais utilizados para a embalagem do produto. Por outro lado, geram-se resíduos externos ao processo, ou seja, materiais utilizados na embalagem final do produto que vão para os clientes finais. Na Tabela 5.7 mostram-se os desperdícios e resíduos identificados na célula.

Tabela 5.6. Desperdícios e Resíduos identificados na Célula. Embalagem

Desperdícios	Resíduos
Espera	Materiais de fita
	Sacolas de Embalagem
	Caixas de Embalagem

Nas células de manufatura é utilizado o sistema “*Two Bin*”, ou seja, são utilizadas das caixas bin em cada posto de trabalho. Estas têm como objetivo evitar que a linha de produção fique sem peças para processar, assim, permite a identificação de material que precisa ser abastecido.

De conformidade com os objetivos da fase, continuou-se estudando aspectos relacionados à produção. Neste ponto, o estoque de matérias primas na empresa é um fator importante. Identificou-se que a ABC trabalha com o sistema de supermercado. Este consiste num fluxo de processo onde o material é obtido desde o armazém (*Warehouse*), passando por o supermercado (*SPMKT*) e finalmente levado à produção. A Figura 5.5 mostra o fluxo de processo das matérias primas desde o armazém até a produção.

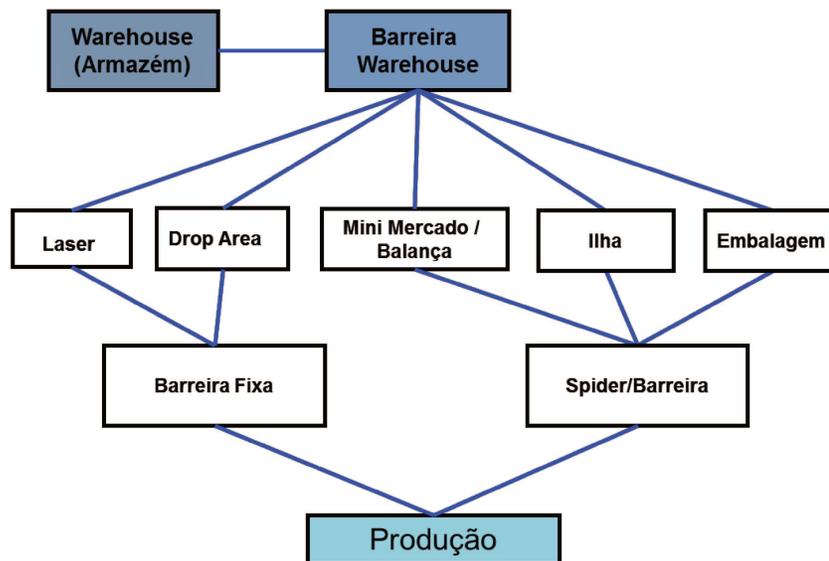


Figura 5.5 Fluxo de Materiais Armazém - Supermercado na ABC

O supermercado é implantado como ferramenta enxuta pela ABC, a fim que, funcione como um processo intermediário entre o armazém e a produção, gerando redução de lead time. Este processo consiste na preparação antecipada de matérias primas que vão ser utilizadas na produção por meio de estantes com caixas Bin, onde se encontram as diferentes peças que compõem a impressora. Os estantes estão separados para cada célula de manufatura. Cada estante tem identificação por meio de código de barras e as caixas Bin incluídas nele, trabalham com cartões *Kanban*. Observa-se na Figura 5.6 um exemplo do funcionamento de um supermercado, onde pode ser visto caixas Bin, com diferentes tamanhos, de acordo as peças.

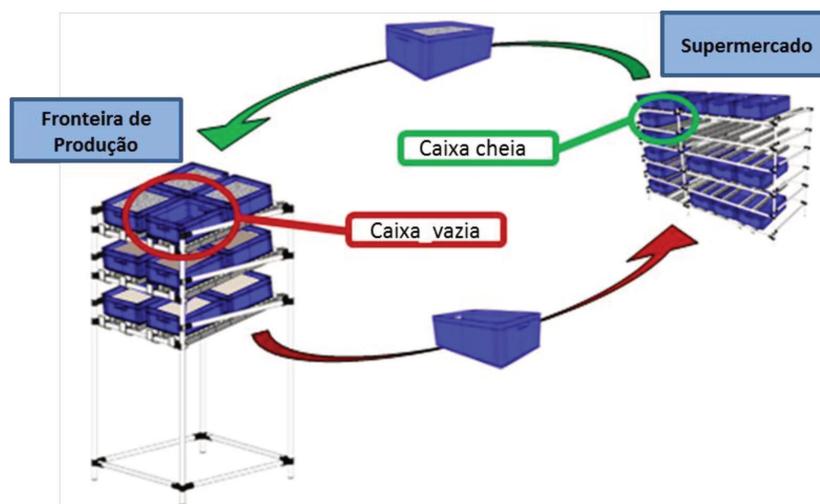


Figura 5.6 Exemplo Estante de Supermercado usado pela ABC

5.2.3 Fase 3: Análise de dados coletados e identificações de oportunidades de melhoria desde a perspectiva Enxuta.

Durante a fase 2 e por meio de entrevistas e observação direta no processo, foram identificados os desperdícios presentes na linha de produção, para cada célula de manufatura. Da mesma forma no estudo, foi observada a rotina da linha produtiva, visando reconhecer as situações que envolvem as práticas enxutas na empresa. Assim, foram identificadas mediante observação e relatos dos próprios funcionários e coordenador da linha, algumas situações da empresa que não agregam valor e que influenciam diretamente da geração de perdas no processo.

Nesta fase realizou-se uma análise dos dados coletados desde uma perspectiva enxuta, ou seja, procurando identificar os pontos chaves de melhoria que a ABC apresenta na produção, para tornar o processo mais eficiente.

Em primeiro lugar, foram analisados os desperdícios identificados na linha de produção, com o intuito de sugerir atividades de melhoria para o processo. Os desperdícios detectados correspondem a dois, dos oito tipos de perdas incluídas no sistema de produção enxuta, estas perdas não agregam valor ao processo, nem ao produto final. Os desperdícios identificados na linha produtiva correspondem à espera e produtos defeituosos.

- **Espera:** Corresponde à falta de material, de mão de obra, da existência de gargalos na produção, do setup e reparo de máquinas, de layout deficiente e operações sequenciadas de maneira incorreta. Existem três tipos de desperdício por espera:
 - I. Perda por espera no processo, onde o lote inteiro aguarda o término da operação que está sendo executada no lote anterior, até que a máquina, dispositivos e/ou operador estejam disponíveis para o início da operação (processamento, inspeção ou transporte);
 - II. Perda por espera do lote, que representa a espera a que cada peça componente de um lote é submetida até que todas as peças do lote tenham sido processadas para, então, seguir para o próximo passo ou operação;

III. Perda por espera do operador, que é a ociosidade devido ao desbalanceamento de operações. A sincronização do fluxo de trabalho e o balanceamento das linhas de produção contribuem para a eliminação deste tipo de desperdício.

- **Produtos Defeituosos**

Correspondem a produtos danificados devido ao transporte ou alocação inadequada, falta de procedimentos de trabalho, problemas de qualidade do produto, baixo desempenho de entrega e falta de treinamento. A perda por defeitos é o resultado da geração de produtos que apresentem alguma de suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que por esta razão não satisfaçam a requisitos de aplicação. Produzir produtos defeituosos significa desperdiçar materiais, disponibilidade de mão-de obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, entre outros.

Busca-se com este trabalho encontrar pontos de melhoria que facilitem a eliminação dos desperdícios, conseguindo melhorar o fluxo produtivo, a qualidade dos produtos, reduzir custos, aumentar a eficiência na entrega e reduzir o lead time. Analisaram-se os pontos críticos dos desperdícios identificados na linha, e traçaram-se atividades de melhoria para estes.

5.2.3.1 Desperdício de Esperas

Identificou-se que na empresa ABC os principais fatores de espera presentes no processo, estão relacionados à falta de material nos postos de trabalho e a absentismo de mão de obra.

A) Falta de Material nos Postos de Trabalho.

Este desperdício origina-se no supermercado da empresa. Mesmo que o uso do supermercado na produção seja implantado como forma de reduzir o lead time no processo, ainda apresenta falências em sua estrutura. Observou-se nas visitas realizadas à ABC que alguns *Spider*⁴, não apresentam rotas padronizadas para a entrega de material nos postos de trabalho. Da mesma forma identificou-se que a falta de material se apresenta principalmente

⁴ *Spider*: Pessoa encarregada de fazer o transporte de material desde o supermercado aos postos de trabalho nas células de manufatura. .

nas células de Sub Conj. 01 e 02. Isto acontece por causa da utilização de pequenas peças da montagem, estas são colocadas nas caixas bin nos postos de trabalho (sem quantidade fixa) e o processo não tem definido os tempos de abastecimento. O *Spider* encarregado destas peças, percorre as células sem rota marcada, até encontrar postos que requeiram o material. Nesse momento o Spider realiza o pedido ao supermercado, apresentando perdas de tempo no processo.

- **Oportunidade de melhoria Falta de Material:**

É sugerida pelo pesquisador a implantação da ferramenta enxuta correspondente ao “trabalho padronizado” na linha, com o intuito de eliminar o desperdício gerado pela espera de material. O trabalho padronizado é um fator fundamental na produção enxuta que busca garantir um fluxo contínuo de produção. Segundo Monden (1998) é composto de três elementos:

- **Sequencia de trabalho ou rotina padrão:** São as operações realizadas por um operador numa sequencia pré-determinada. Elas estão dispostas nas folhas de processo e devem ser seguidas, rigorosamente, por quem estiver executando as respectivas operações a fim de evitar erros e tornar o processo consistente, sem muitas flutuações quanto aos seus tempos. (KISHIDA et al., 2007);
- **Estoque padrão em processo (Work in Process – WIP):** Quantidade mínima de peças necessárias para manter o fluxo constante de produção. Ghinato (2000) afirma que, se a rotina de operações segue a mesma ordem do fluxo do processo, é necessária somente uma peça em processamento em cada máquina, não sendo necessário manter qualquer estoque entre as máquinas. O ideal é que o trabalho seja realizado de forma a não gerar estoques intermediários entre uma máquina e outra, utilizando o sistema *One Piece Flow* (Fluxo de uma sola peça);
- **Tempo de Takt-time:** Trata-se do tempo gasto para completar o ciclo de produção de um produto. O Takt – Timer é calculado como se mostra a seguir: (LIKER, 2005).

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Disponível\ [seg]}{Demanda\ do\ Cliente\ [peça]}$$

Entende-se por tempo disponível todo o tempo que está livre alocado para a produção, portanto devem ser deduzidos os tempos de parada para descanso, almoço, 5S, quebras, etc. A demanda do cliente é a quantidade de peças que devem ser entregues neste espaço de tempo disponível.

Recomenda-se aplicar a metodologia desenvolvida por Perin (2005), na busca de obtenção de melhores benefícios da implantação de trabalho padronizado numa linha de produção. Destaca-se esta metodologia por ter alcançado bons resultados e o uso de ferramentas enxutas. Esta metodologia pode ser aplicada na padronização de diversos tipos de atividades, tais como: operação de máquina, montagem de componentes, abastecimentos de células de fabricação, etc., e é apresentada na Figura 5.7.



Figura 5.7 Modelo de Metodologia de Padronização
Fonte: Perin (2005)

Seus pilares de sustentação são representados pelo apoio da gerência e por uma fonte de conceito relacionada à produção enxuta. Os passos de um a seis são executados dentro do método de Evento *Kaizen* adaptado à metodologia de padronização. A pirâmide representando os passos de aplicação da metodologia mostra a seqüência ideal para o sucesso de sua implantação.

A primeira fase corresponde à definição do líder do time de implementação, que deve ter habilidade de coordenar as atividades do time funcional e participar ativamente da execução destas. Esta atividade deve começar antes da execução do Kaizen. O time multifuncional corresponde à união do líder do time e a alta gerência que segundo Rentes (2000) deve estar composto em um terço por pessoas da área em que ocorrerá a mudança, um terço por pessoas relativas à área e o restante por pessoas que são alheias à área escolhida. Por exemplo, um engenheiro de produção, analista de planejamento, operador de 1º turno, operador do 2º turno. Na Tabela 5.8 mostra-se o cronograma desenvolvido por Perin (2005), para trabalhar as etapas da metodologia.

Tabela 5.7. Cronograma de Aplicação da Metodologia de Padronização
Fonte: Perin (2005)

Seq.	Passo	Práticas de Produção Enxuta	Sem. Anterior	Mês 1				Mês 2			
				1ª S	2ª S	3ª S	4ª S	1ª S	2ª S	3ª S	4ª S
1	1, 2	Def. Líder e Time Multifuncional.									
2	3	Conhecer as Ferramentas									
3	4	Conhecer e registrar estado atual									
4	5	Def. Melhores Práticas									
5	6	Elaborar Plano de Ação									
6	7	Acompanhar Ações									
7	8	Avaliar Desempenho									

A terceira etapa consiste no conhecimento das ferramentas, este trabalho deve ser realizado pelo líder do time aos supervisores de produção e os operadores selecionados para trabalhar na padronização. Os treinamentos buscam garantir que as ferramentas e técnicas de produção enxuta foram divulgadas.

Na quarta etapa de conhecimento e registro do estado atual da linha, devera trabalhar-se com mapeamento de fluxo de valor, descrito no item (2.1.4) deste trabalho. A etapa cinco consiste na definição de práticas de melhoria que o time levanta com base no mapeamento de fluxo de valor e a discussão das possíveis oportunidades que poderiam ser implementadas para

atingir as metas de padronização. Em termos mais simples, é o início do processo de definição do estado futuro, incluído no conceito de mapeamento de fluxo de valor, conforme o item (2.1.4).

Na etapa seis é definido o plano de ação, segundo Perin (2005) um bom mapeamento de fluxo de valor não traz benefícios ao processo salvo que, crie-se um bom planejamento e execução do plano de ação para as oportunidades identificadas. O plano de ação deve ser traçado pelo time multifuncional e conter pelo menos três informações básicas como: descrição da ação, responsável e prazo de execução.

A etapa sete de acompanhamento de ações apresenta-se na primeira semana de implantação das atividades de padronização. Logo de acompanhar nos primeiros dias as atividades, devem criar-se intervalos de acompanhamento de forma que, quando ocorrer reuniões periódicas do time multifuncional sejam analisadas as observações obtidas pelo acompanhamento.

Por último a etapa oito, consiste na avaliação do desempenho. Nesta etapa devera acontecer o acompanhamento dos indicadores de desempenho estipulados como métricas de avaliação dos resultados da padronização. A intenção destes indicadores será comparar o desempenho dos indicadores antes e depois da implantação do trabalho padronizado.

A padronização do trabalho vai trazer benefícios para a empresa ABC de forma em que sejam eliminados os desperdícios presentes na linha produtiva, gerando assim, processos eficientes e sustentáveis.

B) Absentismo

O segundo desperdício identificado na empresa foi o absentismo dos operários, fator crítico no fluxo contínuo de materiais no processo. Este desperdício é traduzido em demoras nas atividades da linha, uma vez que o posto de trabalho fica sem operador, gerando um gargalo no processo. A atividade de resposta que a empresa usa é a disponibilização de outro operador no posto de trabalho, embora, a pessoa não está capacitada nessa tarefa e continua gerando demoras no fluxo.

- **Oportunidade de Melhoria Absentismo**

É sugerido pelo pesquisador um plano de ação de absentismo, onde seja possível identificar os principais fatores de ausência dos operadores na empresa. Na Figura 5.8 mostra-se as 5 atividades que devem compor o plano de absentismo.



Figura 5.8 Plano de Ação Absentismo

- I. Investigar:** Para a empresa conseguir eliminar o desperdício de absentismo, torna-se necessário descobrir quais são as causas que o provocam. Doença real ou simulada, extensão de licença por doença, acidentes, ambiente de trabalho insustentável, falta de interesse, pouca ou nenhuma motivação, ou responsabilidades de tipo familiar.
- II. Motivar:** A motivação é um fator importante no absentismo, e deve buscar a geração de informações e boas comunicações em todos os níveis da empresa. É importante fortalecer a cultura organizacional e construir motivação, de forma que, o funcionário se sinta identificado com a empresa e compartilhe o interesse em promover uma melhora na empresa.
- III. Estudar:** As pessoas envolvidas no plano de ação de absentismo devem trabalhar em coordenação com a empresa, o serviço de saúde e recursos humanos. Assim, por meio do monitoramento e controle da saúde dos operadores, das ausências solicitadas, poderão detectar o absentismo por incapacidade, por fraude, desinteresse, etc.

IV. Diferenciar: Torna-se importante que a empresa aprenda a diferenciar o absentismo justificado e o que não é o fenômeno de absentismo presencial, de forma que, consiga analisar e pensar em outras causas de absentismo.

V. Agir: Atividade que se apresenta logo de estudar o problema e as possíveis causas que o provocam. Busca-se envolver todas as partes implicadas e atribuir tarefas e responsabilidades claras dentro do programa para atingir o problema. Uma das atividades que podem ser implantadas para melhorar o interesse do operador no trabalho corresponde a uma ferramenta enxuta denominada 5S. Conforme item (2.1.4) o programa 5s é um processo de Qualidade que trata da arrumação, da ordem, da limpeza, do asseio e da autodisciplina do trabalho e do trabalhador, visando promover uma melhoria na organização através de consciência e responsabilidade de todos, tornando o ambiente de trabalho mais agradável, seguro e produtivo.

5.2.3.2 Desperdício Produtos Defeituosos.

Identificou-se que, na empresa ABC o fator de desperdício de produtos defeituosos é gerado pela qualidade dos materiais.

Na fase 2 foi identificado que a ABC trabalha com o Controle da Qualidade Zero Defeitos (CQZD). Este é um método racional e científico capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação e controle das causas (GHINATO, 1995). São quatro os pontos fundamentais para a sustentação do CQZD (SHINGO, 1986):

1. Utilização da Inspeção na Fonte. Este método é de caráter preventivo, capaz de eliminar completamente a ocorrência de defeitos, pois a função de controle é aplicada na origem e não sobre os resultados.
2. Utilização de inspeção 100% ao invés de inspeção por amostragem.
3. Redução do tempo decorrido entre a detecção do erro e a aplicação da ação corretiva.
4. Aplicação de dispositivos à prova de falhas (*Poka Yoke*).

Conforme item (2.1.4) não tem sentido a aplicação de dispositivos *Poka Yoke* que não sejam em regime de inspeção 100%, portanto, são mostrados na Figura 5.10 os pontos fundamentais do CQZD (GHINATO, 1995).

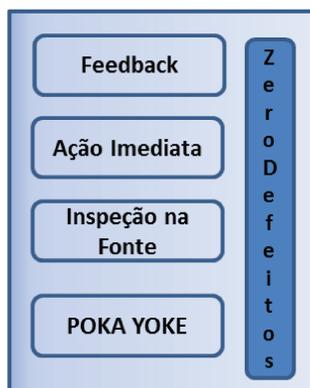


Figura 5.9 Pontos Fundamentais no CQZD
Fonte: Ghinato (1995)

Mesmo que a empresa ABC trabalhe com o CQZD, com o intuito de garantir que o sistema produza produtos livres de defeitos, ainda apresentam problemas no funcionamento.

Segundo Ghinato (1995) existe uma relação muito forte de causa e efeito entre erros e defeitos. Normalmente os defeitos são o efeito da utilização incorreta de algum (ou vários) dos fatores de produção. Baseado neste conceito, a inspeção na fonte torna-se importante identificando e mantendo sob controle os erros antes que de tornem defeitos.

Assim, é sugerida pelo pesquisador uma utilização eficiente da inspeção na fonte, onde seja reconhecida a existência da relação entre erros e defeitos e a identificação dos tipos de erros possíveis e da aplicação de técnicas capazes de eliminá-los. A empresa deve definir o motivo pelos quais os produtos estão gerando falhas. Isto pode acontecer por dois motivos:

- ***Problemas na manipulação do material no Processo:*** Este desperdício pode incluir falhas na manipulação, no transporte ou na armazenagem dos materiais ou peças que compõem o produto.
- ***Problemas do material pelo fornecedor:*** Este desperdício corresponde a materiais fabricados fora dos requisitos de qualidade que o produto necessite, possibilitando assim falhas no processamento final do produto e o não cumprimento dos padrões de qualidade para o cliente final.

Logo que a empresa defina o principal motivo de desperdício de produtos defeituosos, deve identificar as técnicas ou atividades capazes de eliminar o erro, obtendo assim um processo eficiente cumprindo com os padrões da produção *enxuta*.

Uma vez identificados os desperdícios na linha de produção de impressoras jato de tinta na ABC, e traçado atividades de melhoria para atingir a eliminação das perdas. Analisou-se com base nos dados coletados e conforme o item (2.1.4) o nível de implantação das ferramentas enxutas na empresa. Mostra-se de forma breve no Quadro 5.1 e 5.2 os resultados.

Quadro 5.1 Nível de implantação ferramentas enxutas na ABC

FERRAMENTA	VANTAGENS	Nível De Implantação na ABC
Kanban	*Redução do volume de inventário *Redução de custos *Maior capacidade total das linhas produtivas *Antecipação dos prazos de entrega dos produtos finais	A ABC utiliza o Kanban de diversas formas no processo. Primeiro trabalha com uma produção puxada. Usa cartões de sinalização no Supermercado e na linha. Usa caixas e carros vazios nos pontos de trabalho para identificação
Manufatura Celular	*Redução da movimentação dos materiais *Diminuição do uso de meios de movimentação *Menores lead times de produção *Menores Custos de movimentação * Menores estoques de produtos em processo	A ABC trabalha o processo baseado no conceito de manufatura celular. A linha produtiva está composta por sete células. Anteriormente trabalhavam com produção em linha tendo muitos desperdícios no processo.
Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM)	*Rápida identificação de desperdícios *Facilita a análise de sistemas complexos *Identificação de ações de melhorias	Para a ABC a implantação do mapeamento de fluxo de valor é uma prioridade em seu processo Kaizen. Ainda não tem começado a aplicação. Na análise deste trabalho sugeriu-se adaptar o VSM como atividade de apoio na padronização do trabalho, necessária na eliminação de desperdícios no processo.
Manutenção Produtiva Total (TPM)	*Diminuição das paradas de máquina para manutenção *Redução de consumo de materiais para manutenção ou restauração *Melhor rendimento da máquina	No processo da ABC são utilizados equipamentos simples na montagem do produto. Por isso, não é implantado o TPM como ferramenta Enxuta, a manutenção é feita nos equipamentos que apresentem falhas. É sugerida a implantação da ferramenta, mesmo que no processo existam equipamentos simples. Como apoio na redução de tempos de espera e uso de recursos naturais como energia.
5'S	*Visualiza problemas da produção *Diminui desperdícios *Elevação da Motivação e produtividade *Segurança para o empregado	A ferramenta 5s é implementada na ABC há alguns anos trazendo benefícios no processo.
Kaizen	*Redução de Custos *Aumento de qualidade *Redução de Estoques * Motivação dos colaboradores * Maior Flexibilidade * Rápido Retorno do Investimento	A ABC implementa atividades Kaizen por mês. Além disso, adapta um programa que visa a motivação e reconhecimento dos colaboradores através de sugestões de melhorias e premiações.
JIT	*Produção sem acumulação de estoque *Eliminação de Desperdícios *Manufatura de fluxo contínuo *Melhoria contínua dos processos *Esforço contínuo na resolução dos problemas	A ABC trabalha com produção puxada, ou seja, produz conforme a demanda.

Quadro 5.2 Cont. Quadro 5.1. Nível de implantação ferramentas enxutas na ABC

FERRAMENTA	VANTAGENS	Nível De Implantação na ABC
JIDOKA	<ul style="list-style-type: none"> *Impedi a geração e propagação de defeitos *Elimina qualquer anormalidade no processamento 	<p>Implantam a ferramenta por meio de cartazes que sinalizam a identificação de erros no processo. Qualquer operador está na capacidade de dar aviso do problema à linha</p>
POKA YOKE	<ul style="list-style-type: none"> *Abordagem para atingir Zero Defeitos *Facilita a inserção de mão de obra, com diminuição do tempo de treinamento *Viabiliza a manufatura flexível *Produção de peças com fluxo único, não contempla as não conformidades 	<p>A ABC implanta no processo produtivo o <i>Total Quality Control</i> (TQC) nos operadores, treinando-os, garantindo assim, a qualidade de cada posto de trabalho.</p>
Trabalho Padronizado	<ul style="list-style-type: none"> *Estabilidade no Processo *Pontos de Início e parada entre processos *Aprendizagem organizacional *Envolvimento do funcionário e Poka yoke *Kaizen *Treinamento 	<p>Apesar de que a empresa utilize no processo o trabalho padronizado, foi recomendado nesta pesquisa a realização de um trabalho padronizado para eliminar o desperdício de espera por abastecimento, visando padronizar a rota do Spider.</p>

5.2.4 Fase 4: Análise de dados coletados e identificações de Aspectos Ambientais.

Nesta fase realizou-se uma análise dos dados coletados desde uma perspectiva ambiental, ou seja, identificar as etapas do processo onde é gerada a maior quantidade de resíduos.

Durante a fase 2 foram identificados os resíduos presentes na linha de produção, para cada célula de manufatura. Da mesma forma no estudo, foi observada a rotina da linha produtiva, visando reconhecer as situações que envolvem os aspectos ambientais na empresa. Assim, foram identificadas mediante observação e relatos dos próprios funcionários e coordenador da linha, algumas situações da empresa que geram maior quantidade de resíduos.

Observou-se no estudo que os principais resíduos sólidos gerados na linha produtiva correspondem a peças defeituosas, sacolas e caixas de embalagem, papel e cartuchos.

No caso de peças defeituosas, acredita-se que este tipo de resíduos sejam eliminados com a inspeção na fonte, sugerida na fase 3 deste trabalho. Visando assim, atingir os objetivos da pesquisa em relação à eliminação do desperdício de espera, pelos materiais defeituosos e, por conseguinte ajudar na eliminação de resíduos da linha produtiva.

Os resíduos de sacolas e caixas de embalagem são gerados principalmente na área do supermercado. Analisou-se o processo de geração destes resíduos a fim de identificar o uso que a empresa dá para eles. As sacolas e caixas são usadas no recebimento de peças desde o fornecedor até o armazém. Na ABC, existe um ciclo de reutilização de materiais no sector de supermercado, como práticas de produção sustentável. Neste contexto, o processo utilizado com os resíduos de sacolas e caixas se mostra a seguir:

1. As sacolas e caixas são recebidas do fornecedor com as peças novas e armazenadas.
2. As sacolas e caixas são vazias quando as peças são ingressadas no supermercado.
3. As sacolas e caixas vazias são classificadas e armazenadas por tamanhos e cores.
4. Logo, sacolas e caixas são enviadas para o fornecedor, quem a sua vez, envia as novas peças, fazendo uso delas.

5. As sacolas e caixas continuam neste ciclo de fornecedor – empresa - fornecedor até elas se deteriorarem.
6. Quando a vida útil das sacolas e caixas chega a seu fim, são levadas para o armazém de resíduos na empresa e aguardam seu descarte final.

Os resíduos de papel e cartuchos são gerados no processo produtivo, na célula de manufatura correspondente a testes finais, onde é testado 100% dos produtos. Nesta célula realizam-se atividades de impressão a cor e preto/branco obtendo o uso de cartuchos e a geração de folhas impressas. O tratamento destes resíduos é feito de duas formas:

1. **Papel:** As folhas de papel usadas na impressão dos testes feitos na ABC são tratadas por uma empresa terceirizada que, se encarga de recuperar o material. Com o tratamento adequado das folhas, a empresa produz suportes de proteção para transporte, que serão usadas logo pela ABC na embalagem dos novos produtos, substituindo o uso do isopor, (material com tempos de decomposição longos). Este trabalho sustentável traz para a empresa benefícios tanto internos quanto externos. Internamente os tratamentos do papel ajudam na eliminação de resíduos da linha, e externamente a empresa ABC trabalha com a demanda sustentável, reduzindo os impactos ambientais gerados pelo uso de isopor, que normalmente são descartados pelos clientes finais de forma errônea.
2. **Cartuchos:** Os cartuchos utilizados na linha são totalmente reciclados pela empresa, além disso, a ABC oferece o programa de recollecção de cartuchos para tratamento como um serviço pós-venda que ajuda na criação de mentalidade sustentável nos clientes finais. A ideia principal do tratamento é descaracterizar o produto e aproveitar o material recuperado. O processo de recuperação de materiais dos cartuchos é feito da seguinte forma:
 - a. Os cartuchos são armazenados em locais adequados de acordo a sua composição. (Cartuchos descartados pela linha e recolhidos do programa ambiental da empresa)
 - b. São removidas as etiquetas do cartucho.

- c. É removido o circuito do produto.
- d. A tampa do cartucho é retirada.
- e. É removida a espuma.
- f. A carcaça é lavada e secada. (A água utilizada para a lavagem das peças está contaminada com as tintas do cartucho e tem uma rede de esgoto separada das outras. Logo são tratadas pela empresa, pois a ABC tem tratamento de efluentes líquidos).
- g. O material é triturado.
- h. O material triturado é vendido e utiliza-se na injeção de cartuchos novos para impressora
- i. As etiquetas, espumas e circuitos removidos são vendidos a empresas homologadas pela ABC para a recuperação dos materiais.

É importante ressaltar que o processo de trituração é feito para uma única linha de cartuchos, no caso dos outros produtos, na ABC realiza-se o processo até a lavagem e secado, e logo é levado para uma empresa terceirizada homologada para continuar o processo de reaproveitamento do material.

O processo de descarte de resíduos gerados pela linha produtiva que implanta a ABC inicia com a coleta dos mesmos e sua caracterização (cartuchos, papel, sacolas, caixas, etc), logo são armazenados em locais dedicados a cada tipo de resíduos, obedecendo à classificação da NBR 10004. A seguinte etapa corresponde a uma qualificação dos receptores dos resíduos por meio de um processo de homologação, onde são verificadas as licenças ambientais dos membros participantes.

Em fatores de resíduos não sólidos, a empresa ABC apresenta algumas características específicas de como são trabalhados estes aspectos como:

- **Energia:** A importância do uso racional de energia, ligado aos processos implantados de melhoria contínua na ABC, vem sendo a fonte de criação de trabalhos de melhorias que modelam o programa “Uso racional de energia”. Neste, busca-se a

eliminação de desperdícios, onde podem encontrar-se a melhora de equipamentos e instalações.

- **Água:** Considerando o interesse da empresa pelas questões ambientais, ainda mais, no sentido de adotar medidas de prevenção da poluição e incentivar o uso racional dos recursos naturais. A ABC implanta atividades que compreendem o tratamento de águas contaminadas, práticas alternativas para minimizar o consumo da água como torneiras automáticas nos banheiros, etc.

E como continuação no processo de melhoria contínua da empresa integram também trabalhos com os resíduos sólidos e emissões atmosféricas.

- **Resíduos sólidos e emissões atmosféricas:** Procura-se o uso de matérias primas menos impactantes, tecnologias limpas e boas práticas operacionais. Além da utilização de programas de reciclagem e reutilização de materiais desestimados no processo produtivo.

No contexto de estudo de aspectos ambientais da empresa, logo de identificar a geração de resíduos e conhecer o tratamento usado para sua eliminação. Verificou-se que, conforme a Figura 4.3, a ABC apresenta a implantação de gestão ambiental em seus processos, conferindo que em relação aos padrões de organização, a empresa implementa sistemas de gestão ambiental e encontra-se certificada de acordo com os itens da norma NBR ISO14001 desde o ano 2001. Em relação aos padrões de produtos, tem implantado a avaliação do ciclo de vida, onde se encontra algumas das estratégias mencionadas no capítulo anterior como suporte na busca de administrar ambientalmente a linha de produção e a empresa.

Desta forma, obtendo as informações respectivas de gestão ambiental da empresa, decidiu-se comparar o sistema de gestão ambiental implantado pela ABC e o sistema sugerido pelo pesquisador no capítulo anterior (Fig. 4.3). A Figura 5.11 mostra o SGA implantado pela ABC.



Figura 5.10 Sistema de Gestão Ambiental implantado na ABC

Realizando uma comparação com o SGA implantado pela empresa ABC e o desenho proposto pelo pesquisador obteve-se que duas atividades não estão sendo trabalhadas, elas são:

- **Revisão Ambiental** → É sugerida para a ABC, realizar uma revisão da gestão ambiental da empresa e assim, ter documentadas informações para próximos estudos, e possíveis mudanças legais que possam se apresentar no futuro.
- **Comunicação Ambiental Externa** → A ABC implanta programas que visam o desenvolvimento sustentável, e isto permite ter um reconhecimento frente a comunidade. Sugere-se adicionar esta atividade no SGA como forma de estabelecer esta comunicação como fator de importância no processo da empresa. Além de continuar realizando atividades de sensibilização aos consumidores, não só em aspectos que respeitam a seu produto, se não também, na tecnologia e cuidado ao meio ambiente de forma geral. No Apêndice B, observam-se os dez mandamentos do usuário verde de tecnologia, como exemplo do que pode ser divulgado pela empresa, como suporte da sensibilização ambiental aos consumidores. Este apêndice é só um exemplo do que a empresa pode utilizar para mostrar o interesse pelo meio ambiente aos consumidores, além do compromisso com a minimização de resíduos e as preocupações ambientais da empresa.

Housekeeping (5's/6R), reconhecido como as boas práticas operacionais nas empresas, promove a implantação de alternativas que estejam representadas em medidas administrativas, institucionais ou procedimentos que a empresa pode usar para eliminar ou minimizar resíduos, efluentes e emissões. Estas podem ser facilmente implantadas, com custos baixos e generalizadas a outras áreas da empresa incluindo produção, manutenção, estocagem, etc. Nos itens (2.1.4) e (4.2.4) são mostradas práticas *Housekeeping* (5s e 6R). A seguir mostram-se outras das boas práticas que podem ser implantadas no conceito de *Housekeeping*:

- ***Práticas de gerenciamento humano:*** Abarca o estabelecimento de capacitação profissional, através de treinamentos e programas que estimulem aos trabalhadores na sensibilização ambiental e as práticas enxutas, na busca voluntária da redução de desperdícios e resíduos na empresa e em todos os ambientes onde atuem;
- ***Práticas de manejo de inventário:*** Integra programas que visam reduzir perdas de material devido a mau manuseio e condições apropriadas de armazenamento;
- ***Programação da produção*** Consiste na programação eficiente das linhas de produção, atividades de limpeza dos equipamentos e postos de trabalho, identificação dos fatores de geração resíduos. Tornando-se assim, mais consciente dos efeitos das práticas enxutas na minimização de resíduos, desperdícios, efluentes e emissões.

Com a implantação destas ações, a ABC poderia aperfeiçoar os processos e ajustá-lo de forma mais sustentável, obtendo eficiência para a empresa.

5.2.5 Fase 5: Apresentação de Resultados.

A apresentação dos resultados consistiu num relato dos desperdícios e resíduos identificados na linha de produção, ao coordenador de aspectos enxutos ao coordenador da área ambiental. Uma vez mostradas estas informações, foram expostas as oportunidades de melhoria identificadas e as diferentes atividades que poderiam ser usadas na eliminação dos desperdícios da linha. Assim, realizou-se uma nova entrevista aos coordenadores, visando obter opiniões em

relação à proposta aplicada e os resultados obtidos. O roteiro da entrevista é apresentado no Apêndice C.

Algumas das questões da entrevista estão relacionadas às possibilidades de implantação das oportunidades de melhoria no processo pela ABC, onde, tendo como base a opinião dos coordenadores, observou-se o interesse em aplicar as atividades sugeridas pelo pesquisador. Além de mencionar que a possibilidade de que sejam implantadas em curto prazo é grande.

Em relação à proposta de aplicação os coordenadores consideram que é realizável e de fácil aplicação. É de interesse dos mesmos, implantar a proposta nas outras linhas de produtos da ABC, visando assim, obter benefícios e processos eficientes.

Das informações oferecidas sobre a relação entre os conceito enxuto e ambiente, os coordenadores ficaram interessados, uma vez que, entenderam os benefícios que a implantação de atividades enxutas oferece ao ambiente, fator importante para ABC.

5.3 Comentários Finais

A proposta de aplicação num primeiro momento proporciona a identificação dos desperdícios tanto operacionais como ambientais. Em segundo lugar, fornece oportunidades de melhoria de podem serem trabalhadas na eliminação dos desperdícios identificados, assim, integrar os conceitos enxutos em operações e ambiente.

A partir de conceitos estudados no estado de arte do trabalho, obtém-se que a identificação de desperdícios é um dos caminhos que as empresas devem tomar para a melhoria continua do processo. Além disso, fazer uso dos princípios e ferramentas enxutas, que aportam suporte para melhorar o processo e torna-lo eficiente.

A análise das informações coletadas no estudo de caso permite comprovar as considerações favoráveis que existem na introdução da produção enxuta, trazendo benéficos ao meio ambiente.

A ABC apresenta uma mentalidade de melhoria continua, é importante que para manter e criar novas melhorias, a empresa centre as forças na maximização da sinergia existente entre os dois conceitos, eliminando assim, diversas formas de desperdícios enxutos e verde simultaneamente.

Na ABC, a minimização de resíduos e desperdícios converteu-se numa meta ambiental e operacional, visando aumentar o grau de utilização dos materiais, obter vantagens econômicas e competitivas.

Capítulo 6 .

Conclusões e Recomendações de Trabalhos Futuros

6.1 Conclusões

As práticas enxutas nas organizações permitem gerar mudanças operacionais significativas em eficiência e custos nos processos produtivos, além de implantar em todos os níveis da empresa uma mentalidade de melhoria contínua.

A aplicação de metodologias enxutas desde a perspectiva de produção e ambiente permite obter ganhos de eficiência e sustentabilidade para as empresas, obtendo assim, uma gestão ambiental que cumpra com as regulamentações e um nível alto de competitividade.

Na produção enxuta normalmente não são incluídos aspectos ambientais como os resíduos sólidos, uso de energia, etc., é neste contexto, que o ambiente enxuto busca a introdução de características ambientais na aplicação de ferramentas enxutas nos processos, além de prever trabalhar uma gestão ambiental para a obtenção de certificações ambientais.

A metodologia proposta nesta pesquisa permite criar uma sequência de atividades a serem desenvolvidas nas empresas, de forma que, seja possível estudar aspectos ambientais e de melhoria contínua nas linhas produtivas.

A proposta permite a identificação e análise de informações coletados de uma organização e assim identificar as oportunidades de melhoria e sugestões de mudanças para atingir os objetivos de sustentabilidade e eficiência.

As atividades de revisão ambiental e comunicação externa incluídas no trabalho dentro do sistemas de gestão ambiental, permite incluir aspectos de coleta de informações, documentação,

planejamento, comunicação, compromisso ambiental, adaptabilidade sustentável, visão da comunidade com relação à empresa e o desempenho ambiental.

6.2 Recomendações de Trabalhos Futuros

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

A proposta de aplicação utilizada nesta pesquisa poderia ser implementada em outros estudos de caso, visando realizar análises de aspectos ambientais em outros setores industriais.

Desenvolver indicadores numéricos para apoiar a análise de informações recolhidas na aplicação da metodologia proposta e assim, ajudar na padronização da metodologia.

Realizar um mapeamento de fluxo de valor incorporando valores de uso de energia no fluxo, visando identificar oportunidades na redução de energia pelos equipamentos e processos. Esta atividade facilitará o entendimento do uso de energia nas instalações e integrará a análise de energia nas aplicações da produção enxuta nas organizações, como forma de ampliar o estudo de aspectos ambientais na implantação da mentalidade enxuta pelas empresas.

Referências Bibliográficas

ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, Déchets d'Equipements électriques et électroniques (DEEE), 2010.

ANDRADE, R. F.G., Evidenciação dos gastos ambientais no ciclo de vida do produto: Uma aplicação do custeio baseado em atividades na indústria eletrônica, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos. 2006.

ANTUNES, J., [et al.]. Sistemas de produção: conceitos e práticas para o projeto e gestão de produção enxuta. Porto alegre: Bookman, 2008.

BARBIERI, J.C., Gestão ambiental empresarial – Conceitos, modelos e instrumentos, São Paulo: Saraiva, 2004.

BARBIERI, José Carlos. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

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

BERGMILLER, G.G., "Lean Manufacturers Transcendence to Green Manufacturing: Correlating the Diffusion of Lean and Green Manufacturing Systems," PhD Dissertation, U. of South Florida, 2006.

BERGMILLER, G.G.; McCRIGHT, P. R., Are Lean and Green Programs Synergistic?, Proceedings of the Industrial Engineering Research Conference, 2009 (a)

BERGMILLER, G.G.; McCRIGHT, P.R., "Parallel Models for Lean and Green Operations," Proceedings of the Industrial Engineering Research Conference, Miami, 2009. (b)

BESSANT, J. *et al.* Rediscovering continuous improvement. Technovation, v. 14, n. 1, p. 17- 29, 1994.

BOUZON, M. Produção Enxuta: Um Modelo Toyota de Sucesso e seus Impactos na Logística. Publicação UFSC, 2006.

BOYER, M. How to identify and remove the barriers for a successful Lean Implementation, Journal of Ship Production, v. 19, pages 116-120, 2003.

CALADO, R. D. Método de diagnostic de Empresa: uma abordagem Segundo os princípios Lean. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Mecânica, universidade estadual de campinas, 2011

CAMPOS, L. M. S., HEIZMANN, L. M., LERÍPIO, A.Á., A Auditoria Ambiental e sua Contribuição à Gestão Ambiental. Revista de Ciências Empresariais da UNIPAR. Abr,V. 3, Nº2, 2002.

CAMPOS, V. F. **TQC** - Controle de Qualidade Total (no estilo japonês). 2.ed. São Paulo: Bloch Editores, 1992.

CARVALHO, P.C. – O Programa 5S e a Qualidade Total. Editora Alínea e Átomo, 5ª edição, 2011.

CHET MACHWINSKI, J. S., Léxico Lean. São Paulo - Brasil: Lean Institute Brasil, 2007.

CNTL Centro Nacional de Tecnologias Limpas, Manual Metodologia de Implantação do Programa de Produção mais Limpa. Recursos do Projeto INFOREDE/FINEP, Porto Alegre, 2003.

COLEMAN, B. J.; VAGHEFI, M. R. Heijunka: The Key to the Toyota Production System. Production and Inventory Management Journal, Alexandria: Fourth Quarter, v. 35, n. 4, p. 31-36, 1994.

COMISION DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS - Propuesta de Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho: relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos e Proposta de directiva relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos, 2000/0158 (COD) e 2000/0159 (COD), Bruxelas, 2000.

CONVIS, G. - Role of Management in a Lean Manufacturing Environment. SAE International, 2010.

Disponível em: <http://www.sae.org/manufacturing/lean/column/leanjul01.htm>

CORBETT, C.J., KLASSEN, R.D.. Extending the Horizons: Environmental Excellence as Key to Improving Operations. Manufacturing & Service Operations Management, pp.5-22, 2006.

CROWTHER, D., ARAS, G., Corporate Social Responsibility, Ventus Publishing ApS, 2008.

DANSK STANDARD., Quality management systems - Requirements. DS/EN ISO 9001. 3 Edition, 2000.

DEW – Department of Ecology of Washington Lean and Environment Project Final Report, 2008.

Disponível em: <<http://www.ecy.wa.gov/programs/hwtr/lean/index.html>

DIAZ, R. e ARDALAN, A., An Analysis of Dual-Kanban Just-In-Time Systems in a Non-Repetitive Environment. Production and Operations Management, vol. 19, no. 2, pp233-245, 2009.

ENVIRONMENT CANADA - le Bureau national de la prévention de pollution et Industrie Canada, Matières toxiques et dangereuses provenant des équipements électroniques, Quebec, 04 Maio 2001.

EPA, An Organizational Guide to Pollution Prevention and Waste Minimization, Office of Research and Development, United States Environmental Protection Agency, EPA625-R-01-003, 2001.

EPA – Environmental Protection Agency, Pollution Prevention (P2) Education Toolbox, Tools for helping Teachers Integrate P2 concepts in the classroom, EPA-905-F-97-011, Aug, 1997

EPA – USA – The Lean and Environment Toolkit, - Improve Environmental Results, - Reduce Business Cost and Risk, - Identify and Eliminate Waste, EPA -100 K 06-003, October, 2007
Disponível em: www.epa.gov/lean

EPA – USA, Lean, Energy & Climate Toolkit, Achieving Process Excellence Through Energy Efficiency and Greenhouse Gas Reduction, EPA-100-K07-003, 2011.
Disponível em: www.epa.gov/lean

EPA, Lean Manufacturing and the Environment: Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendations for Leveraging Better Environmental Performance, EPA100-R-03-005, October 2003
Disponível em: www.epa.gov/

EPA – Agência Ambiental Americana – Lean & the Environment Fact Sheet, 2009
Disponível em: <<http://www.epa.gov/lean/performance/leanfactsheet.htm>>

FERREIRA, A.A.; REIS, A.C.F.; PEREIRA, M.I., Gestão empresarial, São Paulo, Pioneira, 2002.

FLORIDA, R., Lean and Green: The move to environmentally conscious manufacturing. California Business Review, Vol. 39, No. 1, pp. 80-105, 1996.

FOUND, P. Lean and Low Environmental Impact Manufacturing, POMS 20th Annual Conference Orlando, FL, U.S.A, 2009.

GHINATO, P., Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente Just-in-Time, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, Prod. Vol.5 N° 2, São Paulo, 1995.

GHINATO, P., **Produção e competitividade**: aplicações e inovações. Recife: UFPE, 2000.

GOMES, J.C.;SICSU, A.B., Produ Produção Mais Limpa: uma ferramenta da Gestão Ambiental aplicada às empresas nacionais, XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, Enegep, 2003.

GRAJEW, O. Responsabilidade Social Empresarial e as Metas do Milênio, Revista Meio Ambiente Industrial, São Paulo, n.55, maio/junho, 2005.

GREENPEACE, Greenpeace Guide to Greener Electronics, Greenpeace Magazine, 18th edition, 2012. Disponível: <http://www.greenpeace.org/international/en/Guide-to-Greener-Electronics/18th-Edition/>

HINES, P.; TAYLOR, D. Going Lean: a Guide to Implementation. Cardiff: Lean Enterprise Research Center. 2000

HINES, P.; HOLWEG, M., RICH, N. Learnig to envolve. A review of contemporary lean thinking. International Journal of Operations e Production Management, v. 24, n. 10, p. 994-1011, 2004.

HOLWEG, M. The genealogy of lean production. Journal of Operations management. vol.25, pp.420-437, 2007.

HYER, N. L.; BROWN, K. A. The Discipline of Real Cells. Journal of Operations Management, v. 17, p. 557–574, 1999.

IMAI, M. Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo. São Paulo: IMAM, 1994.

JIPM. Manual II curso internacional para formação de instrutores TPM. São Paulo, Editora JIPM/IMC, 1995.

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

KING, A.; LENOX, M. Exploring the Locus of Profitable Pollution Prevention. Management Science, Vol. 48 , No. 2, pp. 289-299. 2001.

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.

KIDWELL, M., Lean Manufacturing and The Environment. Ignoring the 8th Deadly Waste leaves money on the table. Six Issue, Target Volume 22, number 6, 2006.

KLEINDORFER, P.R., SINGHAL, K., VAN WASSENHOVE, L.N., Sustainable operations management. Production and Operations Management, 2005.

KOCAKÜLÂK, M.C., BROWN, J.F., THOMSON, J.W., Lean Manufacturing Principles and their Aplication, cost management, May/Jun, ProQuest Central Pag 16, 2008.

KOSAKA, G.I., Jidoka, Lean Institute Brasil, 2006 Disponivel em: http://www.lean.org.br/artigos/102/o_que_somos.aspx

KRAJEWSKI, L; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. Administração de produção e operações. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIAO, I.H. Designing a Lean Manufacturing System: A case Study. 2005. Masters dissertation - School of Engineering and Applied Science, Binghamton University State University of New York.

LIKER, D.; MEIER, J. K. The Toyota Way Fieldbook. Starting the Journey of Waste Reduction. McGraw-Hill, 2005.

LIKER, J., O modelo Toyota. : 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Mc Graw-Hill companies, Inc, New York , 2005.

MALHEIROS, T.M., Adoção das auditorias ambientais na gestão ambiental pública e privada, Curitiba, Universidade Livre do Meio Ambiente, 1996.

MARTIN, J.P., Lean Management for the Green Industry An Operational Strategy That Delivers Value to Customers and Eliminates Waste, Crystal Ball Report #26, Professional Landcare Network (PLANET), Herndon, Virginia, 2006.

MATZKA, J., MASCOLO, M.D., FURMANS, K., Buffer Sizing of Heijunka Kanban System, Springer Science + Business Media, LLC, 2009.

MAXWELL, J., ROTHENBERG, S., SCHENK, B., Does Lean Mean Green: The Implications of Lean Production for Environmental Management. International Motor Vehicle Program, MIT, July, 1993.

MELTON, T. The Benefits of Lean Manufacturing. What Lean Thinking has to Offer the Process Industries, Institution of Chemical Engineers, Trans IChemE, Part A, 2005

MIRALLES, C., HOLT, R., MARIN-GARCIA J. A. e CANOS-DAROS, L., Universal design of workplaces through the use of Poka-Yokes: Case study and implications. Journal of Industrial Engineering and Management, V.4, 2011.

MONDEN, Y. Produção sem estoques: uma abordagem prática do sistema de produção Toyota. São Paulo, IMAM, 1984.

MONDEN, Y. Toyota production system: An integrated approach to just-in-time, 3rd edn. Norcross, Georgia: Engineering and Management Press, 1998.

MORALES, A.G.M., Formação do Educador ambiental: (re)construindo uma reflexão epistemológica e metodológica frente ao curso de especialização em educação, meio ambiente e desenvolvimento - UFPR., CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, Curitiba, 2006.

MOREIRA, F. R., MOREIRA, J.C., Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. Rev Panam Salud Publica, v. 15, n. 2, p. 119–29, 2004.

MOREIRA, F.; ALVES, A.; SOUSA, R.; Towards Eco-efficient Lean Production Systems, Balance Automation Systems for Future Manufacturing Networks 9th IFIP WG 5.5 International Conference BASYS2010, Valencia, Spain, Springer pp. 100-108, 2010

NISHIDA, L.T., Reduzindo o lead time no desenvolvimento de produtos através da padronização. Lean Institute Brasil, 2007

NNOROM, I. C., OSIBANJO, O., Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. Resources, Conservation and Recycling, n. 53, p. 843-858, 2008.

NORDIC COUNCIL OF MINISTER, Waste from electrical and electronic product. A survey of the contents of materials and hazardous substances in electric and electronic products. Tema Nord, Copenhagen, 1995

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

OMETTO, A. R. GUELERE, A. PEREIRA, M. 2007. A Gestão Ambiental nos Sistemas Produtivos. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção N^o. 6, p. 22 – 36, Jun, 2007.

OTT, D., Key Aspects of an E-waste management system: a glimpse at the Swiss model. Belo Horizonte, Seminário Internacional de Resíduos Eletroeletrônicos, MG, 13 ago, 2009.

PAGELL, M., GOBELI, D., How plant managers' experiences and attitudes toward sustainability relate to operational performance. Production and Operations Management, 2009.

PARLAMENTO EUROPEU, DIRECTIVA 2002/95/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 27 de Janeiro de 2003: Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e Electrónicos, in Jornal Oficial da União Europeia de 13/2/2003.

- Relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e eletrônicos (REEE), in Jornal Oficial da União Europeia de 13/2/2003.

PERIN, P. C., Metodologia de padronização de uma célula de fabricação e de montagem, integrando ferramentas de produção enxuta. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.

PHIPPS, E., Pollution Prevention concepts and Principles, National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigan, set, 1995.

PINGNAN. R.; WEIMAO. R. Lean Production Characteristics Analysis Based on Tech-Economic Paradigm. International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. IEEE, 2009

- POJASEK, R., 'Framing Your Lean-to-Green Effort', *Environmental Quality Management*, pp.85-93, 2008.
- POLIDO, W., *Seguros para Riscos Ambientais*. São Paulo: Revistas dos Tribunais, 2005.
- POMBO, F.R., MAGRINI, A., *Panorama de Aplicação da norma ISO14001 no Brasil*, *Gestão & Produção*, Volume 15, n.1, abril, 2008.
- PORTER, M.E., VANDERLINDE, C., *Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship*, *The Journal of Economic Perspectives* (1986-1998), pp. 97-119 1995.
- REIS, L.F.S., QUEIROZ, S.M.P., *Gestão Ambiental em Pequenas e Médias Empresas*. Qualitymark Editora: Rio de Janeiro, 2002.
- RENTES, A.F., T- *Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas*. Tese de Livre Docência, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.
- ROMM, J. *Um passo além da qualidade: como aumentar seus lucros e produtividade através de uma administração ecológica*. São Paulo: Futura, 1996.
- ROTHER, M.; SHOOK, J., *Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda*. Massachusetts: Brookline, 1998.
- ROTHER, M. e HARRIS R. *Criando Fluxo Contínuo*. Lean Institute Brasil. São Paulo: p.105, 2002.
- RUNKLER, T. A., *Controlling Discrete Manufacturing Processes Using Kanban and Heijunka Approaches*, Siemens AG, Corporate Technology, IEEE, 2011.
- SANTOS, J. A., *Procedimentos de auditoria ambiental em empresas produtoras de frutas: um estudo de caso*, Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- SANTOS, J.; WYSK, R. A.; TORRES, J. M. *Otimizando a Produção com a Metodologia Lean*. São Paulo: Leopardo, 2009.
- SHINGO, S. *Non-stock production: the Shingo system for continuous improvement*. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1988.
- SHINGO, S. *Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system*. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, a division of Productivity , INC, 1986

SHINGO, S. O Sistema Toyota de produção: Do ponto de vista da Engenharia de Produção, Porto Alegre: Bookman, 1996

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

SKINNER, W. Manufacturing-Missing Link in Corporate Strategy. Harvard Business Review, 1969.

SKERLOS, S.J.; BASDERE, B., Environmental and Economic View on Cellular Telephone Remanufacturing, in: Proceedings Colloquium e-ecological manufacturing, uni-edition, Berlin, pp. 143-148, 2003

SLACK, N. et al.. Administração da Produção. 3. ed., São Paulo: Atlas, 2009

SMALLEY, A. Criando o sistema puxado nivelado. Lean Institute Brasil, 2005.

SOUZA, V. C., Organização e Gerenciamento da Manutenção, 3a ed., São Paulo: All Print, 2009.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. Harvard Business Review, p. 97-106, September-October, 1999.

TINOCO, J.E.P.; KRAEMER, M.E.P. Contabilidade e Gestão Ambiental. São Paulo: Atlas, 2004.

UNIDO, United Nations Industrial Development Organization - Resource Efficient and Cleaner Production (*RECP*), 2002. Disponível em: <http://www.unido.org/index.php?id=o5151>

WALLACE, D., Environmental Policy and Industrial Innovation: Strategies in Europe, the U.S. and Japan. Royal Institute of International Affairs, Earthscan Publications Ltd., London, 1995

WOMACK, J.P., JONES, D.T., ROOS, D., The Machine that Changed the World: Based On The Massachusetts Institute of Technology 5 – Million – Dollar 5 – Year Study On the Future Of the Automobile Harper Collins Publishers, New York, USA, 1990.

WOMACK, J. P., JONES, D.T. Lean thinking – banish waste and create wealth in your corporation. New York, Simon & Schuster, Inc, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T.. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T. A mentalidade enxuta nas empresas Lean Thinking: elimine o desperdício e crie riqueza. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YANG, C., LIN, S., CHAN, Y., SHEU, C., Mediated effect of environmental management on manufacturing competitiveness: an empirical study. *International Journal of Production Economics*, 2010.

YANG, M.G., HONG, P., MODI. S.B., Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms. *Int. Journal Production Economics*, Elsevier, 2011.

APÊNDICE A – Roteiro Entrevista Inicial Estudo de Caso

1. Quais processos existem? (Descrevê-los com detalhes)
2. Como é o layout atual?
3. Quais são os fluxos de materiais na fábrica?
4. Como é o planejamento da produção?
5. Tem monitoramento de processos? (medição/controle)
6. Realizam atividades de limpeza nos processos existentes?
7. Tem indicadores de avaliação (rendimento) para a produção?
8. Aplicam o conceito de pull nos processos de produção?
9. Há uma capacidade de resposta rápida ao cliente?
10. Há padrões de qualidade definidos para o produto?
11. Há planos de ação quando ocorrer falhas nos equipamentos?
12. Qual é a taxa de Demanda do Cliente?
13. Qual é o tempo de estocagem dos materiais (em processo, terminados)?
14. Tem políticas de manutenção?
15. Há uma estrutura e entorno que garanta o desenvolvimento da melhoria continua?
16. A empresa há adotado a metodologia enxuta nos processos?
17. Quantos turnos são trabalhados, número de operadores por turno? (Horas Extra)
18. Quais são as principais paradas na Produção. (Setup, falta de materiais, retrabalho, abastecimento, etc.)
19. Como é o manejo de resíduos no processo Produtivo.
20. Adota Sistemas de Gestão Ambiental nos processos?
21. Existe estudo de impactos ambientais do processo?

22. A empresa possui políticas ambientais?

23. A empresa possui certificado ISO14001?

APÊNDICE B – Os Dez Mandamentos do Usuário “Verde” de Tecnologia

Os dez Mandamentos do Usuário "verde" de tecnologia	
1. Pesquise	É importante descobrir se o fabricante tem preocupações com o ambiente e se recolherá as peças usadas para reciclagem, depois que o aparelho perder a utilidade.
2. Prolongue	Você não Precisa trocar de celular todos os anos ou comprar um computador com essa mesma frequência. Quanto mais eletrônicos adquirir, maior será a quantidade de lixo eletrônico.
3. Doe	Caso seja necessário comprar um novo eletrônico quando o seu ainda estiver funcionando, doe para pessoas que precisem. Dessa forma, ainda é possível prolongar a vida útil do aparelho e a pessoa que recebê-lo não precisará comprar um novo.
4. Recicle	Os grandes fabricantes de eletrônicos oferecem programas de reciclagem. Antes de jogar equipamentos eletrônicos no lixo, entre em contato com a empresa e pergunte onde são coletadas as peças.
5. Substitua	Procure sempre fazer mais com menos. Produtos que agregam várias funções, como uma multifuncional, consomem menos energia do que cada aparelho separadamente.
6. Informe-se	O usuário de tecnologia deve ser adepto ao consumo responsável, sabendo as consequências que seus bens causam ao ambiente. Por isso, é importante estar atento ao assunto - somente assim será possível eliminar hábitos ruins e tomar atitudes que minimizem o impacto do lixo eletrônico.
7. Opte pelo Original	As empresas que falsificam produtos não seguem políticas de preservação do ambiente ou se responsabilizam pelas peças comercializadas, depois que sua vida útil chega ao fim. Por isso sempre é importante comprar eletrônicos originais.
8. Pague	Os produtos dos fabricantes que oferecem programas de preservação ambiental podem ser mais caros, isso porque parte dos gastos com essas iniciativas pode ser repassada para o consumidor. A diferença de preço não chega a níveis absurdos e por isso, vale a pena optar pela alternativa "verde"
9. Economize Energia	Na hora de comprar um eletrônico, opte pelo produto que consome menos energia. Além disso, o consumidor deve usar fontes de energia limpa (como a solar) sempre que possível.
10. Mobilize	É importante passar informações sobre lixo eletrônico para frente, pois muitos usuários de tecnologia não se dão conta do tamanho do problema.

APÊNDICE C- Roteiro Entrevista Apresentação de Resultados

1. A proposta de aplicação é de fácil implantação?
2. As oportunidades de melhoria identificadas são aplicáveis no processo?
3. É possível aplicar a proposta do trabalho nas outras linhas de produtos da empresa?
4. Existe possibilidade de implantar as atividades sugeridas?
5. Considera que a aplicação de ferramentas enxutas contribui com aspectos ambientais?
6. Considera que o estudo traz benefícios para a empresa?