



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CAMPUS PONTA GROSSA**  
**DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**PPGEP**

**THOMPSON COPPERFIELD von AGNER**

**ECO-EFICIÊNCIA BASEADA NOS PRINCÍPIOS DA**  
**PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

**PONTA GROSSA**

**ABRIL – 2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Thompson Copperfield von Agner**

# **ECO-EFICIÊNCIA BASEADA NOS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Industrial, do Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, do Campus Ponta Grossa, da UTFPR.

**Orientador:** Prof. Carlos Cezar Stadler, Dr.

**PONTA GROSSA**

**ABRIL - 2006**

## TERMO DE APROVAÇÃO

THOMPSON COPPERFIELD von AGNER

# ECO-EFICIÊNCIA BASEADA NOS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA PARA UMA MADEIREIRA

Dissertação de Mestrado aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Industrial, do Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, do Campus Ponta Grossa, da UTFPR, pela seguinte banca examinadora:

**Orientador:** Prof. Carlos Cezar Stadler, Dr.  
Departamento PPGEP, UTFPR

Prof. Paulo Maurício Selig, Dr.  
Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC

Prof. Ivanir Luiz de Oliveira, Dr.  
Departamento PPGEP, UTFPR

Prof. Kazuo Hatakeyama, Dr.  
Departamento PPGEP, UTFPR

Ponta Grossa, 05 de abril de 2006

Dedico este trabalho ao meu filho Andrew  
William von Agner – Para que possamos  
construir um mundo melhor. COGITO

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a equipe da Madeireira Rickli que apoiou este estudo.

Aos meus colegas, do PPGEP e aos professores da Universidade Tecnológica do Paraná – Campus Ponta Grossa.

Ao meu orientador pelos seus conselhos durante este período de trabalho e pela sua amizade.

Agradeço aos meus amigos do coração pelo apoio nas horas de alegria e frustração.

Nunca renda os seus sonhos a alguém  
que não possua a sua visão e  
compreensão.

(Desconhecido)

Never surrender your dreams to someone  
who doesn't have your vision or your  
understanding.

(Unknown)

## RESUMO

No presente estudo foram aplicados os conceitos de Produção Mais Limpa no setor da serraria e de beneficiamento em uma madeireira, com o intuito de contribuir para a redução dos desperdícios de matéria-prima, água e energia; visando a integração deste setor industrial nos conceitos de Ecologia Industrial. Foi elaborado o seguinte objetivo geral: desenvolver uma proposta para a aplicação dos princípios da Produção Mais Limpa na indústria madeireira utilizando os conceitos de Ecologia Industrial e de sustentabilidade. Foi almejado um retorno que possibilitasse vantagens tanto ambientais quanto econômicas para a organização. Observou-se também que empresas possuidoras de um sistema de gestão ambiental tem como vantagem interna a redução de custos de operação, com a minimização dos resíduos; aumentando ainda mais a lucratividade dos processos. Para realizar o estudo, mapearam-se os processos produtivos de uma madeireira e foram identificados os pontos de aplicação inicial da Produção Mais Limpa na organização. O resultado obtido foi a identificação de pontos onde são gerados resíduos tóxicos e prejudiciais não somente ao meio ambiente natural e ao homem, mas também à economia. Outro fator foi o desenvolvimento de uma proposta para a utilização da Produção Mais Limpa em conjunto com um método de sustentabilidade a fim de que haja a evolução dos sistemas industriais.

### **Palavras-chave**

Gestão Ambiental, Ecologia Industrial, Sustentabilidade, *The Natural Step* (TNS).



## **ABSTRACT**

In the present study the concepts of Cleaner Production in the lumber industry was applied. With the intention to contribute for the reduction of raw material, water and energy waste, and aiming at the integration of this industrial sector in the concepts of industrial ecology. The following general objective was elaborated; to develop a proposal for the application of the principles of Cleaner Production in the lumber industry using the concepts of industrial ecology and sustainability . A return was longed in such a way that the organization had an economic and environmental return . It was also observed that companies that possess an environmental management system have and advantage of the cost reduction in operations with the minimization of residues, increasing still more the profitability of the processes. To carry through the study, the productive processes of a lumber mill were mapped and identified the points of initial application of Cleaner Production in the organization. The result were the identification of points where toxic and harmful residues, not only to the natural environment and man, are generated, but also harmful to economy. Another factor was the development of a proposal for the use of Cleaner Production with a sustainability method so that there is an evolution of the industrial systems.

### **Keywords**

Environmental Management, Industrial Ecology, Sustainability, *The Natural Step* (TNS)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação dos custos em função do tempo e da aquisição de novas tecnologias (Fonte: CNTL 2003) .....	35
Figura 2 - Benefícios ambientais e econômicos que resultam na eficiência global do processo produtivo (Fonte CNTL 2003) .....	36
Figura 3 – Principais passos para a implementação de P+L (Fonte: UNEP 2004) ...	37
Figura 4 – Esquema proposto pela CNTL para as etapas de implementação de P+L (Fonte: CNTL 2003) .....	40
Figura 5 – Ciclo PDCA Genérico (Barbieri 2004) .....	41
Figura 6 - Fluxo do protocolo realização do trabalho .....	44
Figura 7 - Ciclo do Carbono (Fonte: Encarta Encycloppedia – Microsoft Corporation 2006) .....	51
Figura 8 - Vista Superior da Casa de Geração de energia.....	52
Figura 9 – Passo 01 do processo de Produção Mais Limpa .....	53
Figura 10 – Passo 02 do processo de Produção Mais Limpa .....	55
Figura 11 - Fluxograma do setor da serraria (Fonte: autor) .....	56
Figura 12 - Fluxograma do setor da serraria (Fonte: autor) .....	57
Figura 13 – Passo 03 do processo de Produção Mais Limpa .....	60
Figura 14 – Desenho esquemático da espessura de corte (Fonte: Autor) .....	65
Figura 15 –Passo 04 do processo de Produção Mais Limpa .....	66
Figura 16 – Exemplo visual da utilização de serras – À esquerda a utilização de serras finas e à direita a utilização de serras padrão (Fonte: Serras Mill).....	67
Figura 17 - Mapeamento das dimensões de toras mais comuns utilizadas pela indústria e cortes otimizados (Fonte: Autor).....	68
Figura 18 – Pente injetor de cola da <i>Finger Joint</i> com vazamento (Fonte: Autor).....	69

Figura 19 – Imagem superior: vazamento no pente injetor da prensa de alta frequência e imagem abaixo: excesso de vazamento no piso da fábrica. (Este trabalho) .....	70
Figura 20 – Passo 05 do processo de Produção Mais Limpa .....	71
Figura 21 - Grau de prioridade de medidas a serem tomadas e suas conformações com <i>The Natural Step</i> e com a Ecologia Industrial (Fonte: Autor) .....	74
Figura 22 - Proposta para a elevação do grau de sustentabilidade dos setores industriais (Fonte: Autor) .....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais diferenças entre as tecnologias fim de tubo e a P+L (Fonte: CNTL).....	32
Tabela 2 – Comparação das características entre a Produção Limpa e a Produção Mais Limpa (Fonte: Mello e Nascimento 2002) .....	34
Tabela 3 - Balanço de material e resíduo do processo de desdobro de toras (Fonte: Autor) .....	60
Tabela 4 – Balanço de material e resíduo do processo de <i>Finger Join</i> (Fonte: Autor) .....	62
Tabela 5 – Balanço de material e resíduo do processo da prensa de alta frequência (Fonte: Autor) .....	62

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico do balanço de material e resíduo do processo de desdobro de toras (Fonte: Autor) .....	61
Gráfico 2 – Gráfico do balanço ambiental do processo de <i>Finger Joint</i> (Fonte: Autor) .....	63
Gráfico 3 – Perdas no processo da prensa de alta frequência (Fonte: Autor).....	63

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1	INTRODUÇÃO .....	9
1.1	Tema e formulação do problema .....	9
1.2	Formulação da problemática .....	11
1.3	Objetivos .....	11
1.4	Objetivo Geral .....	11
1.5	Objetivos Específicos .....	11
1.6	Delimitação do estudo .....	11
1.7	Justificativa .....	11
2	Fundamentação Teórica .....	14
2.1	Conservação ambiental: uma vantagem competitiva .....	14
2.2	Vantagem competitiva .....	14
2.3	Marketing Ambiental .....	15
2.4	Consumidor e o marketing verde .....	16
2.5	Nicho de Mercado .....	17
2.6	Ecologia Industrial .....	19
2.7	Ecosistemas .....	19
2.7.1	Exemplificando um Ecosistema Natural .....	20
2.7.2	Dinâmica do Equilíbrio Natural .....	20
2.7.3	Simbiose .....	21
2.8	Conceitos de Ecologia Industrial .....	21
2.9	Desenvolvimento Sustentável .....	24
2.10	Adotando um modelo de sustentabilidade .....	27
2.10.1	Fundamentação Científica do Modelo <i>The Natural Step</i> .....	27
2.10.2	As Quatro Condições Sistêmicas do <i>The Natural Step</i> .....	28
2.10.3	Análise A, B, C, D, <i>The Natural Step</i> .....	30
2.11	Produção Mais Limpa - P+L .....	31
2.12	Produção Limpa e Produção Mais Limpa .....	32
2.13	Diferenças entre os conceitos de Produção Limpa e Produção Mais Limpa .....	33
2.14	Benefícios da P+L .....	34
2.15	Processo de implantação da P+L .....	36

2.16	Passos para a implementação segundo orientação da UNEP .....	37
3	Metodologia .....	43
3.1	Caracterização da pesquisa .....	43
3.2	Protocolo de trabalho .....	43
3.2.1	Etapa 01 – Fase 01 Seleção da organização .....	44
3.2.2	Etapa 01 – Fase 02 Apresentação da proposta para a organização .....	44
3.2.3	Etapa 02 – Fase 01 e 02 Levantamento e Coleta dos dados do processo existente .....	44
3.2.4	Etapa 03 – Fase 01 Elaboração do processo alternativo .....	45
3.2.5	Etapa 03 – Fase 02 Análise (ou simulação) do processo alternativo de P+L .....	45
3.2.6	Etapa 04 – Fase 01 Coleta dos dados referentes à análise (ou simulação) do processo alternativo de P+L .....	45
3.2.7	Etapa 04 – Fase 02 Análise comparativa entre os processos .....	45
3.2.8	Etapa 05 – Fase 01 Demonstração dos resultados .....	45
3.2.9	Etapa 05 – Fase 02 Proposição de novo ciclo de P+L na organização .....	46
4	Aplicação da Produção Mais Limpa em uma madeireira .....	47
4.1	A organização estudada – estudo de caso .....	47
4.2	Histórico .....	47
4.3	Grau de capacitação tecnológica .....	48
4.4	Unidades de Reflorestamento e Viveiro de Mudas de <i>Pinus</i> .....	49
4.5	Beneficiamento da madeira .....	49
4.6	Geração de Energia .....	50
4.7	Processo de análise de Produção Mais Limpa na empresa .....	52
4.7.1	Primeira etapa do protocolo de trabalho .....	53
4.7.2	Etapa 01 – Fase 01 e 02 – Passo 01 .....	53
4.7.3	Etapa 02 – Fase 01 e 02 – Passo 02 .....	55
4.7.4	Etapa 03 – Fase 01 e 02 – Passo 03 .....	59
4.7.5	Etapa 04 – Fase 01 e 02 – Passo 04 .....	66
4.7.6	Etapa 05 – Fase 01 e 02 – Passo 05 .....	71
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	73
5.1	CONCLUSÕES .....	73
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	75
6	REFERÊNCIAS .....	77

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Tema e formulação do problema

Desde o início do processo da revolução industrial, o homem considera o meio ambiente como um local para a obtenção de matéria-prima, bem como um espaço para o despejo dos rejeitos e sobras do processo produtivo e de descarte de produtos quando estes chegam ao final de sua vida útil.

Em conseqüência, ocorre a poluição das águas, o agravamento da poluição atmosférica, as mudanças climáticas, a geração e disposição inadequada de resíduos tóxicos, a poluição do solo, a perda da biodiversidade e a escassez de recursos que são alguns dos fatores que ocorrem devido a uma visão não-sustentável (Chehebe 1997).

Desta forma, observa-se que a questão ambiental torna-se uma nova oportunidade de negócios, não devendo ser tratada como um problema e sim como uma nova alternativa empresarial. Neste sentido, Lora (2002) explana que o meio ambiente deixa de ser um aspecto de nenhum ou pouco interesse e passa a ser uma fonte adicional de competitividade, já que as organizações deixam de cumprir as obrigações legais somente por uma questão jurídica.

A sociedade vem se preocupando também com questões de conservação do meio ambiente, fazendo com que as organizações dirijam-se para uma postura pró-ativa em relação às suas próprias atitudes.

Por conseguinte, sabe-se que a implementação de ações visando à redução do impacto ambiental (direto ou indireto) representa a possibilidade de minimização do presente estado de degradação ambiental. Isto pode ser observado na explanação de Tibor (1996) onde, a chave para a prevenção de resíduos é a integração das questões ambientais e as operações estratégicas da organização.

As organizações utilizam uma gama de ferramentas que permitem tal procedimento de integração. Este estudo abordará a utilização de uma destas ferramentas. A presente pesquisa possui a intenção de apresentar a aplicação dos métodos de Produção Mais Limpa no setor de beneficiamento de madeira, contribuindo para a



redução de desperdícios de matéria-prima, água e energia, visando à integração deste setor industrial com os conceitos de Ecologia Industrial.

Após os levantamentos iniciais, foi observado que o setor madeireiro que trabalha com *pinus* reflorestado possui uma perda estimada entre 35% e 60% de fibra, durante o processo de produção.

Os resíduos, dependendo de sua origem, possuem alguns dos seguintes destinos: queima em campo aberto, queima para produção de calor, reutilização como matéria-prima para outros produtos e forração para a criação de animais.

A porcentagem de perda durante o processo produtivo é significativa, levando em consideração o tempo de crescimento das espécies utilizadas, que é em torno de 12 a 15 anos.

Ademais, no Brasil estão sendo criados Centros Nacionais de Tecnologias Limpas (CNTL), os quais estão sendo auxiliados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) e pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO). Tais centros possuem a intenção de fomentar as ações ambientalmente corretas nas organizações sobre a ótica da prevenção de resíduos.

Para a elaboração desta pesquisa optou-se em trabalhar com o conceito de eco-eficiência desenvolvido pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). A eco-eficiência pode ser conseguida, através da oferta de bens e serviços a preços competitivos que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, até atingirem um nível, que, pelo menos, respeite a capacidade de sustentação estimada para o planeta Terra.

Assim este conceito, representa uma estrutura produtiva capaz de gerar um maior valor agregado com menor impacto sobre o meio ambiente.

## 1.2 Formulação da problemática

Qual o procedimento com maior eco-eficiência para a redução e gestão de resíduos de madeira em uma madeireira?

## 1.3 Objetivos

### 1.4 Objetivo Geral

Estudar a aplicação da metodologia de Produção Mais Limpa em uma indústria madeireira.

### 1.5 Objetivos Específicos

- ◆ Identificar os aspectos de produção que geram resíduos e que podem ter seus volumes reduzidos.
- ◆ Identificar as oportunidades de aplicação da Produção Mais Limpa dentro de madeireiras.
- ◆ Propor a aplicação dos princípios da Produção Mais Limpa para diminuir os desperdícios que ocorrem e, assim, recomendar a Produção Mais Limpa em uma metodologia para madeireiras.

### 1.6 Delimitação do estudo

Este estudo delimitou-se à análise dos processos produtivos em uma madeireira. Das unidades de produção foram selecionados três processos produtivos.

Gil (1994) explana que não é possível ser estabelecida uma estrutura rígida para a realização de um estudo de caso que permita determinar com exatidão como se deve proceder a pesquisa. Desta forma Gil (1994) ainda explana que é exigido um grau de intuição por parte do pesquisador para verificar quais dados são necessários para se atingir a compreensão do tema a ser pesquisado.

### 1.7 Justificativa

O homem é o ser vivo que produz, na maioria das ocasiões, resíduos que são inaproveitáveis para outros seres. Ao contrário do que ocorre com outros seres

vivos, que ao produzirem resíduos, originam, na verdade, matéria-prima para outros processos naturais, tornando-se assim um ciclo dinâmico.

Na tentativa de diminuir a poluição devido a não-utilização dos resíduos produzidos pelas atividades desenvolvidas, é necessário reduzir tais níveis, para que, posteriormente, possa ser realizado um estudo, cujos resultados visem à transformação destes resíduos em matéria-prima para outros processos.

Neste sentido, observa-se que há um grande volume de pesquisas voltadas para a conservação de recursos renováveis e não renováveis, dos quais se pode notar que alguns visam a desenvolver técnicas de final do tubo ou *end-of-pipe-technologies*<sup>1</sup>, cujo objetivo é somente resolver o problema da poluição ambiental após o ocorrido. Aproximadamente 79% do potencial do mercado mundial que corresponde a US\$65 bilhões, permanecem com tecnologias de fim-de-tubo quanto às questões de controle de poluição.

Entretanto, existem alternativas, tais como as tecnologias limpas, que incluem as integradas e as preventivas, as quais, já têm a participação de 21% do mercado. É importante salientar que, em alguns setores produtivos, há um investimento crescente de aproximadamente 50% em tecnologias limpas com relação a tecnologias de fim-de-tubo; (Onestone, 2004) o que é importante, visto que, segundo Lee e Rhee (2003), as ações de prevenção resultam em uma melhor performance ambiental em relação a ações de final do tubo (*end-of-pipe*).

Sendo assim, a utilização do princípio da Produção Mais Limpa almeja tornar acessível para as organizações o desenvolvimento de processos que visem à redução do volume de resíduos.

Desta forma, a elaboração de procedimentos de Produção Mais Limpa objetiva identificar e implantar ações para a elevação do desempenho ambiental no setor madeireiro de produtos de *pinus* reflorestado.

A otimização dos processos produtivos, através do princípio da Produção Mais Limpa, se justifica com vistas a proporcionar uma melhor relação custo-benefício,

---

<sup>1</sup> End-of-pipe-technologie: Tecnologia de final de tubo

devido à redução dos desperdícios, proteger e melhorar a qualidade ambiental, da qual as organizações e a sociedade são dependentes.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As questões ambientais, desde o início da década de 1960, estão criando um arcabouço transdisciplinar de conhecimentos. Este arcabouço abrange desde questões de âmbito prático do cotidiano das organizações a questões filosóficas. Desta forma as instituições possuem condições de construir uma base de conhecimentos aplicáveis em todas as áreas da empresa.

### 2.1 Conservação ambiental: uma vantagem competitiva

A preservação do meio ambiente já não é mais um modismo, ou seja, passou a ser uma necessidade de todos: população, indústrias e organizações. Tal necessidade inicia-se pelo simples fato de querer suprir os requisitos de bem-estar e conforto, estendendo-se para a preocupação de preservar o meio ambiente para as futuras gerações. Meio ambiente este, do qual se procura extrair e produzir com a máxima eficiência; e, por esta razão, opta-se pela denominação desenvolvimento sustentável.

A percepção da degradação intensa e irresponsável deu origem aos movimentos ambientalistas, sendo que a grande ascendência desse movimento se deu a partir da década de 60, com a reunião do Clube de Roma e a publicação em 1968 do documento *The Limits of Growth*, originando o novo pensamento ambiental, saindo da esfera científica para se propagar à população (ALMEIDA, 2002). Assim, para se ter uma visão sustentável é preciso propor mudanças de comportamento.

Segundo Mainon (1996), a consciência ecológica apresenta-se de forma mais evidente em países desenvolvidos devido, principalmente, a fatores culturais e econômicos, ao contrário dos países em desenvolvimento. Esta consciência ecológica pode ser verificada na análise de dados, como no caso do Brasil onde apenas 15% dos consumidores são considerados “verdes”, enquanto nos Estados Unidos esta porcentagem chega a 37% e na Alemanha a 50%.

### 2.2 Vantagem competitiva

A necessidade de competitividade das organizações é algo que está implantada na definição das estratégias. Muitas são as variáveis competitivas presentes no

mercado, porém aqui será verificada a questão ambiental. Desta forma para que as empresas possam se manter competitivas devem incluir em suas estratégias-chave as questões ambientais (H. BAUMANN, et al, 2002). Logo, a estratégia ambiental se torna vantajosa para o meio ambiente e também para as empresas por se tratar de uma vantagem competitiva (POLONSKY, et al, 1998), levando a organização a um posicionamento de maior vantagem perante os concorrentes.

As organizações que possuem maior esclarecimento e atuação ambiental podem estabelecer vantagens competitivas, principalmente, em um mercado globalizado onde todos têm acesso a produtos e informação. Estas vantagens podem claramente ter o objetivo de atingir consumidores verdes<sup>2</sup>, cujas preocupações ambientais influenciam em suas tendências de compras, desenvolvendo, assim, o marketing ambiental, ecológico ou verde.

### 2.3 Marketing Ambiental

O marketing ambiental pode ser definido, segundo a *American Marketing Association* (AMA), como um estudo dos aspectos positivos e negativos das atividades de marketing em relação à poluição, ao esgotamento de energia e dos recursos não renováveis. Kotler (1995) define marketing ambiental como sendo um movimento empresarial para disponibilizar ao mercado consumidor produtos que sejam ambientalmente corretos.

Donaire (1999) afirma que o desejo de adquirir produtos ecologicamente corretos é uma nova exigência por parte do mercado consumidor. Tais consumidores ainda não possuem a noção do impacto ambiental dos produtos que consomem e, tampouco o que devem exigir quanto a aspectos de qualidade por parte das empresas. Pode-se observar que inclusive as equipes de marketing não estão preparadas para manusear e tratar as variáveis que envolvem o marketing ambiental. Na tentativa de amenizar as dificuldades do pessoal de marketing em transmitir as idéias e as vantagens destes produtos, busca-se desenvolver manuais para facilitar a comunicação entre o marketing e o consumidor, ou ainda, a interação com os

---

<sup>2</sup> Consumidor Verde – consumidor de bens e serviços que optam em adquirir bens que pouco impacte o meio ambiente natural.

*stakeholders*<sup>3</sup>. Portanto, fica claro que a comunicação do desempenho ambiental da empresa e de seus produtos poderá aumentar a cota de mercado que essas empresas possuem (OTTMAN, 1998).

## 2.4 Consumidor e o marketing verde

O consumidor está passando para uma nova fase de consumo. Portanto passa a desejar produtos ambientalmente mais econômicos, recicláveis e biodegradáveis, desde simples utensílios domésticos até carros que poluam menos o ambiente ou que possam ser reciclados. Estes consumidores podem ser denominados de Consumidor Verde, devido a esta preferência de consumo. Com o intuito de atender esse novo consumidor, observam-se duas ramificações do marketing verde: uma trata do produto e a outra da conscientização ambiental que a empresa possui.

As iniciativas de marketing ambiental podem ser segundo Mendleson e Polonsky (apud Mathur e Mathur, 2000):

- ◆ um novo posicionamento de um produto já existente;
- ◆ a criação de novos produtos que são menos danosos ao ambiente;
- ◆ uma total modificação da estrutura corporativa para a inclusão das questões ambientais;
- ◆ a criação de uma nova empresa que produza somente produtos ambientalmente corretos.

Bruner (1998) salienta que o objetivo central de uma empresa é o de manter um alto retorno dos investimentos em relação aos concorrentes, e isto requer uma vantagem competitiva superior que agregue valor para o consumidor. A manutenção do retorno do investimento possibilitará uma vantagem melhorada e renovada para o futuro.

Na visão de Porter (1990) a vantagem competitiva surge fundamentalmente do valor que uma empresa consegue criar para seus compradores e que ultrapassa o custo de fabricação. Já para Bateman (1998) as empresas obtêm vantagem competitiva ao

---

<sup>3</sup> Stakeholder – Qualquer grupo, dentro ou fora da organização, que tenha um interesse no desempenho da organização.

canalizarem seus interesses ambientais às oportunidades de empreendimento e na fabricação de produtos que atendam a demanda dos consumidores.

Kotler (1995) em sua explanação sobre a vantagem competitiva voltada à visão de marketing comenta que as empresas devem escolher suas estratégias de marketing competitivo baseadas na completa análise de seus concorrentes. A chave para conquistar e manter os consumidores é a compreensão de suas necessidades e o processo de compra pelos quais passam, sendo que tal compreensão deve ser melhor do que a do concorrente. A vantagem competitiva é adquirida pelas empresas que se posicionam como fornecedores fortes de valor superior atendendo às necessidades dos consumidores e superando as suas expectativas.

Resumidamente, a vantagem competitiva é alcançada quando as empresas passam a oferecer aos seus clientes-alvo não só a satisfação das necessidades, mas também, lhes proporcionar maior valor à aquisição, oferecendo desta forma, benefícios que justifiquem os preços mais elevados.

Mudanças nos padrões de consumo não ocorrem de uma hora para outra, sendo esta de forma gradativa, até que os novos conceitos e padrões passem a ser incorporados ao sistema de produção e de serviços. Assim, as empresas podem aproveitar este período de transição para estabelecer vantagem competitiva e atender padrões de consumo de um nicho de mercado. Logo, novas visões de vantagem competitiva vão se incorporando ao setor produtivo e de prestação de serviços, tornando-se padrões e não mais vantagens, sendo que na sua maioria são acumulativas, pois os consumidores raramente abrirão mão de uma conquista por outra, pelo contrário, sempre desejam o acúmulo destes benefícios.

Para Lou Gerstner, Chariman e CEO da IBM, o controle das organizações foi transferido taticamente para as mãos de dezenas de milhões de usuários no mundo todo e em breve serão centenas de milhões (Nordström, Ridderstrale, 2001). O controle dos desejos de consumo está nas mãos dos consumidores, e, não mais com as empresas, como pregava Ford.

## **2.5 Nicho de Mercado**

Consumidores verdes fazem parte de um nicho de mercado que está aumentando cada vez mais e tende a tornar-se um padrão utilizado por todos, como geralmente



ocorre com as vantagens competitivas. Observa-se desta forma, a transição muitas vezes gradativa que ocorre na mudança de padrões de consumo. Onde antes existia um mercado que produzia para um pequeno grupo de consumidores dispostos a abrir mão de certas vantagens competitivas (preço), para terem produtos que suprissem suas expectativas de proteção ambiental; agora surge um mercado que visa a atender uma crescente onda de consumo de produtos ambientalmente corretos, produtos que agreguem o trinômio preço, qualidade e proteção ambiental. Quando este nicho assumir o potencial de compra de um grande mercado, consumidores não mais abrirão mão tão facilmente de todas as vantagens competitivas já incorporadas na produção em massa, e a vantagem competitiva ambiental passará a incorporar o padrão de produção. Novos nichos serão formados e novas vantagens competitivas serão elaboradas e descobertas.

Empresas que almejam sua permanência no mercado podem considerar a incorporação da estratégia ambiental aos seus processos produtivos, pois o que antes era apenas um nicho de mercado passa a ter potencial para crescer e se tornar um mercado global.

Há ainda a possibilidade de se considerar a produção e a prestação de serviços com foco no meio ambiente como uma vantagem competitiva, mas que logo também passarão a ser incorporadas à produção. Compreende-se que as empresas que possuem um sistema de gestão ambiental terão como vantagem a redução de custos de operação com a minimização dos resíduos, aumentando ainda mais a lucratividade dos processos.

Muitas empresas já observaram que a vantagem competitiva ambiental possui potencial de exploração e não pretendem deixar passar esta nova e potencial oportunidade.

As regras para a produção e exportação nacional já estão elaboradas e os consumidores estão em busca de produtos ambientalmente corretos. O mercado consumidor brasileiro não está ainda ciente da questão da preservação ambiental, tanto pelo fator econômico como pelo fator cultural. As regras ambientais ainda não estão em total vigor, mas existe um empenho empresarial em atender às legislações vigentes. Tal fato pode ser observado desde a década de 1970 quando o governo brasileiro formulou políticas ambientais (Almeida, 2002).

Assim, pequenas atitudes ou falta de atitudes poderão ter enormes conseqüências para a existência futura da empresa.

## **2.6 Ecologia Industrial**

As organizações focadas no futuro estão desenvolvendo estratégias para atingir o desenvolvimento sustentável, servindo-se de ferramentas como a eco-eficiência, auditoria ambiental, sistemas de gestão ambiental, análise de ciclo de vida entre outras ferramentas que auxiliam as organizações a avaliar seu desempenho ambiental perante os sistemas industriais.

As razões que levam para a elaboração destas ferramentas são diversas, tais como a economia de recursos (energia – água e matérias-primas), questões de marketing, questões referentes à legislação, novos conhecimentos e tecnologias em gestão, ou por razões pró-ativas em relação à preservação ambiental. Sendo este o contexto em que a Ecologia Industrial está situada.

## **2.7 Ecossistemas**

Ecossistema é a unidade básica no estudo da ecologia. Um ecossistema ou conjunto de seres vivos interage entre si e com o meio natural de forma equilibrada, por meio de reciclagem de matéria e do uso eficiente de energia solar (Braga, B. et al, 2002).

Segundo Dalh (1996) um ecossistema é um sistema estável, equilibrado e auto-suficiente composto por sistemas abióticos e bióticos, onde cada espécie possui seu habitat e seu nicho ecológico. E este habitat pode ser definido como o local ocupado por cada espécie, sendo o nicho ecológico, a função da espécie dentro do conjunto do ecossistema e suas relações com as demais espécies.

Em um ecossistema equilibrado, cada espécie possui um nicho diferente, caso contrário haverá competição entre as espécies. Assim, todo ecossistema procura um estado de equilíbrio dinâmico ou homeostase por mecanismos de autocontrole e autoregulação que entram em ação logo que ocorre qualquer mudança, e desta forma, o ecossistema consegue manter seu equilíbrio e sua sustentabilidade. Com a aplicação de ferramentas que possibilitem aos sistemas industriais atingirem um equilíbrio eco-industrial, a integração destes com os sistemas naturais possibilitaria

um equilíbrio. O exemplo seguinte tenta ilustrar tal afirmação exemplificando um ecossistema natural.

### **2.7.1 Exemplificando um Ecossistema Natural**

Os recifes de corais estão entre os mais antigos ecossistemas, com somente algumas mudanças nas espécies ao longo dos milênios. Eles existem em ambientes relativamente constantes nos mares tropicais. Sua alta produtividade é mantida apesar de muitas vezes o ambiente ser escasso de recursos. As águas tropicais são límpidas, devido ao fato de serem desprovidas de plâncton e nutrientes. Para manter esta alta produtividade, os recifes de corais são muito eficientes em captar recursos que estejam disponíveis. Para isto reciclam materiais escassos dentro do sistema, interceptando a maior quantidade de energia solar na sua superfície e transferindo energia muito eficazmente dentro do sistema.

### **2.7.2 Dinâmica do Equilíbrio Natural**

O equilíbrio geral do sistema é mantido por uma interação altamente dinâmica de muitas espécies em escalas espaciais pequenas. Por exemplo, o fluxo de materiais através do ecossistema do recife de coral pode ser compreendido em termos de carbono, nitrogênio, fósforo e vários micro-nutrientes. Uma vez que o recife está mergulhado em água, a água e oxigênio são onipresentes e não constituem uma preocupação especial. O abastecimento de carbono também não é um problema desde que venha da atmosfera em forma de dióxido de carbono dissolvido.

O carbono é importante não apenas no seu papel de espinha dorsal atômica de todos os materiais orgânicos, mas também porque muitos organismos de recife precipitam carbono na forma de carbonato de cálcio, do qual muitas conchas e esqueletos são feitos.

O ciclo do carbono do recife é crítico para a sua operação e existência. Medir o fluxo e uso do carbono diz muito sobre o seu processo, tanto quanto o processo de medir fluxos monetários é importante para uma economia. A capacidade dos corais em capturar qualquer plâncton à deriva e qualquer outra vida marinha, dá ao recife um pequeno abastecimento de nitrogênio e fósforo que então são reciclados de modo muito eficiente dentro deste sistema. Alguns dos organismos dentro do recife

também podem fixar nitrogênio atmosférico, aumentando assim o abastecimento disponível deste elemento (Dahl, 1996).

### 2.7.3 Simbiose

Uma vez que as correntes fluindo em um recife retirarão sempre alguns materiais, é essencial que esta perda seja compensada através da captura e manufatura de novas substâncias. Muitos animais dos recifes têm pequenas plantas simbióticas vivendo dentro deles. As plantas fornecem alimento aos animais hospedeiros em troca de alojamento e fertilização com os dejetos dos mesmos. Os animais tornam-se quase como um sistema fechado, tendo alta eficiência. Esta simbiose entre os organismos é que permite que o recife possa suportar uma densidade tão grande de organismos vivos apesar de o ambiente ser tão pobre (Dahl, 1996).

Desta forma pode se observar que os fluxos na natureza não geram resíduos inaproveitáveis, o que é gerado são novas formas de matérias-primas devido à existência de um fluxo de autoregulação que preserva o ecossistema intacto em seus fluxos assim mantendo a sustentabilidade.

## 2.8 Conceitos de Ecologia Industrial

Segundo Fosch e Gallopoulos, que popularizaram o conceito de Ecologia Industrial, enunciam que os modelos tradicionais de atividades industriais realizam a extração de matérias-primas e geram produtos a serem vendidos somados com a disposição de resíduos, e este modelo deve ser transformado em um modelo mais integrado, um modelo de Ecossistema Industrial (Korhonen J., Savolainen I., Ohlstro M., 2004). A analogia dos ecossistemas naturais é a base para a concepção de um modelo industrial que rompa com o caminho insustentável imposto pela sociedade desde o início da revolução industrial.

Para Erkman (1997) a aplicação mais imediata do conceito de Ecologia Industrial é o intercâmbio entre organizações, para a criação ou reordenação de distritos industriais, alocando de forma eficiente e eficaz as matérias-primas e os subprodutos.

O *International Institute for Sustainable Development* possui um conceito de Ecologia Industrial que ilustra de forma clara este princípio. Sendo este conceito o seguinte:

Ecologia Industrial provê uma visão holística dos sistemas industriais. É um princípio de orientação dos sistemas que equilibra desenvolvimento industrial com o uso sustentável de recursos naturais. A Ecologia Industrial está baseada em uma analogia de sistemas industriais com sistemas ecológicos naturais.

O conceito de Ecologia Industrial pode guiar a estratégia empresarial e a prática operacional para uma aproximação à sustentabilidade. Porém, a aplicação deste conceito é principalmente associada com: eco-parques industriais, simbiose industrial ou conglomerados industriais.

O conceito de Ecologia Industrial promove um afastamento dos sistemas industriais lineares abertos para sistemas semelhantes aos encontrados no meio ambiente natural, onde unidades processadoras e indústrias estão interagindo como sistemas integrados em lugar de serem componentes isolados.

A Ecologia segundo o conceito acima exposto possui três elementos fundamentais:

- 1.É uma visão sistemática integradora de todos os componentes da economia industrial e as suas relações com a Biosfera.
- 2.Enfatiza o substrato biofísico das atividades humanas, como por exemplo, os padrões complexos de fluxos materiais dentro e fora do sistema industrial, em contraste com aproximações atuais que, principalmente, consideram a economia em termos de unidades monetárias abstratas ou, alternativamente, em fluxos de energia.
- 3.Considera a dinâmica tecnológica; por exemplo, a evolução a longo prazo de aglomerados tecnológicos como sendo crucial (mas não exclusivo) elemento para a transição do sistema industrial atual, que é insustentável, para um ecossistema industrial que promova a sustentabilidade.

Para Graedel e Allenby (1995), as organizações não existem em um vazio, pois, toda atividade industrial é unida a milhares de outras empresas e atividades em conjunto. Este conjunto gera impactos ambientais causados pelos produtos, processos e serviços. Quando ocorre a disposição dos produtos, estes podem terminar em uma área rural, em um aterro, um incinerador, ao lado de uma estrada, ou em um rio que provê água potável a populações locais. Assim pode ser observada a necessidade de integração entre as organizações de forma a minimizar

ou eliminar a geração de resíduos ou a integração ao processo produtivo dos produtos ao atingirem o final de sua vida útil.

A Ecologia Industrial é o meio pelo qual a humanidade pode aproximar-se de forma deliberada e racional para manter a capacidade de suporte desejada a fim de uma cultura de economia continuada e de evolução tecnológica.

Isto requer que um sistema industrial não seja visto isoladamente aos sistemas circunvizinhos, mas em conjunto com eles. Uma visão importante de Ecologia Industrial é que, como nos sistemas biológicos, não existem resíduos e sim matéria-prima para outras atividades. Isto também deve acontecer no processo produtivo, reajustando desta forma o conceito de resíduo. Dicionários definem resíduos como material inútil ou inutilizável, já na natureza são eternamente reutilizada; de várias formas estes materiais são novamente utilizados e geralmente com grande eficiência. A natureza adota esta técnica porque adquirir materiais dos reservatórios naturais é dispendioso em termos de energia e recursos. Isso também deveria ser praticado pelos homens, sendo um procedimento recomendado para o mundo industrial. Assim, materiais e produtos obsoletos deveriam ser convertidos em matérias-primas ao invés de se tornarem resíduos.

A Ecologia Industrial deve seguir seis princípios que podem ser compreendidos da seguinte forma (CNTL 2003):

1. Criação de ecossistemas industriais: maximização no uso de materiais reciclados na produção, otimização no uso de materiais e energia, minimização na geração de resíduos e reavaliação dos resíduos como matérias-primas para outros processos.
2. Equiparação das entradas e saídas dos processos industriais à capacidade natural dos ecossistemas: compreensão da capacidade dos grandes sistemas naturais de absorver resíduos tóxicos, ou de outro tipo, em situações típicas ou de desastre ambiental.
3. Desmaterialização: redução na intensidade no uso de materiais e energia na produção industrial.
4. Melhoria dos caminhos metabólicos dos processos industriais e no uso de materiais: redução ou simplificação dos processos industriais para que estes possam emular os processos naturais, altamente eficientes.

5. Padrões sistemáticos no uso de energia: promover o desenvolvimento de um sistema de fornecimento de energia que funcione como uma parte do ecossistema industrial e que seja livre de impactos ambientais negativos aos padrões correntes de uso de energia.

6. Alinhamento de políticas com a perspectiva de longo prazo da evolução do sistema industrial: nações atuando em conjunto para integrar suas políticas econômicas e ambientais.

Com esses preceitos observa-se que a Ecologia Industrial se espelha nos modelos de eficiência na utilização de recursos e fluxos de energia adotados pelos sistemas ecológicos naturais que se mantêm sustentáveis durante milênios.

Estabelecidas as devidas adaptações, como tempo de integração, desenho de produtos e restabelecimento de novos padrões de produção e consumo, os sistemas industriais poderão se adaptar aos princípios de Ecologia Industrial e, desta forma, as organizações e a sociedade poderão atingir um sistema de desenvolvimento sustentável.

## **2.9 Desenvolvimento Sustentável**

Segundo a Comissão Brundtland (1991), desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de atenderem às suas necessidades. Kraemer (2002) comenta que a sociedade está em fase de transição, pois o paradigma atual do estilo de vida massificado prega o individualismo, o consumismo e a “descartabilidade” desenfreados e desenvolvimento econômico a qualquer preço. Assim a sociedade tende a consumir seus recursos de forma não sustentável. Este desenvolvimento baseado no curto prazo, do capitalismo excludente, entre outros, não está respondendo mais, satisfatoriamente, às preocupações com o futuro dos povos e vislumbra-se um novo rumo com outro paradigma, que ainda não está definido.

Woodrow (2006) comenta que um ponto significativo é que as mudanças na gestão de organizações podem ser economicamente viáveis e ambientalmente corretas e que estas questões já fazem parte da maioria das reuniões de diretorias.

Sendo assim, pode-se observar que há a necessidade da sociedade agir de forma integrada em todos os níveis e não de forma estanque, seguindo o método cartesiano. Capra (2002) explica que a visão cartesiana servia para a época em que foi formulada, quando o mundo era visto como um relógio que poderia ser controlado e manipulado. Atualmente, com as relações entre homem e meio ambiente natural, observa-se que isso não é possível.

Há a necessidade de se romper com o modelo cartesiano de pensamento e evoluir para um modelo de pensamento sistêmico, em exista uma interação entre as ações. Modelo este no qual se tenha uma postura pró-ativa, em que o homem pare de corrigir os erros depois que ocorrem, ou seja, previna-os antes que ocorram, em que impere o pensamento que ele possa estabelecer uma relação sustentável com o ambiente onde vive. Robèrt (2002) comenta que não deveria haver nenhum conflito entre os interesses ambientais e econômicos, desde que a afluência humana dependesse da capacidade da natureza de reciclar os detritos na forma de recursos e proporcionar os recursos indispensáveis à manutenção da vida.

Quist (2006) diz que desenvolvimento sustentável que possua uma considerável melhoria ambiental, requer um aumento de eco-eficiência. Para se atingir estas melhorias, mudanças radicais que afetem formas de produção, níveis de consumo e práticas de inovação devem ser realizadas.

A preocupação com o meio ambiente em conjunto com os fatores sócio-econômicos fez surgir o conceito de desenvolvimento sustentável. Montibeller Filho (2001) e Lerípio (2001) explicam que o principal fator para a organização alterar a percepção a respeito de resíduos é a busca da sustentabilidade do mesmo.

Segundo Sachs (1993), a sustentabilidade possui cinco dimensões, as quais orientam os processos de desenvolvimento para que de forma sinérgica promovam um equilíbrio duradouro ao longo do tempo. Estas cinco dimensões podem ser interpretadas da seguinte forma:

- **Social:** é a criação de um processo de desenvolvimento sustentado por uma civilização com maior equilíbrio na distribuição econômica e, desta forma, reduzindo as distâncias sociais.



- **Econômico:** significa alocar e gerenciar, de forma eficiente, os recursos, mantendo um fluxo constante de investimentos.
- **Cultural:** pode ser traduzida pela preocupação em desenvolver processos que incluam a procura de raízes endógenas em processos de modernização e em sistemas agrícolas integrados, facilitando a geração de soluções específicas para o local, o ecossistema, a cultura e a área.
- **Ecológica:** enfatiza a ampliação da capacidade de utilização dos recursos do planeta; limitação no consumo de combustíveis fósseis, recursos renováveis e não renováveis; redução do volume de resíduos e poluentes, a conservação de energia, de recursos e da reciclagem, sendo assim a utilização da política dos “3 R” – Reduzir, Reusar e Reciclar, aliada à definição de normas para uma adequada proteção ambiental.
- **Espacial (geográfica):** é a busca equilibrada da configuração rural-urbana e a melhor distribuição das ocupações territoriais humanas e das atividades econômicas.

Lerípio (2001) adapta os conceitos de Saches, direcionando-os para as organizações e também inclui mais uma variável, que é a temporal, e são interpretadas da seguinte forma:

- ◆ **Sustentabilidade social:** O negócio tem que ser gerador de emprego e renda, bem como proporcionar a melhoria da qualidade de vida da comunidade.
- ◆ **Sustentabilidade econômica:** Os negócios têm que ser lucrativos.
- ◆ **Sustentabilidade ecológica:** O negócio tem que estar inserido de forma equilibrada no ecossistema.
- ◆ **Sustentabilidade espacial:** O negócio tem que utilizar racionalmente os recursos naturais existentes e disponíveis.
- ◆ **Sustentabilidade cultural:** Os negócios têm que ser, entre outras coisas, independentes de tecnologias de produção importadas e de monopólios de fornecimento.

- ◆ Sustentabilidade temporal: O negócio pode ser mantido ao longo do tempo, sem restrições ou escassez de insumos e matérias-primas.

Com as adaptações realizadas por Lerípio voltadas para as organizações, pode-se ter uma visão dirigida para as necessidades de se adaptar os modelos organizacionais para que estes se perpetuem sem consumir à exaustão suas matérias-primas, isto é, serem organizações sustentáveis.

Dieleman et al. (2006) explana que os desafios propostos pelo desenvolvimento sustentável vão muito mais além de questões multidisciplinares, pois atingem efeitos significativos, baseando-se em certos valores e visões de um desejado futuro.

## **2.10 Adotando um modelo de sustentabilidade**

Analisando os vários autores que trabalham com as práticas de desenvolvimento sustentável optou-se em operar com o modelo descrito pelo *The Natural Step* (TNS), desenvolvido por Karl-Henrik Robèrt. A opção por este modelo é devido ao fato de ele ser baseado no pensamento sistêmico, o que possibilita uma visão total dos processos industriais e ainda, possuir o apoio de seguimentos da comunidade científica e empresarial.

Segundo Senge (2004), a metodologia proposta pelo TNS provou estar entre as formas mais eficientes para estabelecer uma fundamentação à mudança de paradigma, necessária para as organizações do século XXI trabalharem. O modelo TNS possui quatro condições sistêmicas que devem ser seguidas por etapas e também contém uma estrutura de referência que permite o trabalho de análise não só em etapas individuais mas também como um todo.

### **2.10.1 Fundamentação Científica do Modelo *The Natural Step***

A fundamentação científica do modelo TNS é baseada nas leis de termodinâmica, que Robèrt adapta da seguinte forma (2002):

A energia não pode desaparecer ou ser criada. Esta é a primeira lei da termodinâmica, na qual tanto a matéria quanto a energia podem ser transformadas em outras formas de energia, mas a quantidade total permanece constante.

A energia e a matéria tendem a se dispersar. Esta é a segunda lei da termodinâmica, a lei da entropia. A quantidade de matéria e energia é constante, mas esta quantidade disponível em forma utilizável diminui a cada transformação e tende a se dissipar.

O valor material é medido pela concentração e pela estrutura da matéria. À medida que ocorrem as transformações e a dispersão, a matéria torna-se menos organizada. A matéria em um estado menos organizado não é tão facilmente usada como se a matéria estivesse em um estado de organização mais elevado. Assim o valor da matéria aumenta à medida que a sua concentração sobe.

As células vegetais, auxiliadas pela energia solar, criam um aumento líquido na concentração e estrutura sobre a Terra. As plantas acessam a energia de sistemas exteriores à Terra e convertem materiais dispersos para formas aproveitáveis.

Utilizando-se desta fundamentação, o modelo TNS de sustentabilidade a adapta e cria um modelo termodinâmico de uma sociedade sustentável que se vai adequando aos ciclos da natureza de uma forma integrada. Para atingir esta integração formulam-se quatro condições sistêmicas.

### **2.10.2 As Quatro Condições Sistêmicas do *The Natural Step***

Segundo Robèrt (2002), as condições sistêmicas não existem para substituir informações, mas sim para estruturar as informações. As condições sistêmicas do TNS possuem uma visão “rio acima”, isto é uma visão que permite observar as conseqüências futuras antes da sua aplicação. Este tipo de visão é embasado com o auxílio de um método de planejamento estratégico denominado de *Backcasting*<sup>4</sup>. Com a visão “rio acima”, as informações podem ser analisadas e direcionadas para os problemas iniciais que causam impactos ambientais negativos. Efeitos estes que podem ser relativamente baixos e que vão se desdobrando em um grande número. Para evitar o desdobramento dos problemas ambientais utilizam-se as seguintes condições sistêmicas:

---

<sup>4</sup> Backcasting: método de planejamento estratégico baseado em metas futuras.

- ◆ Condição Sistêmica 01: Na sociedade sustentável, a natureza não está sujeita à concentração sistematicamente crescente de substâncias extraídas da crosta terrestre.
- ◆ Condição Sistêmica 02: Na sociedade sustentável, a natureza não está sujeita às concentrações sistematicamente crescentes de substâncias produzidas pela sociedade.
- ◆ Condição Sistêmica 03: Na sociedade sustentável, a natureza não está sujeita à degradação sistematicamente crescente por meios físicos.
- ◆ Condição Sistêmica 04: Na sociedade sustentável, as necessidades humanas são satisfeitas em todo o mundo.

Com estas quatro condições sistêmicas, as organizações podem formular as suas estratégias para atingir uma atividade sustentável.

Segundo Rosenblum (1999), a Condição Sistêmica 01 refere-se que, para uma sociedade sustentável, o equilíbrio de fluxos entre a ecosfera<sup>5</sup> e a litosfera deve ser de tal forma que a concentração de substâncias da litosfera não se acumulem na ecosfera. Isto se deve ao fato de que os organismos vivos não estão adaptados a conviver com altas concentrações de algumas substâncias, tais como: o mercúrio e outros metais pesados. Sendo assim há a necessidade de se realizar a reciclagem de metais de uma forma eficiente e correta para atingir esta etapa.

Para a Condição Sistêmica 02, Rosenblum (1999) explana que o foco é a redução na dependência de materiais sintéticos através do uso de alternativas biodegradáveis que possam ser reintegradas nos ciclos naturais, bem como no decréscimo da quantidade de resíduos gerados pela sociedade. Desta forma, são as substâncias sintéticas que devem ser substituídas por substâncias não estranhas à natureza e, segundo Robèrt (2002), caso haja a necessidade de se utilizar substâncias não biodegradáveis, deve-se estabelecer métodos para impedir que estas substâncias contaminem o meio ambiente.

Robèrt (2002) explana ainda que, na Condição Sistêmica 03, uma sociedade sustentável não afeta o ecossistema de modo que este venha a afetar a

biodiversidade. Observa-se que esta condição está relacionada à maneira como os sistemas humanos interagem com o meio ambiente natural.

Rosenblum (1999) explana que, na Condição Sistêmica 03, as ações que violam esta condição incluem atividades, tais como: a destruição de regiões produtivas e a exploração excessiva de recursos naturais, como florestas e regiões pesqueiras, e o desenvolvimento urbano de forma desordenada que atinge regiões de produção de alimento. Desta forma, observa-se que esta condição é voltada para salvaguardar a possibilidade de regeneração dos sistemas naturais.

A Condição Sistêmica 04 serve para apontar um início às discussões voltadas para, não somente a construção de um planeta sustentável, mas também para uma sociedade sustentável que ofereça oportunidades de inovação (Rosenblum 1999). Observa-se ainda, que esta condição é voltada para a interação homem-natureza, onde a necessidade de se construir uma sociedade que possibilite a igualdade, torna-se essencial para poder se estabelecer a longevidade da sociedade humana.

Observa-se que as Condições Sistêmicas podem ser implementadas nas organizações de forma gradativa, uma a uma sem a necessidade de serem impostas em um curto prazo pelas organizações. Para auxiliar no processo de implementação o *The Natural Step* possui uma estrutura de referência denominada de Análise A, B, C, D.

### **2.10.3 Análise A, B, C, D, *The Natural Step***

Com a Análise A, B, C, D o processo de implementação do TNS pode ser realizado para se atingir o desenvolvimento sustentável através de um pensamento sistêmico. A estrutura é a seguinte:

Compartilhando a Estrutura de Referência do *The Natural Step*: Neste primeiro momento discute-se com os colaboradores as Condições Sistêmicas e os benefícios que a implantação de um modelo de sustentabilidade pode gerar.

Como está hoje a organização?: Nesta etapa efetua-se o desenho dos fluxos críticos de matérias-primas e energia com relação às Condições Sistêmicas.

---

5 Porção da superfície terrestre onde interagem os sistemas físicos e organismos vivos.

Como será a organização em uma sociedade sustentável?: Nesta etapa é realizada uma análise de como serão as operações da organização em uma sociedade sustentável se forem utilizadas as Condições Sistêmicas.

As soluções são priorizadas em um programa de atividades iniciais para a mudança: Para se atingir as atividades de alta prioridade são realizadas três perguntas:

- ◆ Direção: As medidas tomadas seguem a direção certa, isto é, as ações da organização estão contribuindo para a adequação das Condições Sistêmicas?
- ◆ Base: As medidas são flexíveis para que possam ser desenvolvidas com outras opções determinadas na lista C? As medidas devem ser flexíveis o suficiente para que não se tornem novos problemas?
- ◆ Fruta ao alcance da mão: As medidas devem ser atrativas do ponto de vista empresarial, isto é, devem trazer benefícios econômicos?

Sendo assim, pode-se utilizar a visão de Ecologia Industrial e o *The Natural Step* como instrumento-guia para auxiliar na estruturação da Produção Mais Limpa. Esta possibilidade se deve ao fato de que os dois conceitos trabalham com uma visão oposta ao da visão “fim de tubo”, uma visão que trabalha com a melhoria contínua do processo produtivo. Esta melhoria contínua é exatamente o que os princípios da Produção Mais Limpa pregam, isto é, métodos que reduzam os desperdícios antes que sejam gerados.

### **2.11 Produção Mais Limpa - P+L**

As tecnologias de “fim de tubo” trabalham com uma visão “rio abaixo”, ou seja, uma visão que não trata dos problemas em sua origem. Este tipo de tratamento deve ser evitado, pois estas tecnologias só remediam as situações problemáticas. Deixam que os problemas sejam solucionados por outros futuramente. Os meios tradicionais de combate à poluição têm sido realizados através de sistemas de tratamento de fim de tubo. Esta aproximação de “fim de tubo”, apesar de necessária em algumas indústrias, deve ser utilizada como último recurso, sendo que devem ser investigadas as oportunidades de Produção Mais Limpa previamente, pois a Produção Mais Limpa possui uma visão “rio acima” e as medidas “fim de tubo”

possuem uma visão “rio abaixo”. A tabela 1 demonstra as principais diferenças entre as tecnologias fim de tubo e a P+L.

<b>Tecnologia Fim de Tubo</b>	<b>P+L</b>
Pretende reação.	Pretende ação.
Os resíduos, os efluentes e as emissões são controlados através de equipamentos de tratamento.	Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte. Procurar evitar matérias-primas potencialmente tóxicas.
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes.	Proteção ambiental é tarefa para todos.
A proteção ambiental atua depois do desenvolvimento dos processos e produtos.	A proteção ambiental atua como uma parte integrante do desenho do produto e da engenharia de processo.
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico.	Os problemas ambientais são resolvidos em todos os níveis e em todos os campos.
Não há preocupação com o uso eficiente de matérias-primas, água e energia.	Uso eficiente de matérias-primas, água e energia.
Leva a custos adicionais.	Ajuda a reduzir custos.

**Tabela 1 - Principais diferenças entre as tecnologias fim de tubo e a P+L (Fonte: CNTL)**

Com as mudanças para paradigmas ambientais, as empresas são orientadas a observar a origem da geração de seus resíduos, buscando soluções em seus processos produtivos e, desta forma, minimiza o tratamento do tipo “fim de tubo”. Esta minimização significa um aumento no grau de utilização de insumos e a otimização de energia no processo produtivo, bem como, um aumento de vantagens técnicas e econômicas, pois devido à intensa avaliação dos processos de produção, a organização é induzida a um processo contínuo de inovação, obtendo desta forma vantagens técnicas e econômicas (CNTL 2004).

## **2.12 Produção Limpa e Produção Mais Limpa**

Na década de 80, o *Greenpeace* idealizou propostas para mudanças profundas no comportamento das indústrias e elaborou o conceito de Produção Limpa (*CLEAN PRODUCTION*). Este conceito ganha força, segundo Lerípio (2002), quando o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente cria o programa de Produção Mais Limpa (*CLEANER PRODUCTION*).

### 2.13 Diferenças entre os conceitos de Produção Limpa e Produção Mais Limpa

As principais diferenças nos conceitos de Produção Limpa e de Produção Mais Limpa podem ser assim descritas:

Produção Limpa: sistema de produção industrial que leva em consideração a auto-sustentabilidade de fontes renováveis de matérias-primas; a redução do consumo de água e energia; a prevenção de geração na fonte, de resíduos tóxicos e perigosos; a utilização do princípio dos 4Rs (redução de emissão, re-uso, reciclagem, reaproveitamento e reutilização); a geração de produtos de vida útil longa, seguros e não tóxicos para o homem e ao meio ambiente, cujos restos (inclusive as embalagens), possam ser reaproveitados de forma atóxica e possam ser energeticamente eficientes (*energy efficient*) e reciclados de maneira eficiente, como substitutivo para as opções de manejo ambiental representadas por incineração e despejos em aterros (Mello e Nascimento 2002).

Produção Mais Limpa: Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva para aumentar a eficiência global da organização, e reduzir riscos aos humanos e ao ambiente. Pode ser aplicada a qualquer processo utilizado na indústria. Para os processos de produção, a Produção Mais Limpa é o resultado de uma ou mais combinações para a conservação de matérias-primas, água e energia; eliminando matérias-primas tóxicas e perigosas; e reduzindo a quantidade e toxicidade de todas as emissões e desperdícios à fonte durante o processo de produção. Para produtos, a Produção Mais Limpa aponta para a redução de impactos no meio ambiente natural, na saúde e segurança do produto durante todo o ciclo de vida deste. Esta redução vai desde a extração da matéria-prima, ao processo de fabricação e até o destino final, quando este já não possui utilidade para a sociedade. Já para serviços, a Produção Mais Limpa visa a incorporar preocupações ambientais no processo de concepção e entrega (UNEP, 2004). Na tabela 2 são apresentadas as comparações entre produção limpa e Produção Mais Limpa.



<b>Produção Limpa</b>	<b>Produção Mais Limpa – P+L</b>
Atóxico	Redução da toxicidade das emissões e dos resíduos.
Eficiência energética	Conservação de materiais, água e energia.
Materiais renováveis	Eliminação de materiais tóxicos e perigosos.
Características dos produtos devem ser duráveis e reutilizáveis, facilidade em desmontar e remontar, embalagem mínima com a utilização de materiais reciclados e recicláveis.	Redução do impacto ambiental na extração, manufatura, consumo, uso descarte final.

**Tabela 2 - Comparação das características entre a Produção Limpa e a Produção Mais Limpa (Fonte: Mello e Nascimento 2002)**

É demonstrado na tabela 2 que a Produção Limpa possui um maior rigor de conservação ambiental em relação à Produção Mais Limpa. A Produção Limpa se adapta melhor aos conceitos propostos pela metodologia “*The Natural Step*”, já a Produção Mais Limpa enquadra-se tanto nos conceitos do modelo “*The Natural Step*” como nos conceitos da Ecologia Industrial.

### **2.14 Benefícios da Produção Mais Limpa**

A implementação de processos de Produção Mais Limpa não deve ser vista pelas organizações como algo que trará um aumento de custos, mas sim uma adequação do processo produtivo que, ao longo do tempo, trará economia por meio do melhor conhecimento de seus processos e da constante monitoração dos acontecimentos na organização.

O segmento A da figura 1 mostra o início da tomada de decisão da implantação do processo Produção Mais Limpa com pequena variação nos custos e ainda sem necessidade de investimentos e uma gradual aplicação de investimento até chegar à linha de custo de produção.

No segmento “B” ocorre um aumento nos custos devido ao fato da realização de investimentos necessários, como por exemplo, aquisição de novas tecnologias. Já o segmento “C” demonstra a etapa em que as novas tecnologias estão em funcionamento e permite a recuperação do investimento devido aos ganhos com a melhor eficiência nos processos produtivos.

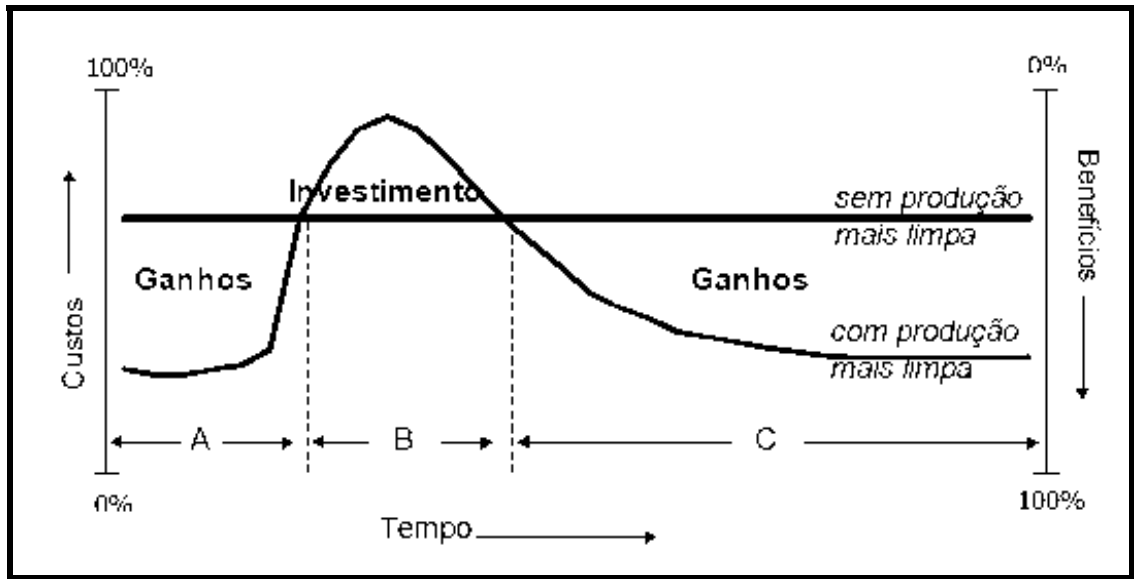


Figura 1 - Variação dos custos em função do tempo e da aquisição de novas tecnologias (Fonte: CNTL 2003)

Segundo a CNTL (2003), o monitoramento permitirá à empresa identificar necessidades de: pesquisa aplicada, informação tecnológica e programas de capacitação. Além disso, o Programa de Produção Mais Limpa irá integrar-se aos Sistemas de Qualidade, Gestão Ambiental e de Segurança e Saúde Ocupacional, proporcionando o completo entendimento do sistema de gerenciamento da empresa. A Produção Mais Limpa traz para as empresas benefícios ambientais e econômicos que resultam na eficiência global do processo produtivo, por meio de:

- ◆ eliminação dos desperdícios;
- ◆ minimização ou eliminação de matérias-primas e outros insumos que gerem impactos ao meio ambiente natural;
- ◆ redução dos resíduos e emissões;
- ◆ redução dos custos de gerenciamento dos resíduos;
- ◆ minimização dos passivos ambientais;
- ◆ incremento na saúde e segurança no trabalho.

E ainda contribui para:

- ◆ melhor imagem da empresa;
- ◆ aumento da produtividade;
- ◆ conscientização ambiental dos funcionários;
- ◆ redução de gastos com multas e outras penalidades.

A figura 2 demonstra de forma simplificada a forma como ocorrem os processos que beneficiam a organização que implementa processos de Produção Mais Limpa.

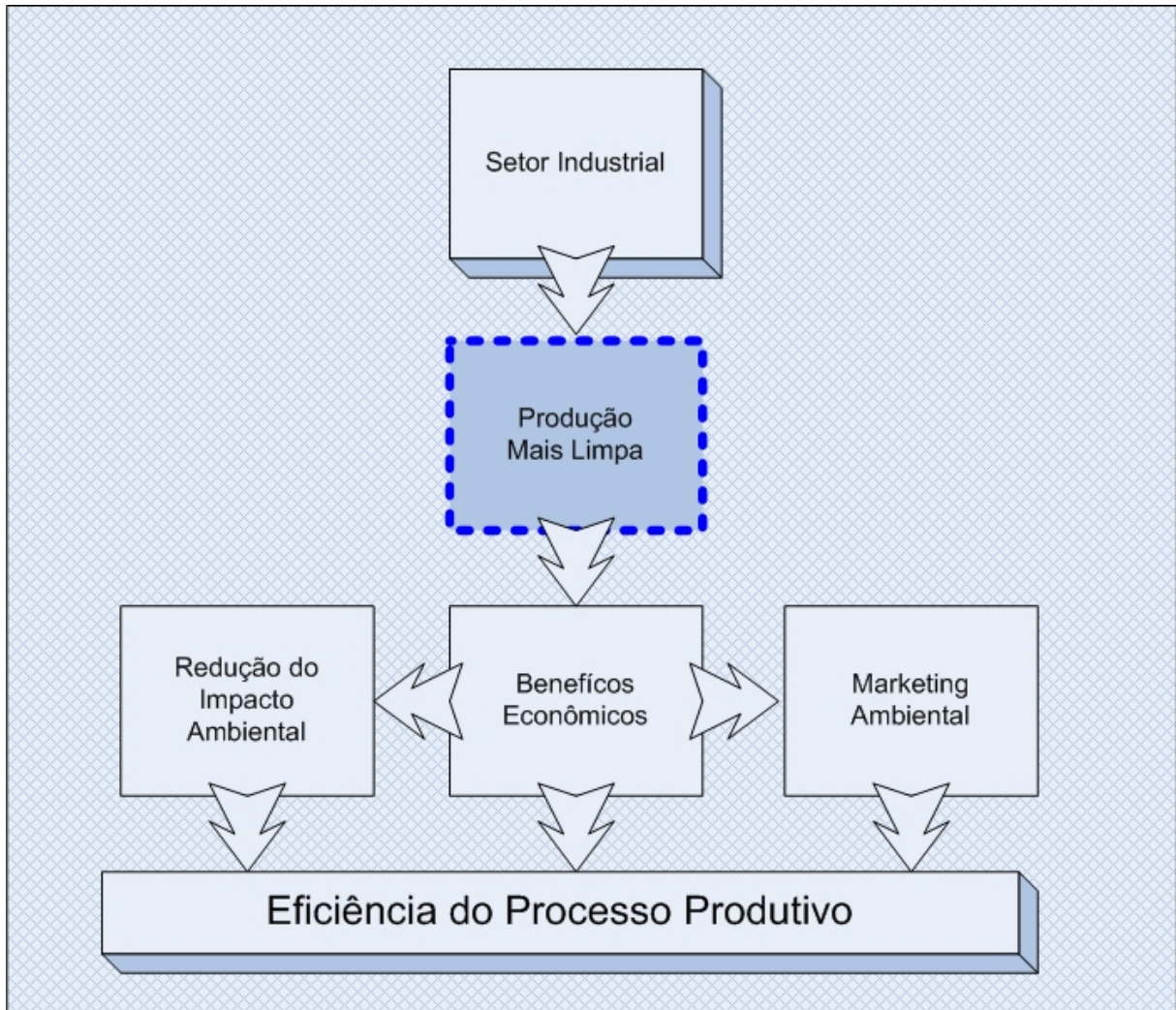


Figura 2 - Benefícios ambientais e econômicos que resultam na eficiência global do processo produtivo. (Fonte CNTL 2003)

### 2.15 Processo de implantação da Produção Mais Limpa

Partindo da visão estabelecida pela Ecologia Industrial de que as organizações trabalham de forma inter-relacionadas, é compreensível observar que as oportunidades e ameaças que afetam uma organização também afetarão as outras organizações dentro desta teia. Sendo assim os princípios da P+L podem identificar de forma sistemática as possibilidades e oportunidades de melhorias numa organização e conseqüentemente expandi-las para fornecedores e clientes.

Segundo a UNEP - *United Nations Environment Programme* os principais passos para a implementação estão expostos na figura 3.

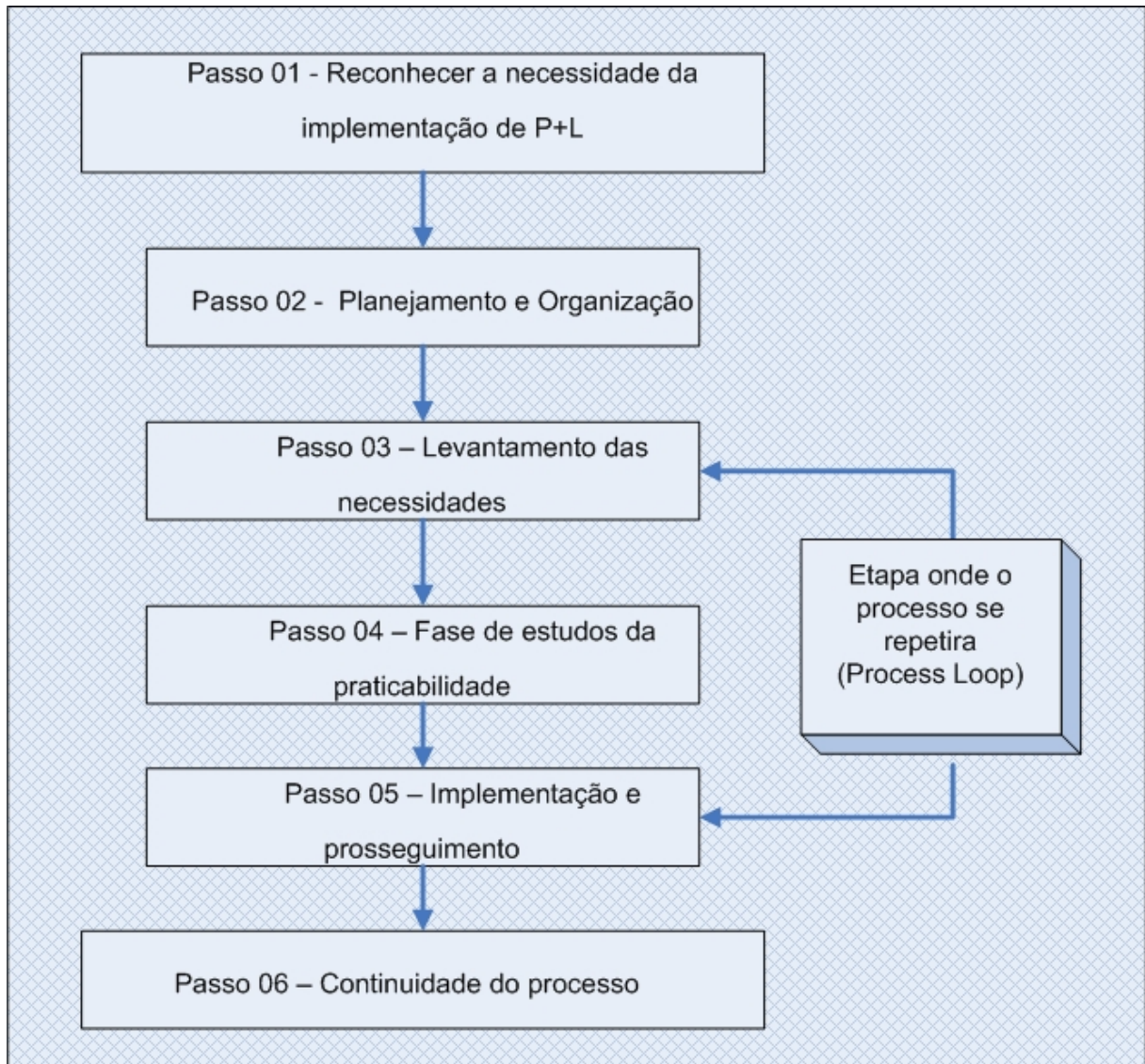


Figura 3 – Principais passos para a implementação de P+L (Fonte: UNEP 2004)

## 2.16 Passos para a implementação segundo orientação da UNEP

A *United Nations Environment Programme* UNEP propõe uma série de passos para guiar as organizações na implantação de sistemas de Produção Mais Limpa. Estes passos são comentados a seguir.

### **Passo 01 - Reconhecer a necessidade da implementação de Produção Mais Limpa.**

A organização deve tomar consciência da necessidade de implementação do processo de Produção Mais Limpa.

## **Passo 02 - Planejamento e Organização**

Esta fase inicia-se no momento em que indivíduos da organização tomam a decisão da ação. Os seguintes elementos são importantes para o sucesso do programa:

- comprometimento da gerência: sendo esta responsável por iniciar, incentivar e colaborar com o processo de Produção Mais Limpa;
- envolvimento dos colaboradores: a participação dos colaboradores que vivenciam as atividades diárias da organização é de suma importância;
- consciência dos custos: utilizado como um indicador, tanto para a gerência como para os colaboradores, pois a Produção Mais Limpa pode reduzir custos dentro da produção.

Uma aproximação ordenada é necessária para identificar e avaliar as oportunidades de Produção Mais Limpa. Tais noções de oportunidades devem modificar a visão da gerência, que em retorno dará mais suporte para as atividades de Produção Mais Limpa.

## **Passo 03 – Levantamento das necessidades**

Durante esta fase, realiza-se o balanço de material e verificam-se as medidas necessárias para a redução e prevenção de perda de material. A equipe responsável, nesta etapa, identifica todas as possibilidades, em que a Produção Mais Limpa pode ser aplicada. A técnica de *brainstorming* também deve ser utilizada para assegurar um ambiente criativo.

## **Passo 04 – Fase de estudos da aplicação prática**

O estudo da aplicação prática serve para verificar se a opção levantada para uma determinada situação é técnica e economicamente aceitável no que tange à redução de impactos ambientais.

## **Passo 05 – Implementação e prosseguimento**

Nesta última fase, as opções aplicáveis devem ser implementadas, e os procedimentos necessários para assegurar a continuidade do programa de P+L

devem ser adotados. Para o andamento de tal programa deve haver um monitoramento e avaliação dos resultados atingidos.

### **Passo 06 – Continuidade do processo**

Nesta fase foram observadas e registradas as ações que resultaram em um benefício ambiental e econômico para a organização e também foram realizados os preparativos para um novo ciclo de melhorias.

O CNTL (2003) desenvolveu um esquema visual dos procedimentos para a implementação da Produção Mais Limpa que pode ser observado na figura 4. Este plano é semelhante ao descrito anteriormente, possui as mesmas características e finalidades. Para a realização desta pesquisa será utilizada a esquematização proposta na figura 4, mas com as adaptações necessárias à organização pesquisada devido às suas características operacionais.



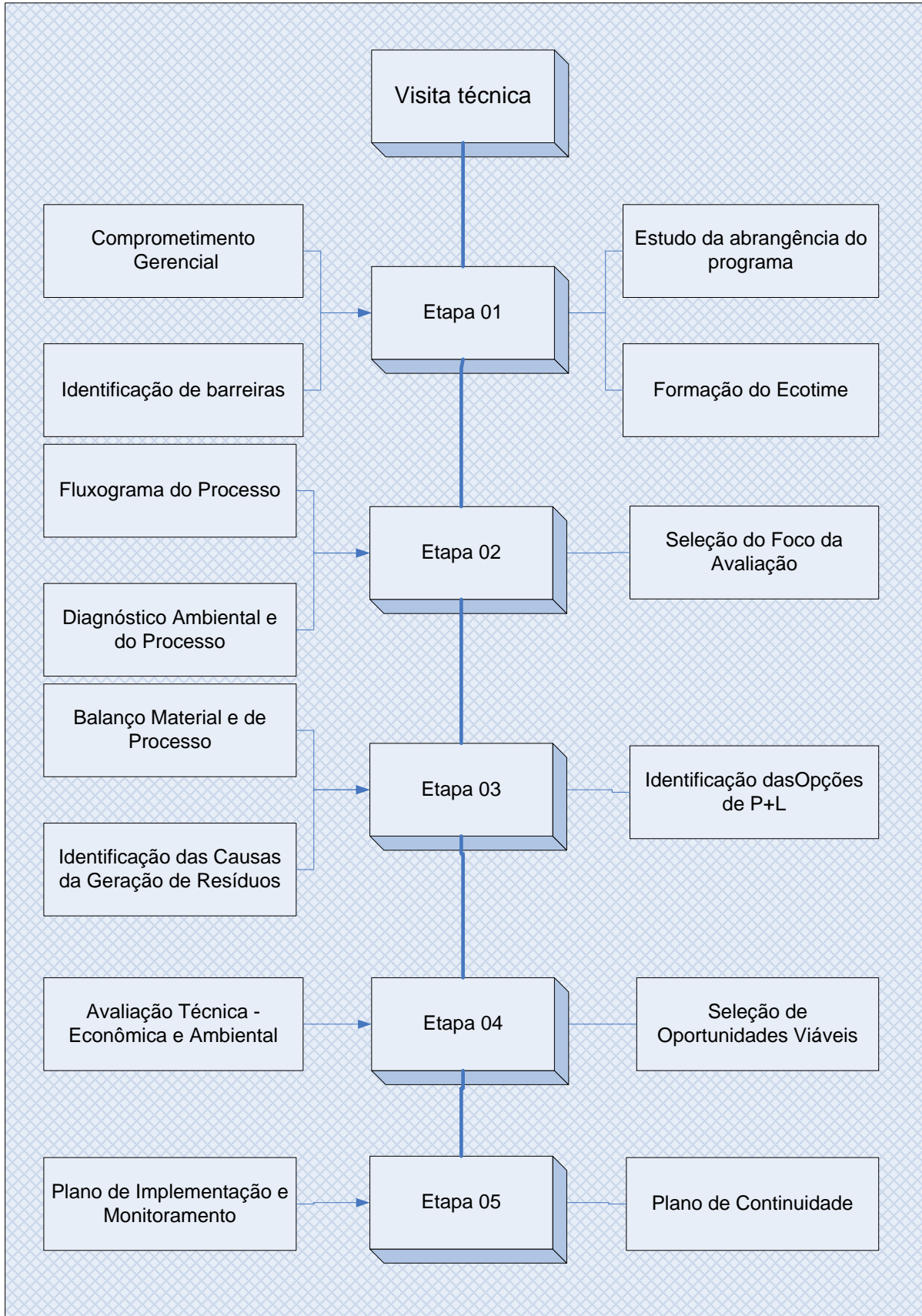


Figura 4 – Esquema proposto pela CNTL para as etapas de implementação de Produção Mais Limpa (Fonte: CNTL 2003)

As propostas de Produção Mais Limpa podem ser aliadas com princípios utilizados nos processos administrativos tradicionais.

Observa-se na figura 5 que a proposta de Produção Mais Limpa da UNEP e da CNTL seguem o método P.D.C.A. (*Plan – Do – Check – Act*), que se baseia no controle de processos, desenvolvido na década de 30, por Shewhart, e posteriormente difundido por Deming, conforme mostrado na figura 5.

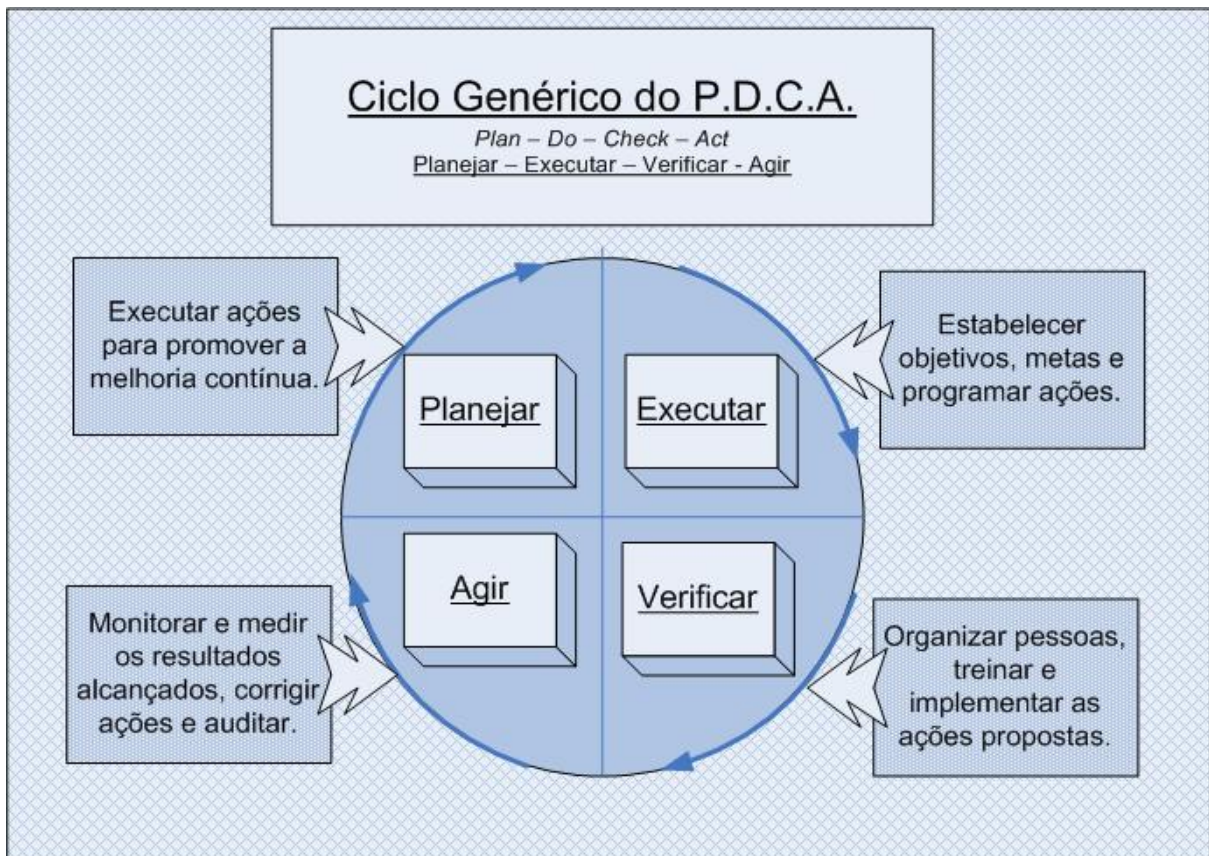


Figura 5 – Ciclo P.D.C.A. Genérico (Barbieri 2004)

A Produção Mais Limpa requer uma mudança de atitudes, uma gestão ambiental responsável e a elaboração de políticas voltadas ao incentivo da aplicação de procedimentos para a redução de impactos no meio ambiente. A Produção Mais Limpa é filosofia pró-ativa de antecipação da prevenção. Observa-se que a Produção Mais Limpa não se restringe necessariamente a processos de produção, podendo ser aplicada em todo o ciclo de vida do produto ou serviço. A Produção Mais Limpa visa à conservação e à redução de impactos ambientais, sendo que esta pode ser aplicada a todo ciclo do produto, com uma visão do “berço ao berço”, ao invés da tradicional visão do “berço ao túmulo”.



As organizações que implementam a Produção Mais Limpa observarão que não somente terão uma nova vantagem competitiva, voltada à imagem perante à opinião pública, mas também terão uma vantagem econômica devido ao processo de otimização na utilização de recursos e desenvolvimento de novas tecnologias; pois o investimento em Produção Mais Limpa é, geralmente, uma forma mais econômica de tratamento de resíduos, se comparada com as formas de tratamento no estilo “fim de tubo”.

A Produção Mais Limpa é uma ferramenta flexível que pode ser adaptada à realidade e ao escopo de conhecimento de cada organização. A cada ciclo de aplicação da Produção Mais Limpa dentro da organização, os colaboradores podem refinar os seus métodos de análise.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Caracterização da pesquisa**

Esta pesquisa possui caráter qualitativo e é classificada como sendo de natureza exploratória. O modelo adotado é o de um estudo de caso, utilizado para o delineamento da pesquisa, pois para Gil (1994), a maior utilidade do estudo de caso é observada em pesquisas exploratórias.

O estudo de caso é uma forma de se fazer pesquisa empírica que investiga fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto da vida real e em situações que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente estabelecidas (Yin 2003). Também Godoy (apud Araújo, 2001) explana que um estudo de caso caracteriza-se por uma pesquisa qualitativa que visa a estudar a realidade através da discussão, análise e tentativa para a resolução de problemas reais.

Observa-se assim que o propósito de um estudo de caso é o de realizar uma análise em uma organização social, neste caso, uma madeireira, aplicando os princípios de P+L propostos pela CNTL e pela UNEP.

Triviños (1987) argumenta que a análise qualitativa pode ter o apoio de dados quantitativos, desta forma para a observação dos benefícios econômicos e ambientais também serão utilizados tais dados.

### **3.2 Protocolo de trabalho**

Para a realização do presente estudo elaborou-se um protocolo de trabalho dividido em cinco etapas e um total de dez fases. A figura 6 demonstra o fluxo de trabalho realizado para se atingir os objetivos específicos e, conseqüentemente, o objetivo geral.

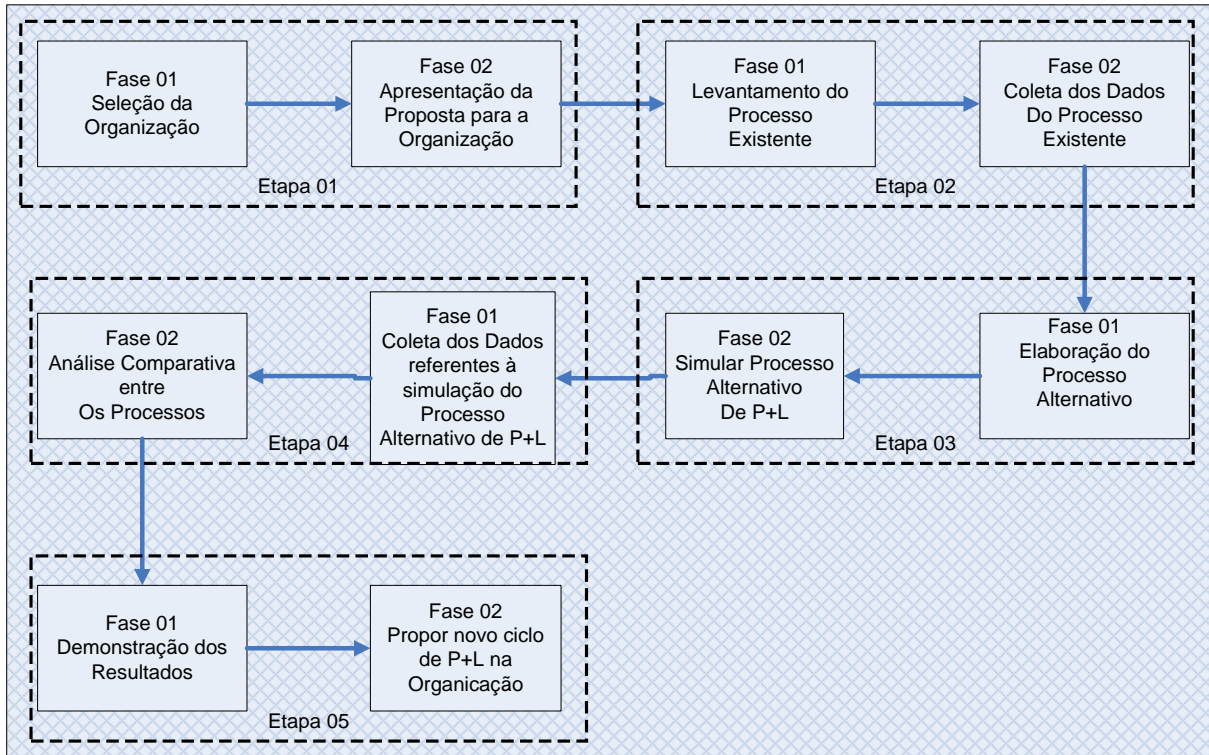


Figura 6 - Fluxo do protocolo realização do trabalho

### 3.2.1 Etapa 01 – Fase 01 Seleção da organização

Nesta etapa foi realizada a seleção da organização onde ocorreu o estudo de caso. O requisito desta fase é que a organização deverá estar disposta a alterar seus processos de produção em busca de uma maior eficiência econômica e ambiental.

### 3.2.2 Etapa 01 – Fase 02 Apresentação da proposta para a organização

A proposta de aplicação de Produção Mais Limpa para a organização foi realizada e deu-se ênfase aos possíveis benefícios que a aplicação de Produção Mais Limpa pode trazer a organização.

### 3.2.3 Etapa 02 – Fase 01 e 02 Levantamento e Coleta dos dados do processo existente

Aqui realizou-se um levantamento quantitativo do processo produtivo, permitindo o conhecimento de todo o processo estudado. Utilizou-se uma lista de verificação das atividades desenvolvidas, tais como:

- ◆ qual operação que está sendo realizada;
- ◆ como é efetuada a operação;
- ◆ qual o volume de matéria-prima utilizada na entrada do processo;

- ◆ qual o volume de matéria acabada no final desta etapa do processo;
- ◆ quanto custa esta etapa do processo.

A análise das atividades permitiu elaboração de um balanço de massa e energia do processo, possibilitando a comparação quantitativa com o novo processo proposto pela Produção Mais Limpa. Em seguida efetuou-se a coleta dos dados de todos os processos produtivos da organização para permitir a visualização das melhorias possíveis.

#### **3.2.4 Etapa 03 – Fase 01 Elaboração do processo alternativo**

Nesta fase elaborou-se o processo alternativo a ser implantado na organização com o objetivo da redução do volume de resíduos, com base nos procedimentos de Produção Mais Limpa.

#### **3.2.5 Etapa 03 – Fase 02 Análise (ou simulação) do processo alternativo de Produção Mais Limpa**

Foi realizado o planejamento dos processos de Produção Mais Limpa a serem implementados em cada uma das etapas de produção visando à melhoria ambiental e econômica.

#### **3.2.6 Etapa 04 – Fase 01 Coleta dos dados referentes à análise (ou simulação) do processo alternativo de Produção Mais Limpa**

Fase cujo intuito é realizar a coleta dos dados referentes à simulação do processo alternativo de Produção Mais Limpa, visando à análise- tanto econômica quanto ambiental- de viabilidade do processo.

#### **3.2.7 Etapa 04 – Fase 02 Análise comparativa entre os processos**

Nesta primeira fase da etapa 04, foi elaborado um quadro com os dados referentes aos processos de produção, permitindo a análise dos resultados referentes aos dois processos produtivos. tal análise foi realizada de forma quantitativa.

#### **3.2.8 Etapa 05 – Fase 01 Demonstração dos resultados**

Fase em que se demonstraram os benefícios de impactos ambientais e econômicos que o processo de Produção Mais Limpa trouxe à organização.

### **3.2.9 Etapa 05 – Fase 02 Proposição de novo ciclo de Produção Mais Limpa na organização**

Etapa em que foi proposto um novo ciclo de Produção Mais Limpa dentro da organização, com o intuito de aprimorar ainda mais os ganhos ambientais e econômicos, seguindo desta forma o processo proposto pelo ciclo P.D.C.A.

## 4 APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM UMA MADEIREIRA

O volume de resíduos no processo produtivo de uma madeireira é considerável e promove preocupações devido aos fatores econômicos e ambientais. Os econômicos são devido à perda de fibra de madeira que acaba se transformando em resíduos do processo e gerando despesas para a sua disposição. Os fatores ambientais são devido à decomposição desta matéria orgânica geradora de gás metano, sendo que este é um dos gases formadores do efeito estufa.

Integrando o fator econômico com o fator ambiental, a Produção Mais Limpa visa a fornecer as diretrizes para minimizar estes efeitos. Esta abordagem permite uma visão sistemática do processo produtivo e da geração dos resíduos, auxiliando na redução de seu volume e promovendo a melhoria econômica.

### 4.1 A organização - o estudo de caso

A razão da seleção da organização estudada para este trabalho deu-se ao fato de ser uma empresa que possui disposição para a aplicação de novos métodos, tanto em seus setores produtivos quanto em seus setores administrativos.

### 4.2 Histórico

A referida madeireira constituiu-se em 1969, na cidade de Ipiranga – PR. A atividade básica era a extração e serragem de madeiras em tábuas brutas com secagem em céu aberto. As madeiras exploradas na época eram o pinheiro, imbuia, peroba, canela, vassourão e outras consideradas mais resistentes e com melhor preço no mercado. O *pinus* não era explorado devido o seu preço, pois era considerada uma madeira muito fraca e barata, já que havia abundância de outras madeiras, consideradas mais nobres.

No ano de 1980, a empresa foi transferida para a cidade de Carambeí, antigo distrito de Castro – PR. A organização possuía uma serraria, onde seu principal produto beneficiado era o pinheiro. Mais tarde o *pinus* passou a ser explorado e não demorou muito para a empresa substituir a extração do pinheiro pelo *pinus*, devido às dificuldades encontradas para a liberação do corte do pinheiro. Na fase inicial de processamento do *pinus*, ele era seco a céu aberto; mas, com o intuito de se

produzir um produto com maior qualidade e, conseqüentemente melhor preço, foram construídas estufas que também reduziram o tempo de secagem.

Com a crescente demanda, a empresa aumentou a produtividade com o aprimoramento tecnológico de seus equipamentos e sua equipe de produção. Com a evolução tecnológica, a empresa aumentou sua capacidade produtiva de 500 m<sup>3</sup> mensais, na década de 80, para 1500 m<sup>3</sup> mensais, no início da década de 90.

Nesta época a empresa contava com duas serrarias e três estufas com capacidade de 150m<sup>3</sup> de secagem. Em 1994, a empresa aumentou sua produção, construindo mais uma serraria e pouco tempo depois, mais duas estufas, passando a ter três serrarias, com produção de 2500m<sup>3</sup> de madeira serrada e cinco estufas, com capacidade total de 400m<sup>3</sup> para secagem. Em 1998 uma nova serraria automatizada é construída, com capacidade para produzir 4.000 m<sup>3</sup> mensais de madeira bruta, o que demandou a construção de mais três estufas em 1999. Estes investimentos fizeram com que a empresa atingisse a capacidade de secagem de 650m<sup>3</sup> de madeira a cada quatro dias que é o ciclo de secagem, ou seja, 4.875 m<sup>3</sup> por mês.

### **4.3 Grau de capacitação tecnológica**

A serraria é equipada com transportadores (Schiffer) que permitem agilidade no processo, constituindo uma vantagem devido à agilidade e facilidade de manuseio da produção e dos resíduos ou subprodutos. A serraria também é equipada com um descascador de toras (Demuth DDF 620) que permite a transformação dos resíduos da serraria em subprodutos (cavaco e serragem), os quais são comercializados.

Os resíduos produzidos na serraria e na floresta (cavaco florestal) são transportados por correias e armazenados em silos (Dujua), posteriormente são comercializados para serem utilizados como combustível para caldeira na geração de vapor ou utilizados para a produção de energia na termoelétrica da empresa.

Outro fator tecnológico importante é a secagem da madeira serrada em estufas a vapor (Engecass), com capacidade de 75, 80 a 100 m<sup>3</sup>, o que eleva a qualidade da madeira processada. O vapor utilizado para o processo de secagem, que é dividido entre o processo de geração de energia e o processo de secagem, é produzido pela caldeira (H. Bremer). Todo este processo é controlado pelo sistema informatizado Digisystem – DMC Soft.

#### 4.4 Unidades de Reflorestamento e Viveiro de Mudas de *Pinus*

A empresa possui seis unidades de reflorestamento próprio que são: Barra Bonita I, Barra Bonita II e Capão Bonito, no município de Castro-PR; Boa Vista, em Piraí do Sul-PR; Mocambo, em Tibagi-PR e Morro Azul, em Jaguariaíva-PR. Estas unidades de reflorestamento são supridas pelo próprio viveiro da indústria.

A organização pretende atingir a auto-suficiência de matéria-prima até o ano de 2014, através de viveiro próprio, de mudas de *pinus*, e com o aumento de sua área reflorestada para 3.500 ha.

A empresa conta com um técnico florestal e um laboratório, para o cultivo das mudas e tem capacidade para produzir 2.000.000 mudas/ano. As sementes utilizadas no viveiro são provenientes das florestas de propriedade da madeireira. Isto ocorre devido ao fato que a tecnologia do setor madeireiro não só contempla o manejo da floresta, mas também o plantio de mudas de qualidade.

#### 4.5 Beneficiamento da madeira

Visando aumentar suas possibilidades de comércio, a empresa passou a produzir portas para o mercado externo; assim, agregando valor à matéria-prima, expandindo as alternativas de crescimento industrial e promovendo novos postos de trabalho.

No ano 2000, a empresa, observando a necessidade de aumentar seu faturamento e melhorar o aproveitamento de seus resíduos, que estavam sendo doados à comunidade, resolveu realizar uma parceria com uma indústria produtora de MDF<sup>6</sup> e OSB<sup>7</sup> da região. Esta parceria tinha como objeto-alvo o fornecimento de seus antigos resíduos de madeira, que passaram a ser considerados como subprodutos. A serragem e o cavaco continham um percentual elevado de casca em sua combinação, devido ao fato das toras não serem descascadas. Para que o contrato com a indústria de MDF e OSB se realizasse, foi necessário investir num descascador de toras (Demuth DDF 620), permitindo que toda serragem e cavaco que fosse produzido possuíssem um baixo percentual de casca (máximo de 1,5%

---

6 MDF – *Medium Density Fiberboard* - chapa fabricada a partir da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas e ação conjunta de temperatura e pressão.

7 OSB - *Oriented Strand Board* – São capas de aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas.



em sua combinação). Para isso a empresa passou por investimentos, aprimoramentos tecnológicos e aperfeiçoamento de seu quadro de colaboradores.

Com a venda dos subprodutos, restou ainda a casca da tora do *pinus* para queimar em uma antiga caldeira (Vileri 5000). Estas cascas possuem pouca quantidade calórica e não queimam de forma adequada. Para o melhor aproveitamento das cascas foi investido em uma caldeira moderna (H. Bremer HBFS – 8), que queimasse a casca de pinus de forma mais eficiente.

Foi necessário investir em um picador florestal (Demuth DPM 400/800), para o aproveitamento dos resíduos florestais (galhos, tocos e copas de árvores); gerando, assim, um outro resíduo ou subproduto - o cavaco florestal - visto que só o volume de casca era pequeno para ser economicamente viável à sua queima. O cavaco florestal é utilizado para abastecer a termoelétrica.

Atualmente a empresa aproveita toda a árvore de *pinus* (tocos, galhos, copas, serragem, cavaco, casca e acículas) melhorando a sua relação de custo-benefício. A empresa visa a aproveitar cada vez mais a madeira, diminuindo os desperdícios e conseqüentemente aproveitando melhor as reservas florestais, gerando um melhor aproveitamento econômico e redução do impacto nocivo ao meio ambiente.

#### **4.6 Geração de Energia**

A energia elétrica utilizada em todo o processo é proveniente do conjunto de caldeira, turbina e gerador. Este conjunto produz um total de 5 MV e o combustível utilizado é originário da biomassa (cavaco florestal), proveniente dos resíduos do processo industrial. A madeireira utiliza aproximadamente 1,5 MV, ou seja, 30% e o excedente de energia - 70% - são comercializados com a concessionária energética.

Outro ponto importante é o fator ambiental e econômico, pois ao se utilizar energia renovável, por meio da queima de resíduos florestais, ocorre a redução do impacto da utilização de energia oriunda de fontes não renováveis e também a redução da carga sobre a malha de distribuição. O ciclo do carbono é fechado com a queima da biomassa, não aumentando seu nível na atmosfera. Isto devido ao fato que as florestas em crescimento absorverão este carbono, como pode ser observado na figura 7. Há também a redução da emissão de gás metano oriundo da decomposição dos restos da madeira, que também é um outro gás de efeito estufa.

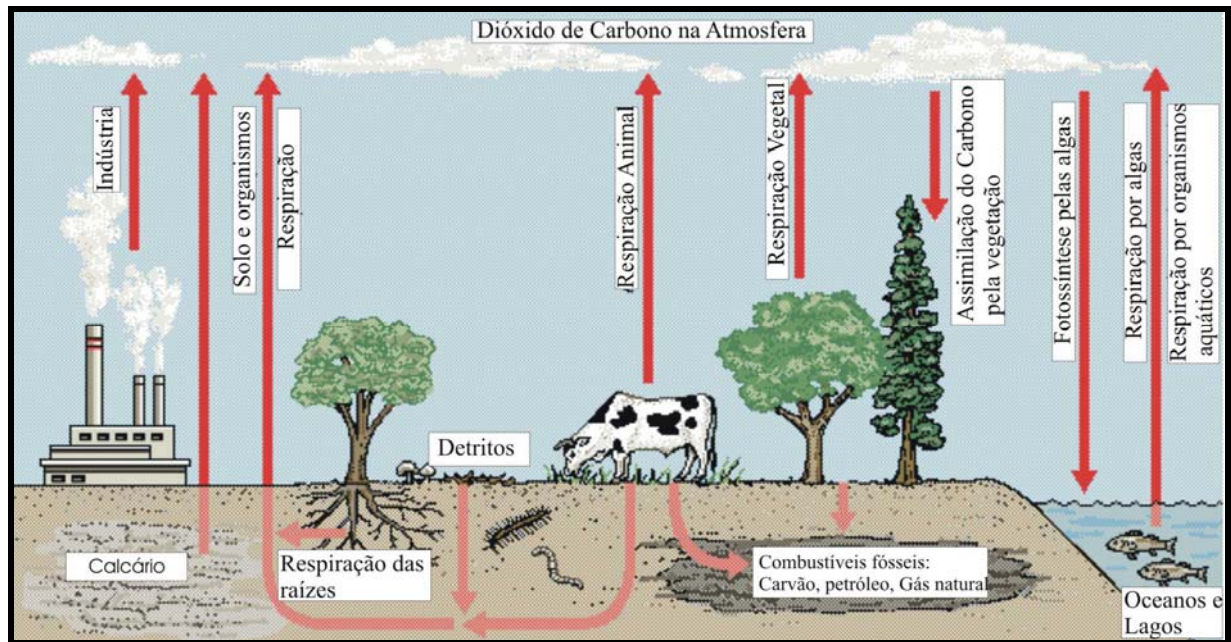


Figura 7 - Ciclo do Carbono (Fonte: Encarta Encycloppedia – Microsoft Corporation 2006)

A localização da termoelétrica é no pátio da madeireira, junto à serraria e à fábrica. Isto para que haja uma adequada logística no transporte dos resíduos até a caldeira e na distribuição da energia produzida pela turbina como pode ser observado na figura 8.



**Figura 8 - Vista Superior da Casa de Geração de energia**

A água usada em todo o processo industrial é oriunda de um lago formado por águas pluviais, de chuveiros, torneiras e também de um poço. Toda água é tratada antes de se utilizar no processo industrial.

#### **4.7 Processo de análise de Produção Mais Limpa na empresa**

O estudo foi realizado seguindo as orientações da UNEP e CNTL para o processo de implantação e levantamento das necessidades, possibilidades e escopo do processo de Produção Mais Limpa dentro da estrutura da fábrica, realizando as devidas adaptações para que se enquadre aos processos operacionais da empresa.

As etapas e fases descritas no item 3.2 Protocolo de Trabalho foram seguidas e os passos necessários para o processo de Produção Mais Limpa foram inseridos em cada etapa e fase.

#### 4.7.1 Primeira etapa do protocolo de trabalho

Nesta etapa não são aplicados os passos de Produção Mais Limpa, sendo somente aplicado a partir da etapa 02. Realizou-se uma avaliação prévia do processo industrial (visita técnica) nas dependências da fábrica e foi efetuada uma reunião com a presidência da empresa. Foram esclarecidos os objetivos e escopo do trabalho.

#### 4.7.2 Etapa 01 – Fase 01 e 02 – Passo 01

A presente etapa corresponde ao primeiro passo do processo de Produção Mais Limpa. A visualização de cada item do primeiro passo pode ser observado na figura 9.

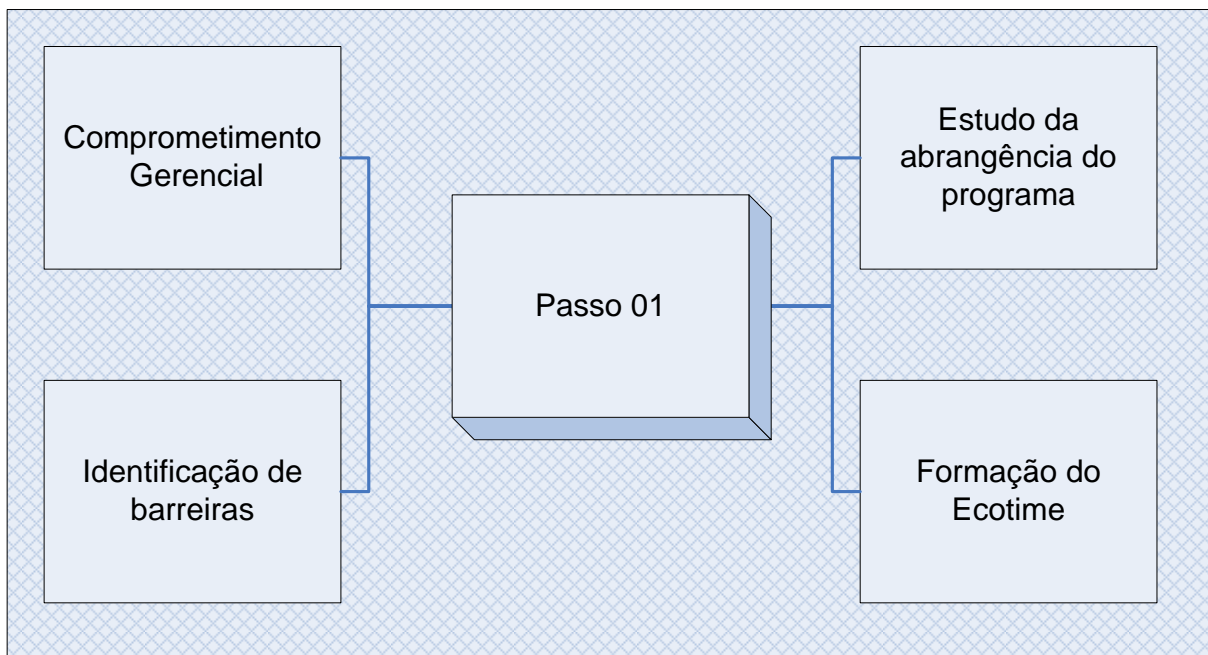


Figura 9 – Passo 01 do processo de Produção Mais Limpa

##### 4.7.2.1 *Comprometimento Gerencial*

A gerência da organização forneceu as primeiras informações necessárias e as devidas apresentações às equipes responsáveis pelos diversos setores da indústria.

#### **4.7.2.2 Identificação de barreiras para a implementação da Produção Mais Limpa**

Após as explicações para as equipes responsáveis pelos diversos setores produtivos, estas não demonstraram resistência e não criaram barreiras às propostas de levantamento de dados para o processo de Produção Mais Limpa.

Para os operadores dos equipamentos foi realizada uma explicação *in loco* sobre a intenção do estudo e solicitado que não fossem realizadas alterações no procedimento habitual na execução do trabalho. Solicitação esta feita para que não houvesse mudanças de procedimento devido à presença do pesquisador e que resultasse em um levantamento errôneo. Com a explanação, foi possível reduzir a apreensão natural do ser humano quando está sendo observado em sua atividade produtiva.

#### **4.7.2.3 Estudo da abrangência do programa**

A indústria está dividida em dois setores, sendo um setor da serraria e outro do beneficiamento. O setor da serraria fornece matéria-prima tanto para o beneficiamento (produção de portas) quanto para outras indústrias do ramo madeireiro.

- Setor da serraria

Neste setor, para o levantamento de dados, foi selecionado o procedimento de desdobramento das toras. Esta escolha ocorre devido ao fato que nela está constituída a fase inicial de todo o processo produtivo.

Outro fator relevante é a escassez de matéria-prima devido ao apagão florestal que o Estado do Paraná e a região sul estão sofrendo. Segundo Pimentel (2004), o Paraná detém 40% das exportações nacionais. A demanda por *pinus* (*Pinus elliottii* sp. e *Pinus taeda* sp.) aumenta 6% ao ano, mas a base florestal não possui um aumento maior que 1% ao ano.

Sendo assim a otimização dos primeiros procedimentos de corte são de fundamental importância para as madeireiras. Com a otimização do corte, os fatores econômicos e ambientais serão atingidos. Este procedimento pode levar a organização e o setor



madeireiro a atingir os objetivos de Ecologia Industrial e, conseqüentemente, o de sustentabilidade baseada no método TNS.

- Setor de beneficiamento

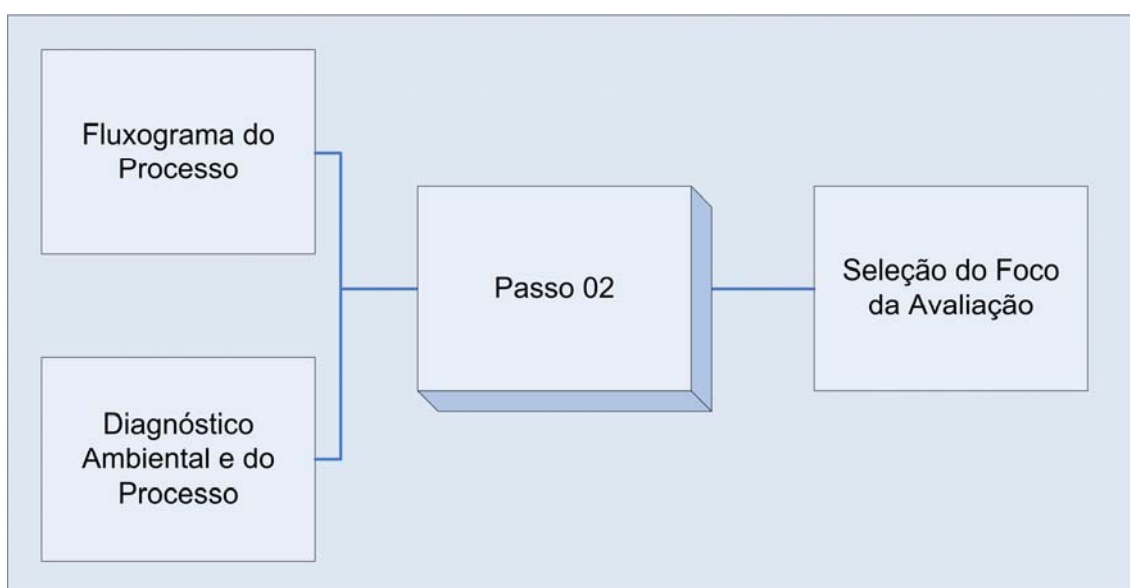
Neste setor foram estabelecidos dois equipamentos para a realização do estudo; a prensa de alta freqüência e o equipamento de *Finger Joint* ou Junta em dedos. A seleção destes dois equipamentos deu-se devido ao fato que a Produção Mais Lima pode resolver dois importantes itens, o ambiental e o econômico.

#### 4.7.2.4 Formação da equipe ambiental

Para este item não foi realizado a formação de uma equipe ambiental, ou seja, uma equipe voltada à identificação e solução de problemas ambientais. A não formação da equipe é devido à natureza do estudo. Contudo foi realizada uma explanação para os gerentes dos setores envolvidos e também para os operadores dos equipamentos. A explanação foi referente à natureza do estudo e também sobre a Produção Mais Limpa e seus benefícios. Esta explanação serviu para eliminar ou minimizar quaisquer barreiras que pudessem surgir durante o desenvolvimento do estudo.

#### 4.7.3 Etapa 02 – Fase 01 e 02 – Passo 02

A segunda etapa corresponde ao passo 02 no qual existem três itens, que podem ser verificados na figura 10 são descritos em seguida.



**Figura 10** - Passo 02 do processo de Produção Mais Limpa

### 4.7.3.1 Fluxograma do processo

Elaborou-se o fluxograma do processo produtivo das duas áreas estudadas da fábrica, a área da serraria e a área de beneficiamento nas figuras 11 e 12 respectivamente.

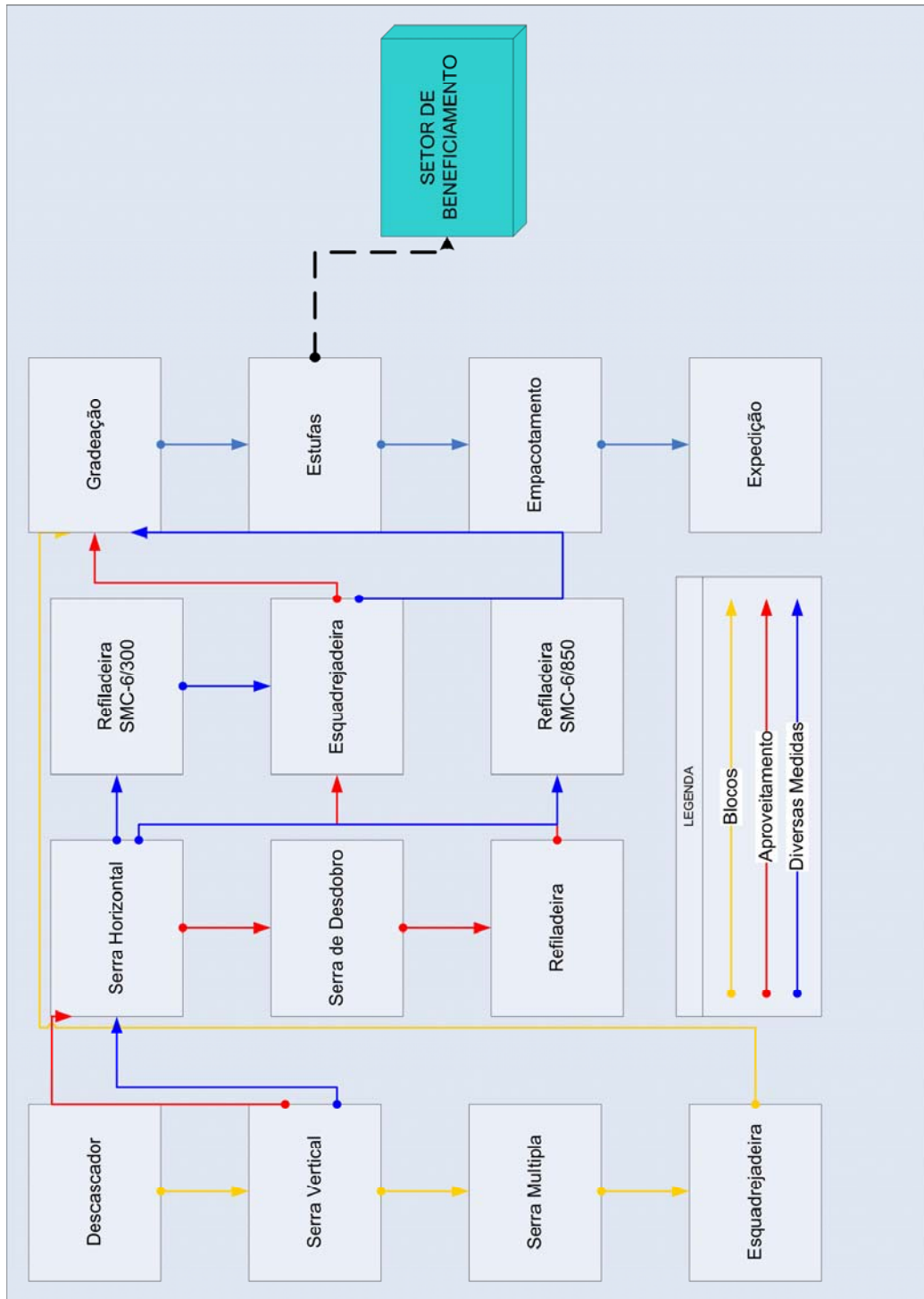


Figura 11 - Fluxograma do setor da serraria (Fonte: Autor)

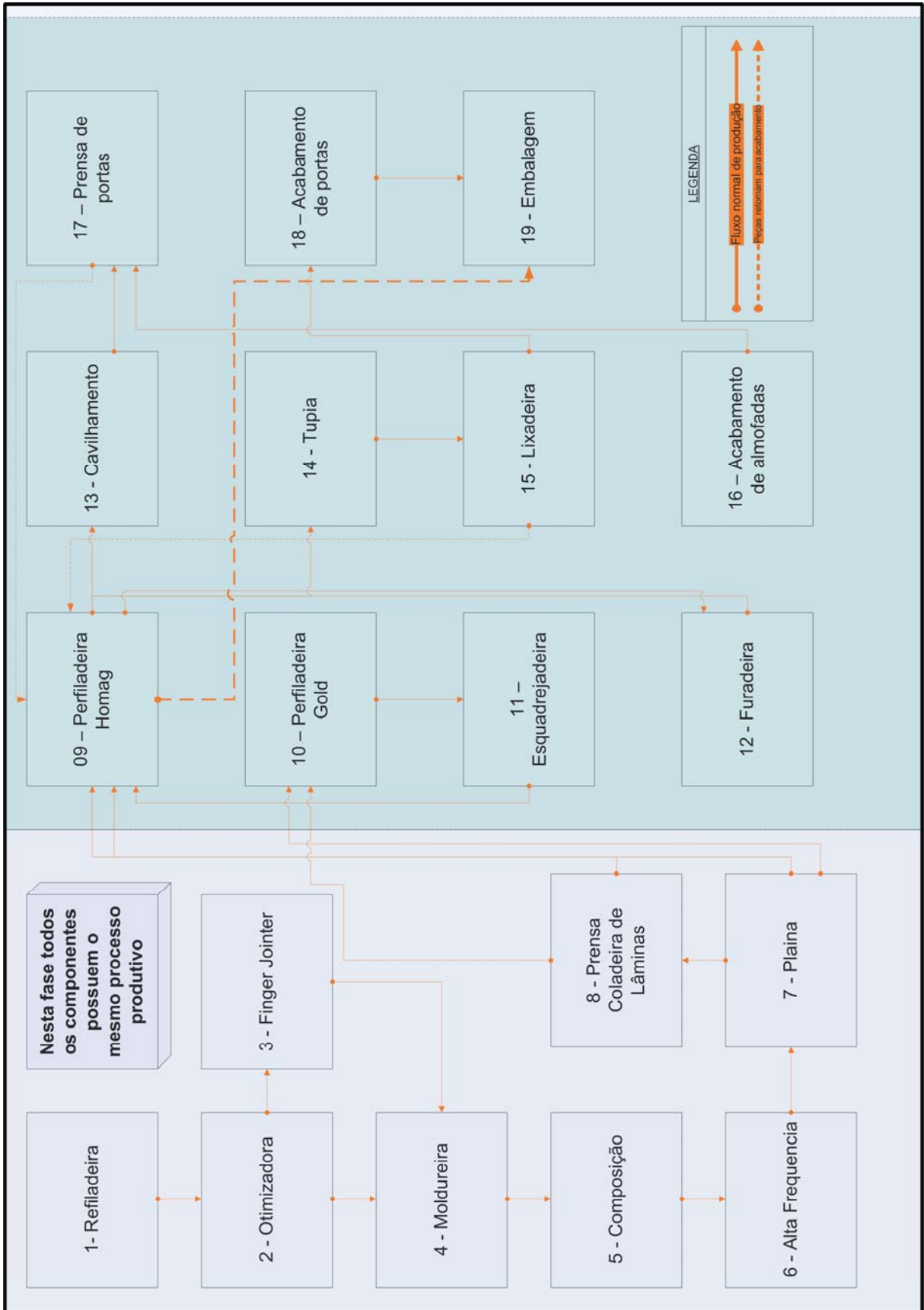


Figura 12 - Fluxograma do setor da serraria (Fonte: autor)



#### 4.7.3.2 Diagnóstico ambiental e do processo

- Diagnóstico ambiental e do processo na serraria

O desperdício de madeira ainda é marcante no Brasil. Fatores como a escassez de matéria-prima, espessura de corte, aproveitamento e sistemas de corte ainda não são questões que fazem parte do planejamento estratégico das madeireiras. Levantou-se durante o estudo que existe uma perda de 42% do volume total de uma tora, no sistema atual de corte. O procedimento será demonstrado no item Balanço de material e indicadores – Setor da serraria.

Partindo desta observação, inicialmente optou-se em identificar os tipos de toras utilizadas pelas madeireiras (serrarias de *pinus*), pois as toras são a matéria-prima fundamental da organização. As toras são classificadas, segundo seu diâmetro, em três tipos sendo:

- ◆ Tora I – Dimensões entre 18 e 24 cm
- ◆ Tora II – Dimensões entre 25 e 34 cm
- ◆ Tora III – Dimensões entre 35 a  $\pm$  50 cm

Suas formas variam de cilíndricas a cônicas. O formato irá influenciar no rendimento tanto na relação monetária quanto na relação cubagem de matéria serrada.

A utilização de toras cilíndricas proporciona um melhor rendimento à indústria, mas devido ao elevado custo e dificuldades físicas de manejo e armazenagem, este procedimento de segregação de toras, não é realizado tanto pelos fornecedores de toras quanto pelas próprias madeireiras.

- Diagnóstico ambiental e do processo no setor de beneficiamento

A identificação dos pontos críticos de geração de resíduos é fundamental para o planejamento e para a implementação dos princípios de Produção Mais Limpa. Consideraram-se pontos críticos dentro do setor de beneficiamento aqueles em que ocorre a geração de um grande volume de resíduos e a geração de resíduos perigosos e/ou tóxicos. No setor de beneficiamento foi considerado ponto crítico aqueles em que há a perda de cola.

### 4.7.3.3 Seleção do foco da avaliação

- Setor da serraria

Os resíduos do processamento da madeira são os materiais resultantes do beneficiamento primário e secundário que, por limitações, permanecem sem utilização, sendo descartados ao final da produção. A indústria estudada destina estes resíduos para a geração de calor que alimentará a termoelétrica e esta destina parte do calor para a geração de energia e parte para a secagem da madeira. São considerados resíduos do processamento da tora a casca, a costaneira<sup>8</sup>, pontas, lascas, partes desclassificadas, nós<sup>9</sup>, serragem, maravalha<sup>10</sup> e peças descartadas devido a algum defeito que não possibilite a sua utilização na indústria.

- Setor de beneficiamento

Foi selecionado para o estudo o equipamento de *Finger Joint* e a prensa de alta frequência. Esta seleção ocorreu devido à espécie das matérias-primas utilizadas (madeira e cola), com o tipo de equipamento, com o nível de capacitação da mão-de-obra e também com os critérios de sustentabilidade *The Natural Step*, Ecologia Industrial e Produção Mais Limpa. Trabalhando-se, pois, com o melhor aproveitamento destes recursos, no processo produtivo da indústria, os critérios necessários para a aplicação de sustentabilidade e Ecologia Industrial podem ser atingidos em cada ciclo de Produção Mais Limpa.

### 4.7.4 Etapa 03 – Fase 01 e 02 – Passo 03

Esta etapa possui três itens de suma importância para a execução do terceiro passo, figura 13. Foram obtidos nestes três itens as informações necessárias para a mensuração dos resíduos do processo produtivo.

---

<sup>8</sup> Parte externa da tora

<sup>9</sup> Região da árvore onde saem os galhos, é uma parte rígida da árvore.

<sup>10</sup> Serragem oriunda do desdobramento da tora

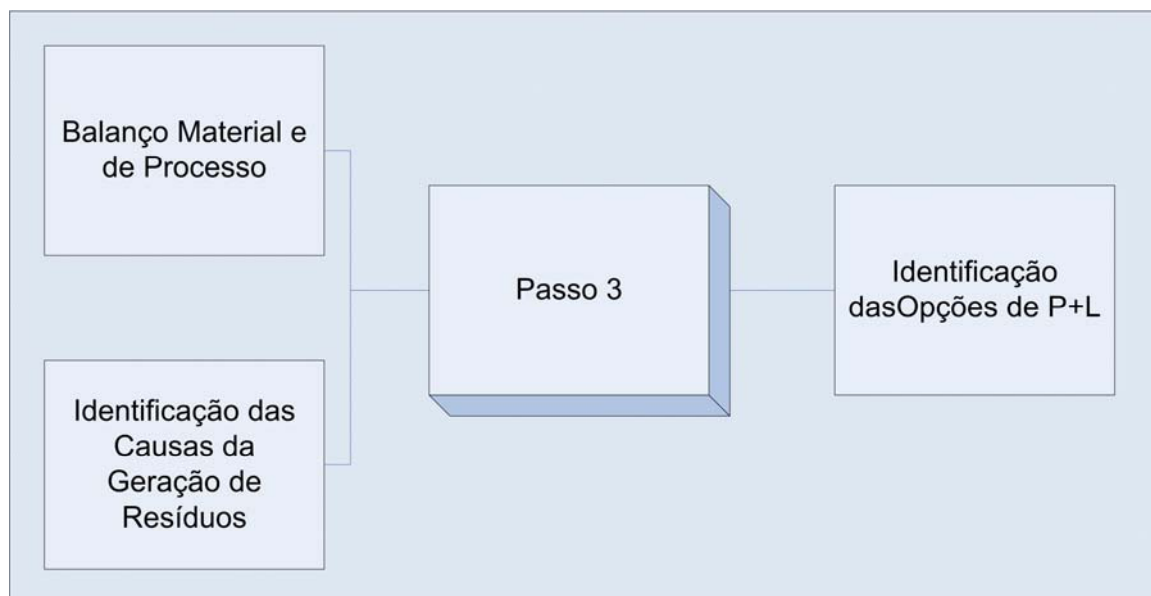


Figura 13 – Passo 03 do processo de Produção Mais Limpa

#### 4.7.4.1 *Balanço Material e Indicadores*

- Setor da serraria

Objetivou-se com o balanço ambiental responder à seguinte questão: Quais os volumes de resíduos gerados com o desdobramento da tora e quais as suas porcentagens? O balanço ambiental apresentado na tabela 3 e no gráfico 1 respondem a esta questão.

**Tabela 3 - Balanço de material e resíduo do processo de desdobro de toras (Fonte: Autor)**

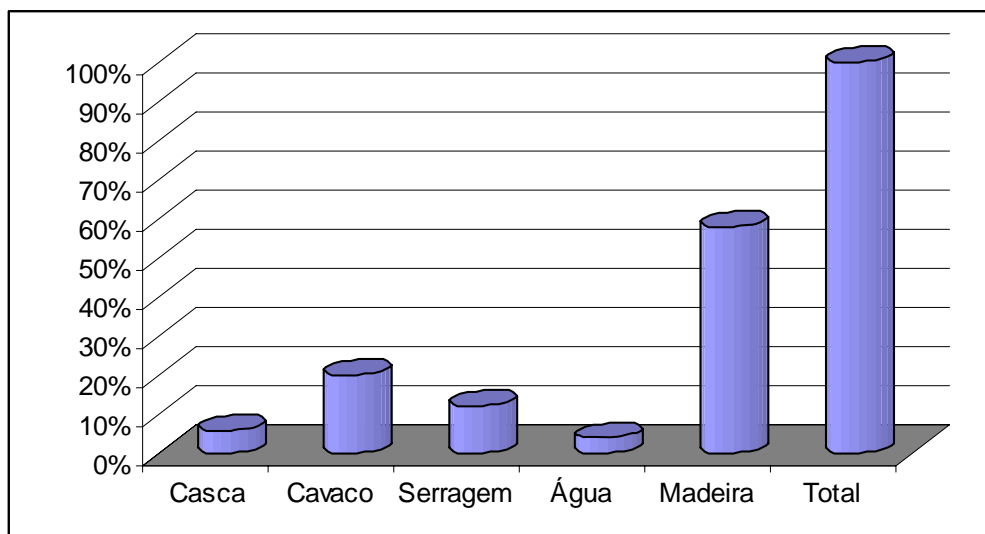
Entrada	Etapa	Saída	Valor em % da saída	Valor Monetário da saída
Tora Bruta <sup>11</sup>	Descascador <sup>12</sup>	Casca e tora descascada	6%	R\$ 8,40
Tora sem casca	Desdobro <sup>13</sup>	Serragem e Tábuas de 1ª passagem	20%	R\$ 28,00
Tábuas de 1ª e 2ª passagem	Refilo <sup>14</sup> e Desdobro	Serragem e Tábuas de 2ª passagem	12%	R\$ 16,80
		Vapor de água liberada pela tora durante o processo	4%	R\$ 5,60
		Total de madeira no final do processo de desdobro	58%	R\$ 81,20
			100%	R\$ 140,00

<sup>11</sup> Tora Bruta – Entende-se por tora bruta a tora já nas dimensões para entrada no equipamento e com a casca ainda intacta.

<sup>12</sup> Equipamento que retira a casca da tora através de lâminas.

<sup>13</sup> Ato de serrar a tora em tábuas

<sup>14</sup> Ato de serrar as laterais irregulares da tábua para que esta seja esquadrejada.



**Gráfico 1 – Gráfico do balanço de material e resíduo do processo de desdobro de toras (Fonte: Autor)**

Com este levantamento foi possível mensurar o volume e o valor monetário da madeira e dos resíduos. Para se calcular o valor foi utilizado o preço médio de R\$140,00 por tonelada de madeira.

O método utilizado para esta mensuração foi através dos seguintes passos:

- ◆ Seleção das toras que possuíam as dimensões mais comuns no estoque da indústria – Toras do TIPO II.
- ◆ Limpeza total do equipamento, para a retirada de qualquer resíduo de madeira.
- ◆ Posicionamento de lonas plásticas no entorno dos equipamentos. Isto foi realizado para que os resíduos que, por eventualidade, fossem dispersados para fora das esteiras, sejam então recolhidos na lona.
- ◆ Após cada etapa foi classificado e pesado o volume de resíduos para que as devidas proporções fossem estabelecidas<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Para se obter a porcentagem de água, ela foi realizada através da diferença entre a pesagem da madeira já serrada contra a pesagem do resíduo.

◆ Setor de beneficiamento

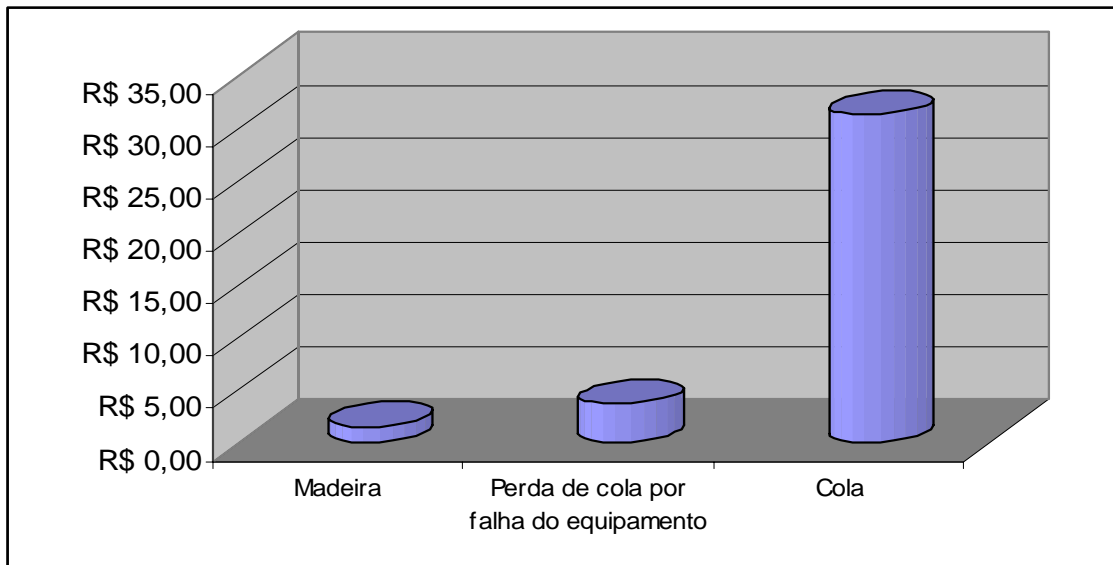
Objetivou-se dentro do setor de beneficiamento responder à seguinte questão: Quais os volumes de resíduos gerados com o processo de *Finger Joint* e da Prensa de alta frequência? O balanço ambiental apresentado nas tabelas 4 e 5 e nos gráficos 2 e 3 apresentam os resíduos gerados nestes processos para responder a esta questão.

Tabela 4 – Balanço de material e resíduo do processo de *Finger Joint* (Fonte: Autor)

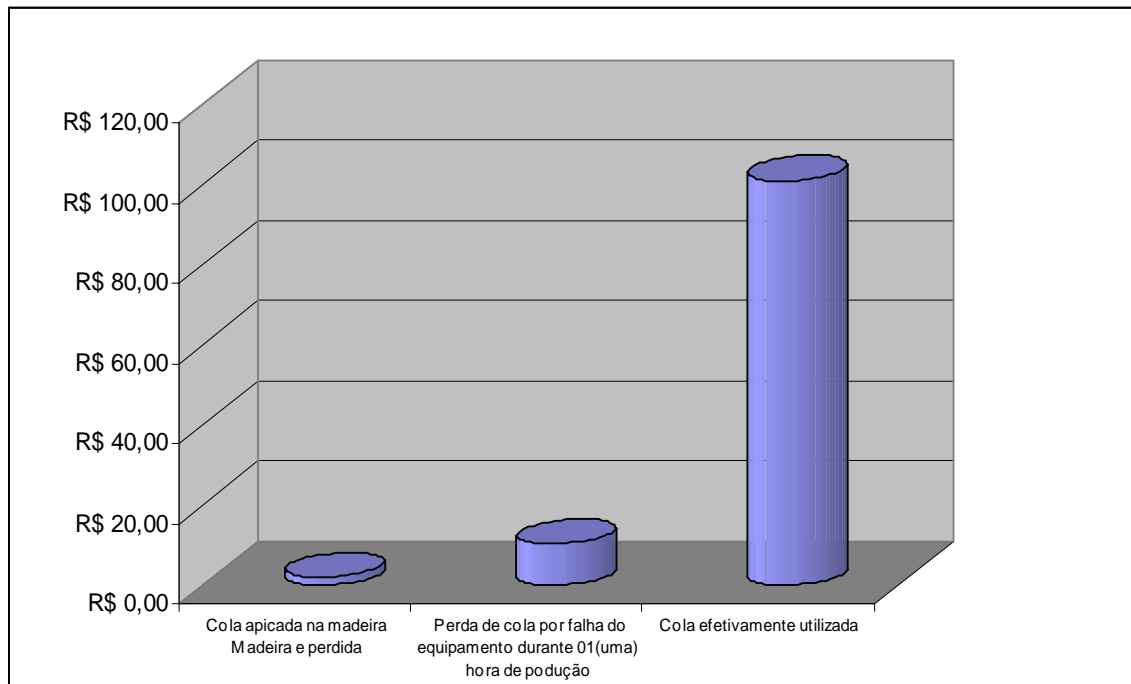
Entrada	Etapa	Saída	Valor em % da saída	Valor Monetário da saída
Madeira	Corte dos <i>Fingers</i>	Madeira com os <i>fingers</i> em 1 (uma) hora de produção	0,11 m <sup>3</sup> de resíduos (serragem)	R\$ 1,53
Perda de cola por falha do equipamento	Funcionamento do equipamento durante 01 (uma) hora	Perda de 183g por hora	10,48 % de perda de cola	R\$ 3,66
Cola	Passagem de cola no <i>finger</i>	1.560g de cola durante uma hora de produção	89.52 % de cola aplicada na peça	R\$ 31,20

Tabela 5 – Balanço de material e resíduo do processo da prensa de alta frequência (Fonte: Autor)

Entrada	Etapa	Saída	Valor em % da saída	Valor Monetário da saída
Cola aplicada na madeira e perdida	Passagem de cola na lateral de 1,54 m <sup>3</sup> por hora	Madeira com cola lateralmente aplicada, sendo 5.142,85 g aplicada e 102,85 g perdida durante uma hora de produção	102,85 g de cola perdida durante a prensagem	R\$ 2,06
Perda de cola por falha do equipamento durante 01 (uma) hora de produção		Perda de 522 g por hora	522 g de perda de cola	R\$ 10,44
Cola efetivamente utilizada	Passagem de cola na lateral de 1,54 m <sup>3</sup> por hora	Madeira com cola lateralmente aplicada sendo 5.142,85 g menos 102.85 de cola perdida - Cola efetivamente utilizada: 5.040 g de cola	5.040 g de cola efetivamente utilizada	R\$ 100,80
			Valor total da perda de cola durante 1 (uma) hora de produção	R\$ 12,50
<b>OBS.: Nesta etapa não existe a produção de serragem</b>				



**Gráfico 2 – Gráfico do balanço ambiental do processo de *Finger Joint* (Fonte: Autor)**



**Gráfico 3 – Perdas no processo da prensa de alta frequência (Fonte: Autor)**

O balanço feito no equipamento de *Finger Joint* demonstrou que existe uma perda de cola de 1.464 g por turno de 8 horas de produção, ou seja, 35.136 g (35,136 kg) a cada mês<sup>16</sup> com somente um turno de 8 horas por dia.

Para a prensa de alta frequência o balanço demonstrou que existe uma perda de cola de 4.176 g por turno de 8 horas de produção, ou seja, 100.224 g (100,224 kg) a

<sup>16</sup> A organização trabalha 24 dias por mês (de segunda-feira a sábado.)

cada mês com somente um turno de 8 horas por dia. Esta prensa de alta frequência trabalha em dois turnos de 8 horas diárias, elevando estes números para 200,448 kg por mês.

#### **4.7.4.2 Identificação das Causas da Geração de Resíduos**

- Setor da serraria

Para o setor da serraria as causas identificadas foram as serras utilizadas. Estas serras são espessas e geram uma perda de fibra desnecessária. Esta perda de fibra gera conseqüências de natureza ambiental e econômica. No quesito ambiental, a organização produz resíduos que com a sua decomposição irá gerar gases que promovem o efeito estufa. No quesito econômico, a perda desnecessária de fibra gera resíduos que devem ser tratados de forma adequada o que infere em custos adicionais e também existe o fator da oferta e demanda. Com a perda de fibra há a necessidade de se adquirir mais matéria-prima, e como já citado esta matéria-prima (*pinus*) tem um tempo médio de crescimento para produção de madeira de corte de 12 anos; aumentando, assim, a demanda, reduzindo a oferta e conseqüentemente gerando o aumento de preço.

- Setor de beneficiamento – *Finger Joint* e Prensa de alta frequência

Para estes equipamentos o principal fator identificado foi o fato de que a manutenção preventiva não estava sendo realizada com a necessária regularidade. Esta falta de regularidade está gerando um gasto desnecessário de matéria-prima e também um custo adicional para a disposição correta destes resíduos de cola. A cola, por possuir propriedades químicas que a impedem de ser depositada em aterros sanitários urbanos, segundo a NBR 10004/2004, requer que seja depositada em aterros próprios para produtos químicos.

#### **4.7.4.3 Identificação das opções de Produção Mais Limpa**

- Setor da serraria

Atualmente a grande maioria da indústria madeireira utiliza serras fita com espessura de 3,5 mm. Existe a disponibilidade de equipamentos que utilizam serras

com a espessura de 0,9 mm. A figura 14 demonstra de forma esquemática (em proporção) a relação entre as espessuras de corte das serras.

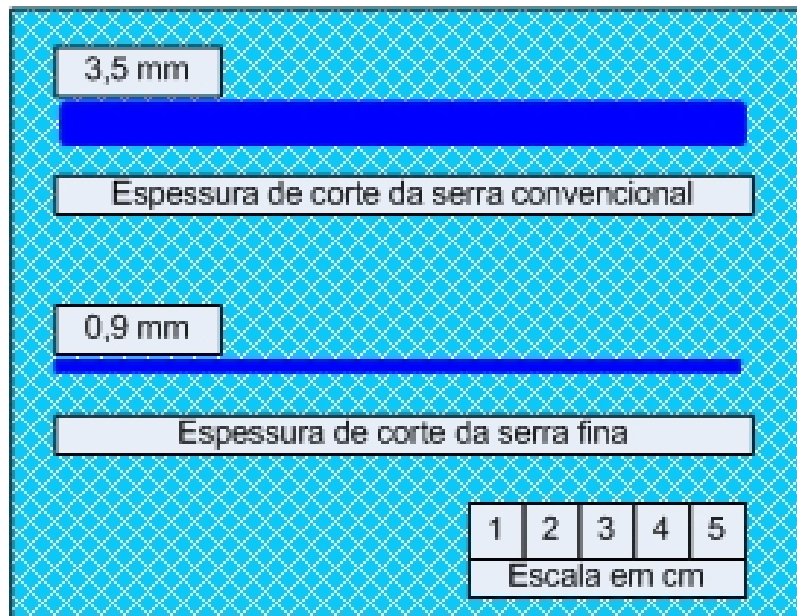


Figura 14 – Desenho esquemático da espessura de corte (Fonte: Autor)

A produtividade também depende do diâmetro das toras. Quando se passa de uma classe de diâmetro para outra (toras do tipo I – II – II) ocorre um aumento de produtividade. Esta é uma vantagem adicional em se utilizar toras de maiores diâmetros, porém deve-se adotar esta medida somente em condições favoráveis de mercado.

Os possíveis itens que podem ter seus volumes reduzidos são os cavacos e a serragem. Esta redução é obtida com a utilização de serras com espessuras mais finas e também com a utilização de toras do TIPO II ou TIPO III ou maiores. A utilização de toras TIPO III possui implicações logísticas e monetárias que, atualmente, devido à situação do mercado, inviabilizam sua utilização.

- Setor de beneficiamento – *Finger Joint* e Prensa de alta frequência

Para o equipamento de *Finger Joint*, o possível item que pode ter seu volume reduzido é a cola que é desperdiçada pelo cabeçote de colagem. Esta redução é obtida com a regulagem periódica do cabeçote e com a utilização de um cabeçote apropriado para cada espessura de madeira utilizada.



Para a prensa de alta frequência, o item possível que pode ter seu volume reduzido é o resíduo de cola que é desperdiçada pelo aplicador. Esta redução é obtida com manutenção do compressor, que se encontrava defeituoso.

Tanto no caso do equipamento de *Finger Joint* quanto da prensa de alta frequência, os operadores estavam cientes dos desperdícios, mas não possuíam capacitação para efetuarem as mudanças necessárias no processo.

#### 4.7.5 Etapa 04 – Fase 01 e 02 – Passo 04

Esta etapa possui dois itens os quais foram utilizados para se realizar o estudo, conforme a figura 15: a avaliação técnica, econômica e ambiental e também a seleção das oportunidades viáveis.

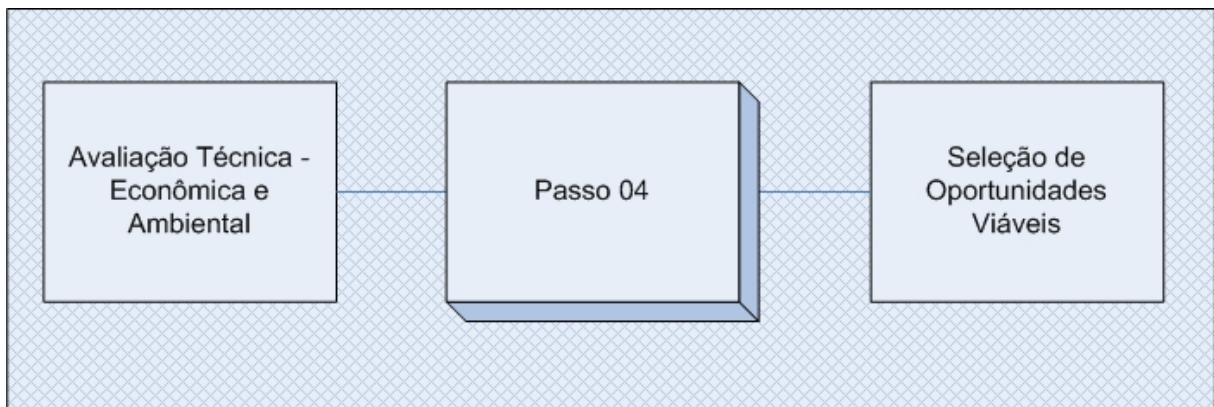


Figura 15 – Passo 04 do processo de Produção Mais Limpa

##### 4.7.5.1 Avaliação: Técnica - Econômica – Ambiental

- Para o setor da serraria

Neste setor a questão técnica seria a aquisição de serras, para o desdobro, utilizando uma tecnologia que gera menor espessura de corte e conseqüentemente menor quantidade de resíduo. Desta forma possibilitaria a economia e o retorno financeiro da aquisição do equipamento por meio desta economia gerada com o maior aproveitamento da tora. A figura 16 demonstra, de forma visual, a economia de fibra ao utilizando serras que produzam um corte mais fino.



**Figura 16 – Exemplo visual da utilização de serras – À esquerda a utilização de serras finas e à direita a utilização de serras padrão (Fonte: Serras Mill)**

Uma questão técnica levantada que dificulta a aquisição deste equipamento é o tempo em que a indústria teria que ficar parada para a instalação do mesmo. Outra opção é a segregação das toras para o direcionamento específico ao tipo de produto.

Estas modificações resultariam em uma melhoria do desempenho ambiental neste setor; agregando, assim, estes procedimentos a uma visão de Ecologia Industrial e sustentabilidade.

- Equipamentos de *Finger Joint* e prensa de alta frequência

Estes dois equipamentos necessitam do mínimo de aplicação para o processo de produção sofrer uma otimização da qualidade econômica e ambiental. Estas melhorias podem ser atingidas se forem utilizados os próprios operadores dos equipamentos.

#### **4.7.5.2 Seleção de oportunidades viáveis**

- Setor da serraria

Para que este setor possa implantar um processo de Produção Mais Limpa de forma imediata, sugere-se a utilização de um processo de segregação das toras dentro do pátio da empresa. Esta segregação serviria para a otimização do processo de corte e se utilizariam toras específicas para lotes predeterminados de produção. A figura 17 demonstra um mapeamento das dimensões mais comuns utilizadas pela indústria e os possíveis cortes.



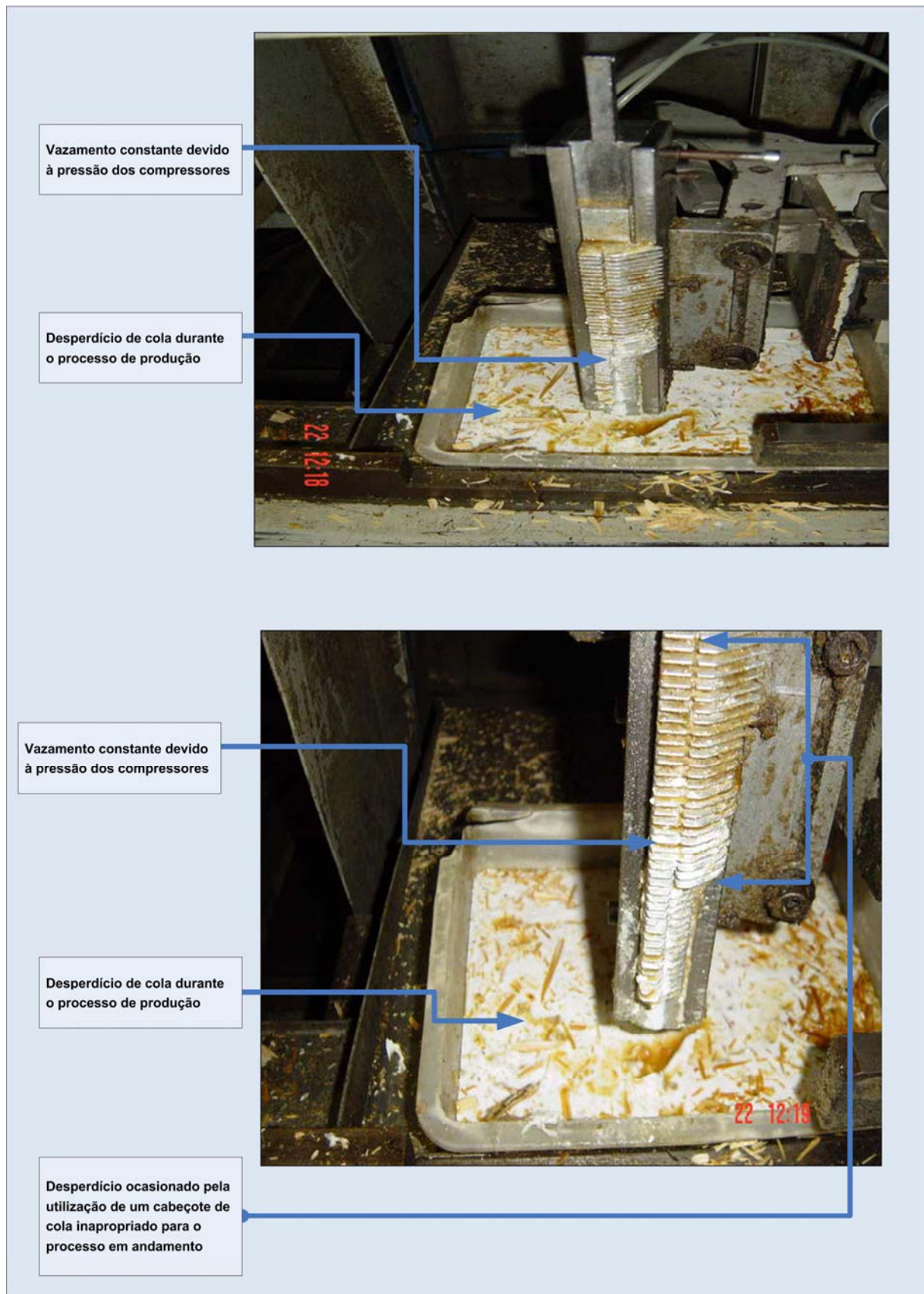


Figura 18 – Pente injetor de cola da *Finger Joint* com vazamento (Fonte: Autor)



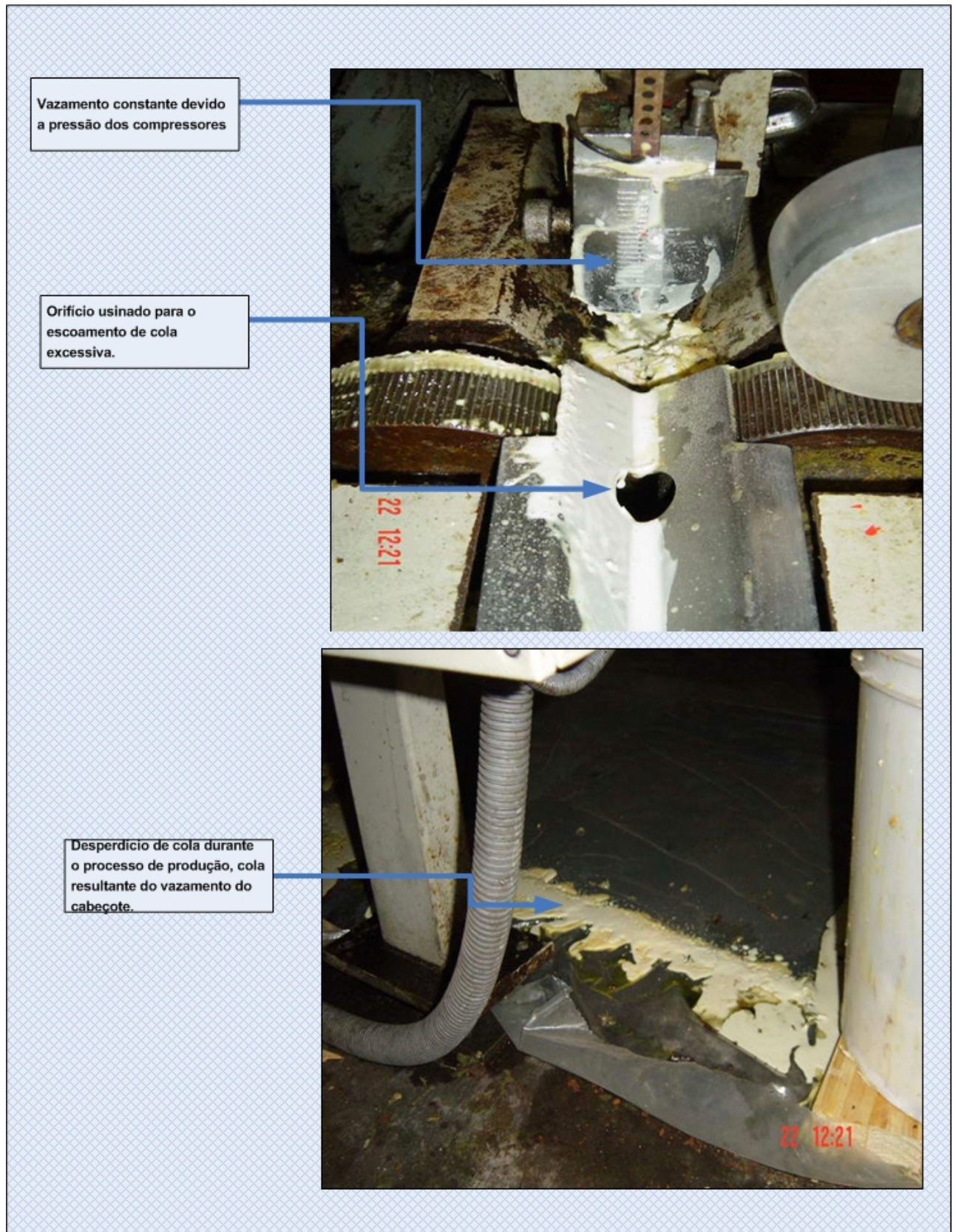


Figura 19 – Imagem superior: vazamento no pente injetor da prensa de alta frequência e imagem abaixo: excesso de vazamento no piso da fábrica. (Fonte: Autor)

Com a eliminação da perda de cola, a indústria deixaria de perder um total de 1.624,32 kg de cola por ano. Além deste desperdício, esta cola não pode ser depositada em um aterro sanitário doméstico ou industrial devido às suas propriedades tóxicas. Ela deve ser depositada em um aterro químico o qual cobra R\$ 1,80/Kg de cola depositada. Sem considerar o custo do transporte, a perda da cola e o armazenamento perfazem um total de R\$ 2.923,78 por ano.

Esta economia não se faz somente do ponto de vista monetário, mas também do ponto de vista ambiental, pois estes resíduos tóxicos seriam, mesmo que depositados em aterro químico, eliminados no ambiente e a humanidade estaria exposta a mais material tóxico.

#### **4.7.6 Etapa 05 – Fase 01 e 02 – Passo 05**

Esta etapa possui dois itens, observados na figura 20, os quais foram utilizados para fornecer à organização as condições para a contínua aplicação do processo de Produção Mais Limpa. Desta forma a empresa pode constantemente aperfeiçoar seus processos produtivos.

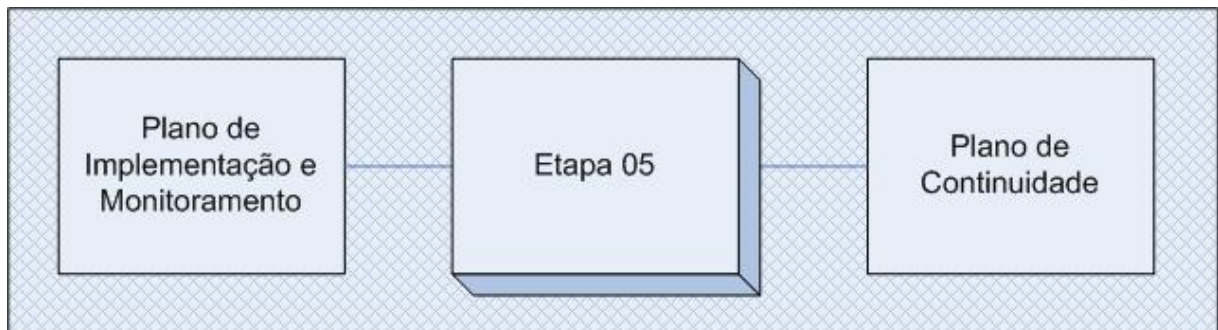


Figura 20 – Passo 05 do processo de Produção Mais Limpa

##### **4.7.6.1 Plano de implantação e monitoramento**

Sugeriu-se para a organização que fosse constituída uma equipe ambiental, e que esta equipe multidisciplinar realizasse treinamentos com os operadores. Estes treinamentos serviriam para que os operadores pudessem identificar imediatamente a ocorrência de um problema relacionado às questões que geram resíduos em excesso.

#### **4.7.6.2 Plano de continuidade**

Para o plano de continuidade foi proposta a aplicação do modelo P.D.C.A. Este plano pode ser executado da seguinte forma:

- ◆ Constituir uma equipe multidisciplinar dentro da organização para analisar e avaliar as possibilidades de melhoria do desempenho ambiental da organização.
- ◆ Segmentar a organização por setores e sub-setores.
- ◆ Nos setores e sub-setores mapear todos os resíduos e elaborar propostas para redução por meio da técnica de *Brainstorming*.
- ◆ Indexar estas propostas por custo e implementação do processo de redução e benefício gerados pelo procedimento.
- ◆ Implementar novos procedimentos e/ou equipamentos.
- ◆ Medir os resultados e avaliar os benefícios econômicos.

Estes procedimentos devem ser tomados em todos os setores de forma que toda a empresa passe pelo processo de avaliação e melhoria. Sugere-se a repetição do mesmo a cada seis meses.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 CONCLUSÕES

O foco principal deste trabalho foi a melhoria da eco-eficiência no setor industrial madeireiro. Para isto foi utilizada a metodologia de Produção Mais Limpa, proposta pela UNIDO/UNEP como uma das ferramentas a fim de atingir os conceitos de Ecologia Industrial, e para que esta possa atingir os conceitos de sustentabilidade propostos pelo método *The Natural Step* (TNS).

Conforme destacado no capítulo 1, objetivou-se de forma geral verificar a possibilidade de aplicação da Produção Mais Limpa na indústria madeireira.

Para tanto, foi realizado um levantamento dos processos de produção dentro de uma organização. Este levantamento visou a atingir os seguintes objetivos:

- ◆ identificar os aspectos de produção que geram resíduos e que podem ter estes volumes reduzidos;
- ◆ identificar as oportunidades de aplicação da Produção Mais Limpa dentro de madeiras;
- ◆ propor a aplicação dos princípios da Produção Mais Limpa para diminuir os desperdícios que ocorrem, adaptando-os a uma metodologia para madeiras.

Os objetivos foram alcançados, pois os aspectos que geram resíduos foram identificados, classificados e mensurados das duas áreas de produção selecionadas.

Foram evidenciadas as oportunidades de aplicação de Produção Mais Limpa e propostos métodos para a redução dos desperdícios.

Para possibilitar uma visualização do grau de importância das medidas de precaução e redução de desperdícios nas organizações, foi elaborado a pirâmide que demonstra o grau de prioridade a serem tomadas e suas conformações com *The Natural Step* e com a Ecologia Industrial conforme é mostrado na figura 21, onde são observadas as medidas iniciais sugeridas para a organização melhorar seu grau de compatibilidade ambiental.



Atingir medidas de redução de poluição e desperdícios na fonte possui um grau maior de prioridade. À medida que se eleva na pirâmide, aproxima-se dos processos de “final de tudo” (*end-of-pipe*) e estes métodos conflitam com o modelo *The Natural Step* e com a Ecologia Industrial. Sendo assim, a base da pirâmide é a medida ótima de atuação que as organizações devem buscar.

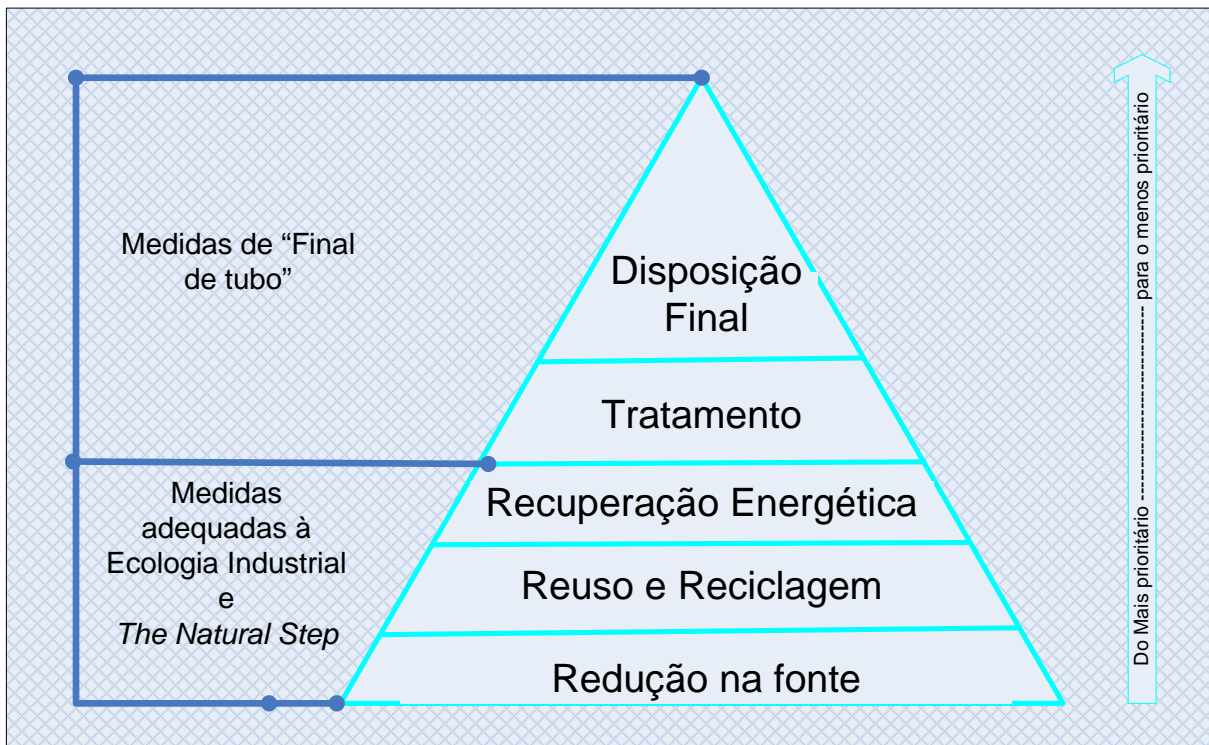


Figura 21 - Grau de prioridade de medidas a serem tomadas e suas conformações com *The Natural Step* e com a Ecologia Industrial (Fonte: Autor)

Este estudo possibilitou o desenvolvimento de uma proposta para a elevação da sustentabilidade ambiental dos sistemas industriais, explicitados na figura 22. Propõe-se a aplicação da Produção Mais Limpa, juntamente com o método de sustentabilidade proposto do *The Natural Step*, para que gradativamente evoluam os sistemas industriais até que estes atinjam a integração exigida pela Ecologia Industrial.

A razão de se propor este sistema é devido ao fato que a Produção Mais Limpa serve-se de métodos que podem ser incorporados com facilidade pelas indústrias e que gradativamente evoluem, não requerendo investimentos elevados.

Outro fato é o de que os princípios estabelecidos pelo método *The Natural Step* podem utilizar-se da Produção Mais Limpa para serem incorporados nos processos industriais.

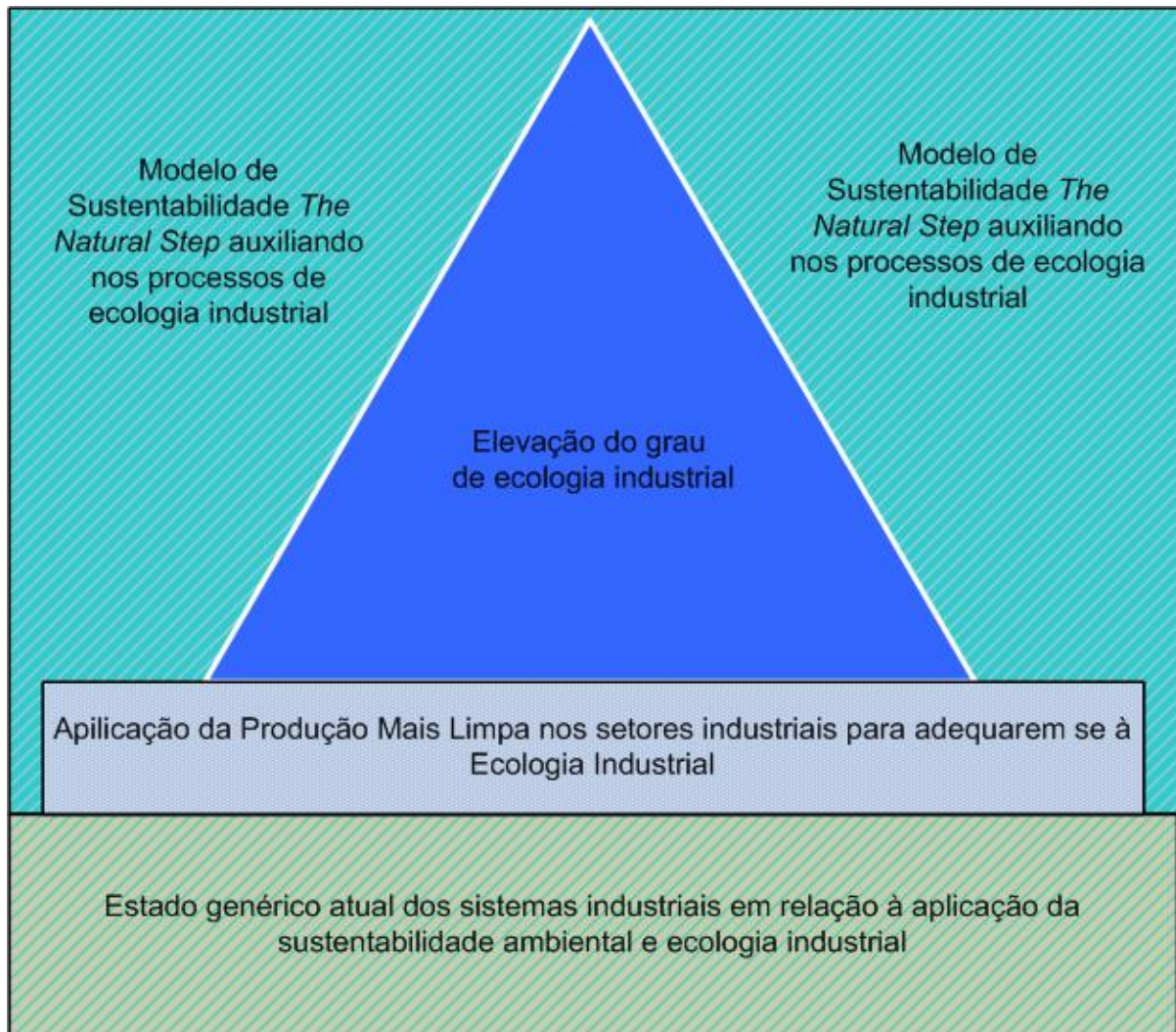


Figura 22 - Proposta para a elevação do grau de sustentabilidade dos setores industriais (Fonte: Autor)

Observou-se que a Produção Mais Limpa não só obtém melhorias ambientais, mas também atinge benefícios econômicos. As vantagens econômicas são um dos principais pontos almejados pelos setores industriais, servindo assim como um facilitador e incentivador para a aplicação da Ecologia Industrial, Sustentabilidade e Produção Mais Limpa nos diversos setores industriais. Desta forma ocorre o prolongamento da vida útil dos sistemas industriais e, ao mesmo tempo, a melhoria da qualidade de vida.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com este trabalho não foram esgotadas as possibilidades para trabalhos futuros; ao contrário, abriram-se mais oportunidades para o refinamento do conhecimento dentro do setor industrial.

Desta forma são propostos os seguintes estudos futuros dentro da Ecologia Industrial:

- ◆ Qual o recurso produtivo, pinus ou MDF, que melhor atende aos requisitos de sustentabilidade e Ecologia Industrial?
- ◆ Elaborar um estudo de projeto para o meio ambiente (*Design for Environment – DfE*) objetivando a produção de portas que utilizem quantidades menores de recursos naturais e/ou recursos renováveis e ambientalmente amigáveis.
- ◆ Estudar a possibilidade de aumentar o poder calorífico dos resíduos da madeira, para que se possa ter um incremento na capacidade de geração elétrica. Este aumento de poder calorífico deve seguir os princípios da Ecologia Industrial e do *The Natural Step*, com a utilização de subprodutos da indústria.
- ◆ Desenvolver um sistema de gestão integral voltado para a administração em forma de teia e não da forma tradicional linear hierárquica. Um método que vise não só à indústria, mas também a toda a comunidade que a circunda.
- ◆ Formular uma metodologia que possa mensurar o grau de inter-relação entre sustentabilidade e Ecologia Industrial para distritos industriais. Com isto propor políticas para o desenvolvimento de distritos eco-industriais e a conversão de distritos existentes para o modelo eco-industrial.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fernando. **O Bom Negócio da Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002 .

ARAUJO A.F. **Aplicação da metodologia da Produção Mais Limpa: estudo em uma empresa do setor da construção civil**. (Dissertação de Mestrado – PPGEP) UFSC, Florianópolis, 2001.

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

BATEMAN, Tomas S. **Administração: Construindo Vantagem Competitiva**. São Paulo: Atlas, 1998.

BAUMANN H, Boons F and Bragd A. **Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives**. Journal of Cleaner Production, Volume 10, Issue 5, October 2002.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BURNER, Robert F. et al. **The Portable MBA** John Wiley & Sons, Inc ,USA1998.

CAPRA, F. **O Ponto de Mutação**. São Paulo: Cultrix, 2002.

CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1ª Edição,1997.

CNTL - <http://www.rs.senai.br/cntl/> acesso em 15 de outubro 2004.

CNTL - **Implementação de Programas de Produção Mais Limpa – CNTL**. SENAI RS, 2003.

DAHL A. **O princípio ecológico: Ecologia e economia em simbiose**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

DIELEMAN, Hans, - Huisingh, Don **Games by which to learn and teach about sustainable development: exploring the relevance of games and experiential learning for sustainability** Journal of Cleaner Production 14 837-847- 2006.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental Na Empresa**. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ERKMAN S. **Industrial ecology: a historical view**. Journal of Cleaner Production 05, 1997.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1994.

GRAEDEL T.E. e Allenby B.R. **Industrial Ecology**. Prentice Hall, 1995.

International Institute for Sustainable Development – <http://www.iisd.org/> acesso em 18 de outubro de 2004.

KORHONEN J., Savolainen I., Ohlstro M. **Applications of the industrial ecology concept in a research project: Technology and Climate Change (CLIMTECH) Research in Finland**. Journal of Cleaner Production 12, 2004.

KOTLER, P. **Princípios de Marketing**. 7ª Ed. Rio de Janeiro; Qualitymark, 1995.

KRAEMER, T. H. **Modelo Econômico de Controle e Avaliação de Impactos Ambientais - MECAIA** Tese Doutorado Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina – 2002.

LEE e Rhee. **From End-Of-Pipe Technology Towards Pollution Preventive Approach: The Evolution of Corporate Environmentalism In Korea** Journal of Cleaner Production 2003 - Received 8 November 2002; accepted 29 October 2003.

LERIPIO, A. **Gaia Um Método de Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais**, Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis: 2001.

LORA, E. S. **Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte**. Rio de Janeiro: Interciência 2002.

MAINON, D. - **Passaporte Verde: Gerência Ambiental E Competitividade** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

MATHUR, LYNETTE KNOWLES e MATHUR IKE **An Analysis of the Wealth Effects of Green Marketing Strategies**, Journal of Business Research, Volume 50, Issue 2, Pages 193-200, November 2000.

MELLO M. e Nascimento L. em **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção** Curitiba – PR, 23 a 25 de outubro de 2002

MONTIBELLER Filho, G. **O Mito do Desenvolvimento Sustentável: Meio Ambiente e Custos Sociais No Moderno Sistema Produtivo de Mercadorias**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

NORDSTRÖM, K. e RIDDERSTRÅLE, J. **Funky Business Talento Movimenta Capitais**. São Paulo: Makron Books, 2001.

ONESTONE - [www.onestone.de/enviropress.html](http://www.onestone.de/enviropress.html) acesso em 13 de outubro de 2004.

OTTOMAN, J. **A Green Marketing: Opportunity for Innovation** 2 edição, NTC Business Books, Chicago, 1998.

PIMENTEL, J. P. **Paraná é o estado mais afetado pelo apagão florestal**. ABIMCI 2004.

POLONSKY, MICHAEL JAY, OTTMAN, JAQUELYN A. **Exploratory Examination of Whether Marketers Include Stakeholders in the Green New Product Development Process**. Journal of Cleaner Production 6,1998.

PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva: Criando E Sustentando Um Desempenho Superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

QUIST, Jaco; Rammelt, Crelis; Overschie Mariette; de Werk, Gertjan **Backcasting for sustainability in engineering education: the of Delft University of Technology** Journal of Cleaner Production 14 868-876, 2006.

ROBERT K. **The Natural Step: A História de Uma Revolução Silenciosa**. São Paulo: Cultrix, 2002.

ROSENBLUM, Jill. **A deeper look at System Condition Four**. *The Natural Step* Newsletter, 1(11) – 1999.

ROSENBLUM, Jill **A deeper look at System Condition One.** *The Natural Step* Newsletter, 1(8) 1999.

ROSENBLUM, Jill. **A deeper look at System Condition Two.** *The Natural Step* Newsletter, 1(9) 1999.

ROSENBLUM, Jill. **A deeper look at System Condition Three.** *The Natural Step* Newsletter, 1(10) 1999.

SACHS, I. **Estratégias de Transição para o Século XXI.** São Paulo: Nobel,1993.

SENGE P. em <http://www.naturalstep.org/about/index.php> acesso em 12 de outubro 2004.

TIBOR, T. **ISO 14.000: Um guia para as novas normas de gestão ambiental.** São Paulo: Berkley Brasil, 1996.

TRIVIÑOS, A. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 1987.

UNEP - <http://www.uneptie.org/> acesso em 20 de outubro 2004.

UNEP - [http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding\\_cp/](http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/) acesso em 14 de outubro de 2004.

WOODROW Clark, Henrik Lund. **Sustainable development in practice.** *Journal of Cleaner Production* 1-6 Accepted 3 February 2006.

World Business Council for Sustainable Development - [www.wbcsd.ch](http://www.wbcsd.ch)

YIN, R.K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos** 2.ed., Porto Alegre: 2004.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)