

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Debora Luciane Giacomet

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DO PROCESSO PRODUTIVO DE
UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

Porto Alegre

2008

Debora Luciane Giacomet

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DO PROCESSO PRODUTIVO DE
UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Tarcísio Saurin, Dr.

Porto Alegre

2008

Debora Luciane Giacomet

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DO PROCESSO PRODUTIVO DE
UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e a Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Orientador Tarcísio Saurin, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, *Ph.D.*

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Lia Buarque de Macedo Guimarães, PhD. (PPGEP/UFRGS)

Professor Luis Felipe Machado do Nascimento, Dr. (EA/UFRGS)

Professor Júlio Van der Linden, Dr. (UNIRITTER)

RESUMO

Esta dissertação aborda a avaliação do desempenho ambiental do processo produtivo em uma indústria madeireira. O trabalho está baseado na revisão de literatura sobre o tema, no mapeamento do processo produtivo e na aplicação das ferramentas de verificação de desempenho ambiental de Echeveste *et al.* (2002) e de *Lean Environment Toolkit*. A revisão de literatura investigou aspectos como sustentabilidade, sistemas de gestão ambiental, normas e certificações, *ecodesign*, subprodutos e resíduos e classificação dos desperdícios ambientais. Já o levantamento de dados foi feito através de visitas ao local, fotografias, coleta de documentos e planilhas e entrevistas com funcionários. Com o mapeamento, foi possível ter entendimento de como é feito o produto e quais os locais onde se dá a geração de resíduos. Na quantificação de volume de produto e sobras ao longo das etapas do processo foi detectado que somente 19,20% de matéria-prima se transformam em produto acabado, sendo o restante, 80,80%, subprodutos ou resíduos. Por fim, foi feita a descrição dos tipos de resíduos gerados, tais como, o cavaco, a serragem, a medula e a maravalha, verdes e secos além dos destopos, peças contaminadas e molduras descartadas. A aplicação da ferramenta para verificação de Echeveste *et al.*, 2002 enfocou aspectos relativos ao *ecodesign*, produção mais limpa e sistemas de gestão ambiental. Através da lista de verificação foi possível obter informações sobre matérias-primas, processo de produção, produto, aspectos mercadológicos, manejo, conformidade e comunicação ambiental. A classificação de desperdícios ambientais, *Lean and Environment Toolkit*, criado pela Agência Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency*) em 2001, detectou perdas relativas ao processo, tais como, espera, transporte, estoque, retrabalho e procedimentos desnecessários. As ferramentas se mostraram complementares e como resultados positivos destacam-se a estratégia pró ativa da empresa nas questões ambientais, a manutenção das certificações já adquiridas e a divulgação das práticas ambientais para clientes e colaboradores. Por outro lado, foi observada a necessidade de melhorias no desenvolvimento de produto e a necessidade de adoção de ferramentas que auxiliem na redução da geração de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: desempenho ambiental, desperdícios ambientais, sustentabilidade ambiental, *ecodesign*.

ABSTRACT

This thesis approaches the environmental performance evaluation of a productive process into a timber industry. The study is based on specific bibliography, productive process map and also on application of two environmental toolkits. The first one by Echeveste *et al.* (2002) and the second by United States Environmental Protection Agency. The research was about environmental sustainability, environmental management systems, standards and certifications, ecodesign, subproducts and wastes types, as well as, waste classification. On the other hand, the survey data based on visits, pictures, documents, spreadsheets and interviews with employees. Through the map, it was possible to understand how the product is manufactured and where are the waste points. It was also possible to detect that only 19,20% of raw material is processed as final product. The other 80,80% is processed as wastes or subproducts. Finally it was described the waste types. The application of Echeveste *et al.*, (2002) toolkit focused aspects of ecodesign, clean production and environmental management systems. Through this toolkit it was possible to get information about raw materials, production process, product, market aspects, management, environmental adequacy and environmental communication. The *Lean and Environment Toolkit*, by United States Environmental Protection Agency (2001), detected wastes through the productive process waitings, transport, stocks, rework and extra processing. The two toolkits showed as additional. As positive results at the company can be listed: a proactive strategy in environmental subjects, the certifications maintenance and the communication about environmental practices to employees and customers. On the other hand it is necessary improvements in product development and application of a toolkit to reduce the waste production.

KEYWORDS: *ecodesign*, environmental waste, environmental sustainability, environmental performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Recursos naturais: tipos e exemplos	12
Figura 2 - Conceito de projeto de produto de “berço a berço.....	13
Figura 3 - Principais motivações ambientais das empresas.....	19
Figura 4 - Normas ISO 14000 para produtos	23
Figura 5 - Crescimento no número de certificações no Brasil	24
Figura 6 - Cadeias de custódia no Brasil	25
Figura 7 - Adição do parâmetro meio ambiente aos parâmetros convencionais de projeto.....	26
Figura 8 - Tapas do ciclo de vida de um produto	29
Figura 9 - Fases do ciclo de vida do sistema-produto	30
Figura 10 - Exemplo de matriz de avaliação qualitativa para uma proposta de modificação de produto.....	32
Figura 11 - Sistema de Produção Típico de uma serraria.....	37
Figura 12 - Sistema de Produção Ideal para uma serraria	38
Figura 13 - Resíduos provenientes do processamento de uma tora para produzir tábuas	38
Figura 14 - Níveis do <i>Lean Environment</i>	42
Figura 15 - Perdas Ambientais de acordo com o sistema de produção enxuta	43
Figura 16 - Etapas do estudo de caso apresentados.....	45
Figura 17 - Certificados do sistema de gestão já obtidos pela empresa ou em andamento.....	50
Figura 18 - Produto acabado-molduras	51
Figura 19 - Exemplo de aplicação de molduras	51
Figura 20 - Produto acabado-painéis.....	51
Figura 21 - Painéis colados de grandes dimensões.....	51
Figura 22 - Planta de situação da Unidade U.....	52
Figura 23 - Processo produtivo da Unidade U.....	54
Figura 24 - Pátio de toras	55
Figura 25 - Esteira alimentadora sendo abastecida.....	57
Figura 26 - Retirada de costaneiras	57
Figura 27 - Sentido do desdobro.....	57

Figura 28 - Posição da medula na tora	57
Figura 29 - Retirada dos destopos.....	58
Figura 30 - Refile de costaneira.....	58
Figura 31 - Destopadeira.....	58
Figura 32 - Gradeamento.....	58
Figura 33 - Picador produzindo cavaco.....	60
Figura 34 - Depósito de cavaco verde	60
Figura 35 - Imperfeições encontradas nos blocks	62
Figura 36- Esteira para picador com peças descartadas.....	62
Figura 37 - <i>Cut stocks</i> colados e fatiados para produção de painéis.....	63
Figura 38 - <i>Finger join</i>	63
Figura 39 - <i>Blocks</i> colados.....	63
Figura 40 - <i>Blocks</i> (4 cm), <i>cut stocks</i> (7,6 cm) e <i>blanks</i> (até 5 m)	63
Figura 41 - Desdobro horizontal.....	64
Figura 42 - Desdobro diagonal.....	64
Figura 43 - Exemplo de seção executado pela moldureira.....	64
Figura 44 - Moldura entrando na cabine de pintura.....	64
Figura 45 - Área de costaneiras.....	70
Figura 46 - Costaneiras entrando no picador.....	70
Figura 47 - Cavaco verde.....	71
Figura 48 - Maravalha seca.....	71
Figura 49 - Serragem verde.....	72
Figura 50 - Sistema de aspiração do micro-pó.....	72
Figura 51 - Avermelhado	73
Figura 52 - Nó.....	73
Figura 53 - Azulado e olho de peixe.....	73
Figura 54 - Bolsa de resina.....	73
Figura 55 - Medula facial.....	74
Figura 56 - Peças contaminadas e destopos indo para o picador.....	74
Figura 57 - Molduras descartadas.....	74
Figura 58 - Resultado do grupo de questões relacionadas aos aspectos mercadológicos.....	75

Figura 59 - Resultado do grupo de questões relacionadas às matérias-primas.....	76
Figura 60 - Resultado do grupo de questões relacionadas aos processos de produção.....	77
Figura 61 - Resultado do grupo de questões relacionadas aos produtos.....	78
Figura 62 - Resultado do grupo de questões relacionadas ao marketing ambiental.....	80
Figura 63 - Resultado do grupo de questões relacionadas ao manejo ambiental.....	81
Figura 64 - Resultado do grupo de questões relacionadas a conformidade ambiental.....	83
Figura 65 - Resultado do grupo de questões relacionadas à comunicação ambiental.....	84
Figura 66 - Notas comparadas ao estudo de Echeveste <i>et al.</i> (2002).....	86
Figura 67 - Tipo, volume de resíduos e impactos ambientais.....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantitativos de resíduo e produto resultante da etapa pátio de toras	56
Tabela 2 - Quantitativo de resíduos e produto na etapa serraria.....	60
Tabela 3 - Relação entre diâmetro de toras e geração de resíduos (adaptado do relatório da empresa).....	61
Tabela 4 - Quantitativos de resíduo e produtos semi-acabados referentes a etapa plaina (manufaturado)	65
Tabela 5 - Quantitativos de resíduo e produtos semi-acabados referentes a etapa destopadeira (manufaturado).....	66
Tabela 6 - Quantitativos de resíduo e produtos semi-acabados referentes a etapa emendadeira (manufaturado).....	66
Tabela 7 - Quantitativos de resíduo e produtos semi-acabados referentes a etapa moldureira (manufaturado).....	67
Tabela 8 - Resumo de quantitativos de resíduos e produto acabado referentes a unidade U.....	68
Tabela 9 - Quantitativos gerais de resíduos e produto acabado referentes a unidade U.....	68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa.....	12
1.2 Objetivos.....	14
1.3 Estrutura do trabalho	14
1.4 Limitação do trabalho.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Breve histórico de iniciativas para o desenvolvimento sustentável	17
2.2 Visão geral da gestão ambiental em empresas	20
2.3 Normas e certificações de gestão ambiental.....	22
2.4 <i>Ecodesign</i>	25
2.4.1 Análise do ciclo de vida de produtos.....	28
2.4.2 Indicadores do desempenho ambiental	32
2.5 Subprodutos e resíduos na indústria ambiental	34
2.6 Características e aplicações do <i>pinus</i> e da <i>araucária augustifolia</i>	38
2.7 Classificação dos desperdícios ambientais.....	40
2.7.1 As sete perdas de acordo com o Sistema Toyota de Produção.....	40
2.7.2 Classificação dos desperdícios ambientais de acordo com o <i>Lean and Environment Toolkit</i>.....	41
3 MÉTODO DE PESQUISA	45
4 DESCRIÇÃO DA EMPRESA, PRODUTOS, PROCESSOS E RESÍDUOS.....	49
4.1 Produtos manufaturados na Unidade U.....	50
4.2 Processo produtivo da Unidade U	52
4.2.1 Pátio de toras.....	55
4.2.2 Serraria e estufas	56

4.2.3 Manufaturado	61
4.3 Características dos resíduos de <i>pinus e araucária augustifolia</i> gerados no processo produtivo da Unidade U	69
4.3.1 Galhos, pontas, cascas e costaneiras	69
4.3.2 Cavaco verde e cavado seco	70
4.3.3 Maravalha verde e maravalha seca	71
4.3.4 Serragem verde, serragem seca e micro-pó.....	71
4.3.5 Destopos e peças contaminadas	72
4.3.6 Molduras descartadas	74
5 APLICAÇÃO DE INSTRUMENTO DE VERIFICAÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS E CLASSIFICAÇÃO DAS PERDAS AMBIENTAIS.....	75
5.1 <i>Check List</i> de Echeveste <i>et al.</i> (2002) na Empresa X.....	75
5.1.1 Aspectos mercadológicos.....	75
5.1.2 Matérias-primas	75
5.1.3 Processo de produção	77
5.1.4 Produto	78
5.1.5 Marketing Ambiental.....	80
5.1.6 Manejo ambiental.....	81
5.1.7 Conformidade ambiental	82
5.1.8 Comunicação Ambiental.....	83
5.1.9 Comparação entre resultados do estudo de caso e de estudo de Echeveste <i>et al.</i> (2002)	84
5.2 Classificação das perdas ambientais.....	86
5.2.1 Retrabalho.....	86
5.2.2 Espera e superprodução.....	87
5.2.3 Transporte.....	88
5.2.4 Estoque	89
5.2.5 Processamento desnecessário.....	89
5.3 Discussão dos resultados	89

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	94
6.1 Conclusões.....	94
6.2 Sugestões para trabalhos futuros	97
REFERÊNCIAS	98
ANEXO A – Pesquisa de práticas ambientais de Echevest <i>et al.</i> (2002).....	101

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A expressão “meio ambiente” é utilizada para designar tudo o que envolve ou cerca os seres vivos. Este espaço, natural ou modificado, condiciona a existência de todas as formas de vida. Neste contexto, os recursos naturais são necessários para a produção de bens e serviços que atendam as necessidades e desejos humanos. Eles podem ser renováveis ou não renováveis (figura 1). Os renováveis podem ser obtidos indefinidamente de sua fonte e os não renováveis possuem uma quantidade finita, que se continuamente explorados irão se esgotar (BARBIERI, 2004).



Figura 1- Recursos naturais: tipos e exemplos.
 Fonte Adaptado de Tivy, J. O'Hare, G. ¹ (1991 *apud* Barbieri 2004)

¹ TIVY, J.; O'HARE, G. *Human impact o n the ecosystem*. Edimburgo: Oliver; Boyd, 1991.

Manzini e Vezzoli (2005) afirmam que os recursos naturais devem ser vistos como fatores escassos e que somente uma transformação nos meios de produção e consumo criam possibilidades para que a sociedade seja sustentável ambientalmente. Para os autores, esta transformação passa pelo encontro entre a atividade de projetar e o meio ambiente e é chamado de *ecodesign*. Ratificando esta idéia, Imaflora (2007) afirma que só é possível haver o consumo sustentável através da educação de consumidores e produtores.

Para Guimarães (2006), os produtos devem ser concebidos como uma espiral (figura 2), onde são levados em consideração recursos e necessidades locais. Nesta espiral, o produto deve ser concebido para o uso mais longo possível e quando de sua obsolescência (técnica ou estética) servirá como matéria-prima para outros produtos (berço-a-berço). Quanto mais este ciclo se repetir, mais “verde” é o projeto. O projeto deve ser focado na saúde e segurança dos usuários primários (quem produz), secundários (quem faz a manutenção) e terciários (quem utiliza). Outros fatores importantes da espiral são a seleção de materiais que facilitem a montagem e a desmontagem e também a minimização de perdas em toda a cadeia produtiva.

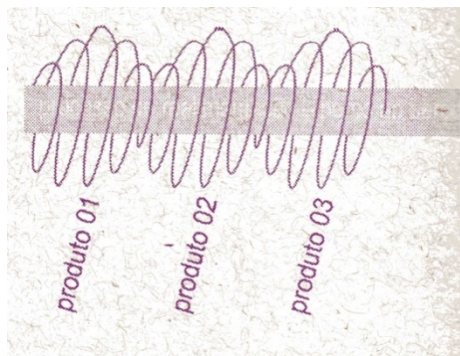


Figura 2 - Conceito de projeto de produto de “berço a berço”.
Fonte: Guimarães(2006)

As principais justificativas para o tema proposto estão associadas à crescente e contínua conscientização de que é necessário promover o desenvolvimento sustentável permanentemente. Esta conscientização passa pelo aprendizado de como as empresas elaboram suas estratégias ambientais e de que ferramentas e técnicas podem aliar melhor desempenho ambiental e econômico. Neste contexto, os produtos derivados da madeira (matérias-primas renováveis) podem significar uma alternativa importante para o *ecodesign*.

Derivados de madeira, tais como, mobiliário, insumos para construção civil, embalagens e papel, movimentam 4,7% de todo o PIB nacional e contribuem com um milhão de empregos diretos SBS² (2005 *apud* Marodin e Zawislak, 2005). Estudar a forma como as empresas aplicam o *ecodesign* torna-se importante para avaliar a sustentabilidade ambiental do setor.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é fazer um diagnóstico do desempenho ambiental do processo produtivo de uma indústria madeireira.

Os objetivos secundários são a) mapear o processo produtivo e quantificar os resíduos em cada etapa, e; b) aplicar ferramenta de classificação de desperdícios ambientais originados diretamente de desperdícios do sistema de manufatura.

1.3 Estrutura do trabalho

O trabalho se dividiu em seis capítulos. No primeiro, foi feita a introdução ao tema, justificando a importância da avaliação do desempenho ambiental nas empresas. Este capítulo apresentou também os objetivos, o método de pesquisa, a estrutura e as limitações do trabalho.

O segundo capítulo apresentou a revisão bibliográfica sobre as questões referentes ao tema estudado, tais como: a) breve histórico de iniciativas para o desenvolvimento sustentável; b) visão geral da gestão ambiental nas empresas; c) normas e certificações; d) *ecodesign*; f) subprodutos e resíduos na indústria de madeiras; g) classificação dos desperdícios ambientais e; h) características e aplicações da *araucária angustifolia* e do *pinus*.

² SBS (Sociedade Brasileira de Silvicultura) – disponível em <http://www.sbs.org.br/secure> - acesso em 15 de abril de 2005.

No terceiro capítulo foi apresentado o método de pesquisa utilizado para a dissertação. Foram explicados como se deram a coleta de dados, período das visitas, estrutura das entrevistas e as áreas dos entrevistados.

O quarto capítulo abordou o estudo de caso específico em uma empresa fabricante de painéis e molduras para exportação. Com base no levantamento de levantamento de dados, foi feita a descrição da empresa, dos produtos e o mapeamento do processo produtivo. Com o mapeamento, foi possível ter entendimento de como é feito o produto e quais os locais onde se dá a geração de resíduos. Foi feito também quantificação de volume de produto e sobras ao longo de todas as etapas do processo. Por fim, foi feita a descrição dos tipos de resíduos gerados, o volume gerado e suas propriedades físicas.

O quinto capítulo consistiu na aplicação da ferramenta para verificação de práticas de *ecodesign* de Echeveste *et al*, (2002) e na classificação de desperdícios ambientais, através do *Lean and Environment Toolkit*, criado pela Agência Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency*) em 2001.

O sexto capítulo apresentou as conclusões obtidas a partir do trabalho desenvolvido, esclarecendo as limitações da pesquisa. Neste capítulo também foram propostas sugestões para trabalhos futuros que possam dar continuidade ao trabalho desenvolvido.

1.4 Limitações do trabalho

O presente trabalho detém-se ao estudo do processo produtivo de uma indústria de painéis e molduras feitas a partir de *pinus* e *araucária angustifólia* certificados. Os dados coletados, bem como as ferramentas aplicadas, espelham a realidade específica da empresa, não representando a realidade do setor, da cadeia produtiva ou dos mercados nacional e internacional.

Os dados quantitativos, qualitativos, relativos aos produtos e processos representam a realidade do período em que foram coletados, portanto, apresentam um panorama daquele momento.

Alterações em processos e produtos podem gerar resultados diferentes dos apresentados neste estudo.

O mapeamento do processo produtivo limitou-se a investigar o processo produtivo desde o pátio de toras até a expedição. Por questões de tempo e complexidade de dados, não foram mapeados os processos de reflorestamento e extração (anterior) e de transporte até seu embarque marítimo (posterior). O mapeamento incluiu apenas a produção de molduras, pois no momento da coleta de informações apenas este tipo de produto estava sendo manufaturado.

A análise do ciclo de vida, método que investiga toda a vida do produto, desde a extração de matéria-prima até sua disposição final, também não foi alvo deste estudo por questões de tempo. Além disso, pelo fato da produção ser exportada, clientes e consumidores encontram-se em outros países, dificultando assim análises relativas ao uso e descarte.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Breve histórico de iniciativas para o desenvolvimento sustentável

Atualmente, a expressão desenvolvimento sustentável vem sendo amplamente utilizada e designa a capacidade do ser humano de viver o presente tendo em vista suas necessidades futuras e também das gerações que estão por vir. Este tema é abordado por diversos órgãos internacionais, dentre eles a Organização das Nações Unidas (ONU), criada em 1945 e formada por 192 países membros. Este órgão busca, através de suas agências, fomentar a paz e promover melhorias para o desenvolvimento humano (ONU BRASIL, 2007).

Os diferentes aspectos do tema são abordados por diferentes programas da entidade. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), por exemplo, é responsável pela criação de políticas que abordem a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico. A entidade atua como mediadora entre cientistas, governos, empresários e economistas. Uma das recentes ações é a criação, em parceria com institutos de pesquisa alemães, de um programa para implantação do Design para Sustentabilidade em empresas (UNEP, 2007).

Já a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), concentra-se na área de uso dos recursos naturais e de desenvolvimento nutricional e agrícola. Em 13 de março de 2007, esta agência publicou um relatório no qual afirma que o Brasil continua sendo o maior desmatador da América do Sul, respondendo por 73% das perdas florestais da região. Só entre os anos de 2000 e 2005, foram desmatados 31 mil quilômetros quadrados por ano (BBC BRASIL, 2007).

Historicamente, o tema meio ambiente foi discutido pela primeira vez na década de 60 no Clube de Roma, organização não governamental criada em uma pequena cidade da Itália e que hoje tem como membros chefes de estado e membros da monarquia. Originariamente o clube era composto de pessoas de diversas áreas, como acadêmicos, empresários, e cidadãos da região e

tinha o intuito de buscar soluções para problemas da humanidade. O grupo se reuniu pela primeira vez para debater o uso racional de recursos hídricos (CLUB OF ROME, 2007)

Mais tarde, em 1972, a Conferência de Estocolmo propunha a Declaração sobre o Meio Ambiente, onde se estabeleciam princípios relacionados às questões ambientais. Em 1980, a União Internacional para a Conservação da Natureza, órgão criado em 1948 para facilitar a cooperação entre os governos, as organizações nacionais e internacionais e as pessoas interessadas na conservação da natureza e dos recursos, elaborou um documento para a adoção de políticas para o desenvolvimento sustentado (SOUZA, 2004).

No Brasil foi criado, em 1985, o Conselho Nacional do Meio Ambiente e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) e, em 1992, ocorreu no Rio de Janeiro a Eco 92, promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU). A conferência teve a participação de 172 países e nela foi criada a Agenda 21, documento no qual foram estabelecidos modelos para o desenvolvimento sustentável.

Apesar de o assunto ser tratado nos anos 60, foi só a partir da década de 70, de forma tímida, que a sustentabilidade ambiental passou a ser um tema abordado nas empresas. Para Souza (2004), as empresas inicialmente eram passivas nas ações ambientais. Esta postura foi modificando-se a partir da década de 70, fazendo com que novas estratégias fossem criadas, especialmente pelas pressões de legislações, concorrentes, fornecedores e mercados.

A Alemanha foi precursora em perceber as questões ambientais nas empresas como fonte de vantagem competitiva (figura 3). Isto aconteceu por três vertentes básicas: o aumento da conscientização ambiental, incrementando as preferências dos consumidores por produtos eco-favoráveis, o surgimento do protesto tecnológico dirigido contra a tecnologia nuclear e ascensão do Partido Verde (CALLENBACH *et. al.* 1993).

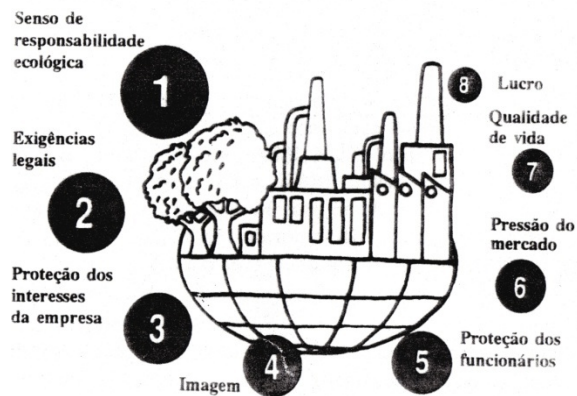


Figura 3- Principais motivações ambientais das empresas.

Fonte: (CALLENBACH *et al.*,1993).

Nos anos 80, as práticas ambientais começam a ser incorporadas nas estratégias de negócios, e em paralelo o número de grupos ambientalistas tomava força. Entretanto, foi a partir da década de 90 que começou a haver a união entre proteção ambiental e competitividade econômica. Investidores, acionistas, bancos, associações comerciais, educacionais e religiosas, passaram também a associar a idéia de desempenho ambiental à boa gestão operacional, baixo risco financeiro e perspectivas de sucesso econômico das empresas. As questões ambientais, então, passam a ser endógenas, incorporadas nas organizações (SOUZA, 2004).

Para Manzini e Vezzoli (2005), a sustentabilidade é um objetivo que deve permear as ações das sociedades contemporâneas. O uso insensato dos recursos renováveis e não renováveis demonstram o quanto ainda nos encontramos afastados do desenvolvimento sustentável. Os autores afirmam que a passagem para um novo sistema de desenvolvimento se dará através de uma etapa de transição. Esta englobará todas as dimensões do sistema, quais sejam físicas, econômicas e culturais. Esta transição poderá ser feita por escolha, através de mudanças voluntárias ou forçada, causada por efeitos catastróficos.

2.2 Visão geral da gestão ambiental em empresas

Barbieri (2004) afirma que o Sistema de Gestão Ambiental, ou SGA, é o conjunto de atividades administrativas e operacionais, envolvendo todas as áreas da empresa, que busca abordar problemas ambientais presentes de forma a minimizá-los ou eliminá-los no futuro.

Um dos grandes paradigmas a ser quebrado é de que as ações ambientais geram custos adicionais para as empresas. Barbieri (2004) argumenta que a experiência tem demonstrado que a busca por soluções dos problemas ambientais dificilmente é espontânea, e que normalmente se baseia em pressões advindas de três fontes: o mercado, a sociedade e o governo. Outras fontes de pressões que tem aumentado muito são a de investidores, que não querem correr riscos pela geração de passivos ambientais, e de seguradoras, que não estão dispostas a cobrir sinistros vultosos.

Nardelli e Griffith (2003) salientam a importância da mudança destes paradigmas, visando não só a legitimidade das ações ambientais, mas também a melhora de eficiência técnica. Aqueles autores afirmam ainda, que problemas ambientais devam ser criteriosamente estudados, pois estes têm múltiplas formas de interpretações e soluções.

Em uma pesquisa feita em 1998 pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI) em parceria com o Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Médias Empresas (SEBRAE), foi demonstrado que, no Brasil, apesar da legislação ainda ser fator determinante, as questões sociais e de reputação ganharam grande visibilidade e já fazem parte das sistemáticas das empresas (ECHEVESTE *et al.*, 2001).

As respostas às questões ambientais, entretanto, não são homogêneas. Embora haja uma tendência geral, as empresas adotam estratégias diferentes. Estas podem ir desde as completamente passivas, reativas ou conformistas, que apenas buscam atender a legislação, até as ativas, pró-ativas ou estrategistas, que vão além das exigências governamentais, e buscam integrar as questões ambientais como parte das ações e estratégias. Por outro lado, há muitas vezes, uma discrepância entre o que as empresas dizem e o que realmente fazem (SOUZA, 2004).

Souza (2004) salienta ainda, que a melhoria na reputação das empresas tem dimensão simbólica, porém, ações como redução de custos, riscos, melhoria de eficiência e diferenciação de produto, têm uma dimensão econômica. Outro aspecto relevante é a pouca consideração das dimensões éticas e morais no tratamento das questões ambientais.

Nascimento *et al.* (2008) afirmam que as empresas estão constantemente expostas às mudanças que ocorrem na economia, política ou no meio ambiente em qualquer parte do mundo. Se as organizações quiserem identificar tendências e discontinuidades é necessário analisar as variáveis que compõem o ecossistema de mercado além de utilizar técnicas qualitativas na construção de cenários futuros.

Barbieri (2004) classifica as empresas quanto ao grau de abordagem da gestão ambiental como controle da poluição, prevenção da poluição e estratégica. No controle da poluição são adotados os sistemas que tratam dos resíduos após o processo produtivo, chamados de *end-of-pipe*, que além de não eliminarem a potencialidade tóxica dos resíduos do processo, acabam se tornando onerosos para a empresa. Na prevenção, procura-se atuar no processo a fim de reduzir os resíduos na fonte, adotar o reuso e reciclagem e a recuperação energética. Por fim, na abordagem estratégica, a empresa busca vantagens competitivas de mercado através da solução de problemas ambientais. Ações de melhoria contínua de processo e produto e a redução de matérias-primas por unidade de produto podem ser entendidos como parte da abordagem estratégica.

Através de uma abordagem estratégica é possível solucionar o problema do passivo ambiental, isto é, danos causados ao meio ambiente. Normalmente esta estratégia é adotada juntamente com a prevenção da poluição. Para North ³(1997 *apud* BARBIERI, 2004), os benefícios que a empresa obtém com esta abordagem são: melhora da imagem institucional, renovação de produtos, aumento da produtividade, abertura para novos desafios, melhor relação com autoridades públicas, comunidade e ambientalistas, acesso aos mercados externos e maior facilidade para cumprir padrões ambientais.

³ NORTH, K. Environmental Business Management: an introduction. Genebra: International Labor Office, 1997.

Para Nascimento *et al.* (2008) uma das abordagens que possui visão pró-ativa é a Produção mais Limpa (P+L ou PmaisL), criada na Rio 92. A diferença entre a P+L e o controle da poluição está na questão do tempo. Enquanto a segunda é apenas reativa, a primeira busca antecipar-se e prevenir a geração do evento (poluição). Para os autores, esta é uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos produtivos, aos produtos e aos serviços. Seu objetivo é aumentar a eficiência de matérias-primas, água e energia pela não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados nos processos produtivos.

Ferreira (2003) salienta que os custos com a ineficácia da gestão ambiental são difíceis de ser contabilizados, pois englobam muitas variáveis. O autor considera que existem dois tipos de gastos: os diretos e os indiretos. Os diretos são aqueles claramente relacionados aos impactos ambientais, já os indiretos não são facilmente identificados por ser acessórios do produto (baterias de celulares, por exemplo).

2.3 Normas e certificações de gestão ambiental

A International Organization for Standardization (ISO) é a organização responsável pelas normatizações e padronizações técnicas internacionais. Foi criada em 1946 a fim de unificar os padrões industriais.

Em 1997, foi criada a série ISO 14.000, a fim de estabelecer diretrizes na área de gestão ambiental. As normas abordam aspectos relativos a processos e produtos (figura 4) e propõem sistemas de auditoria, avaliação de desempenho ambiental, avaliação do ciclo de vida do produto e rotulagem ambiental.

Normas para	Área temática	Número: ano da publicação	Título da norma
Produtos	Rotulagem Ambiental	ISO 14.020: 2000	Rótulos e declarações ambientais- princípios gerais
		ISO 14.021: 1999	Rótulos e declarações ambientais- reivindicações de autodeclarações ambientais-rotulagem tipo II
		ISO 14.024: 1999	Rótulos e declarações ambientais- rotulagem tipo I – princípios e procedimentos
		ISO 14.025: 2000	Rótulos e declarações ambientais- declarações ambientais tipo III
	Avaliação do Ciclo de Vida	ISO 14.040: 1997	Gestão Ambiental: avaliação do ciclo de vida- princípios e estrutura
		ISO 14.041: 1998	Gestão Ambiental: avaliação do ciclo de vida- objetivos e escopo, definição e análise de inventários
		ISO 14.042: 2000	Gestão Ambiental: avaliação do ciclo de vida- avaliação de impacto do ciclo de vida
		ISO 14.043: 2000	Gestão Ambiental: avaliação do ciclo de vida- interpretação
	Aspectos	ISO Guia 64: 1997	Guia para a inclusão de aspectos ambientais em normas de produto
		ISO 14.062: 2002	Integração dos aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos- diretrizes

Figura 4 - Normas ISO 14000 para produtos.
 Fonte: Adaptado de ISO⁴ (2002) *apud* Barbieri, 2004

Certificações são atestados de conformidade com determinadas normas, podendo ser aplicadas a processos, produtos, serviços ou sistemas de gestão. Estes atestados atuam como instrumentos de comunicação aos empregados, fornecedores e mercados de uma cadeia produtiva. Para os empregados, servem como encorajadores de criatividade e apoio na implementação de melhorias. Para os fornecedores, atuam como motivadores de novas formas de cooperação e para o mercado servem para informar e incentivar consumidores e a comunidade sobre políticas de produtos ecológicos. As certificações podem ser compulsórias ou voluntárias. Além disso, elas podem ser conferidas às empresas por órgãos independentes (ISO 14024), ou pela própria empresa (ISO 14021), na qual as declarações são fornecidas espontaneamente pelas empresas (ADEME, 2001).

⁴ INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. ISO. 2002

Para os mercados internacionais, a certificação é vista como um diferencial, muitas vezes imprescindível para a negociação, especialmente em se tratando de Europa e Ásia. Isto, no entanto, não se reflete em valor agregado para as empresas que a possuem. Para Estados Unidos e Mercosul, que tem na maioria das vezes como critério de escolha o preço, a certificação acaba sendo um elemento secundário na decisão de compra. (REFERÊNCIA, 2005).

Na área florestal, a maior entidade certificadora é o *Forest Stewardship Council (FSC)*. Criada em 1993, através de um conselho independente, elaborou a certificação para o “Bom Manejo Florestal”, que se constitui do atestado de que a área certificada adota princípios e critérios ambientalmente sustentáveis. O Imaflora é entidade representante do FSC no Brasil, desde 1996.

A idéia da certificação do IMAFLORA é de que é possível explorar economicamente os recursos naturais desde que embasado em critérios sociais e ambientais de sustentabilidade. O Brasil é o país com maior número de florestas tropicais do mundo, cobrindo aproximadamente 60% de seu território. Estas florestas têm relação direta com a população, seja regulando o clima e conservando a biodiversidade, seja fornecendo madeira, frutos e outros produtos economicamente importantes. O número de certificações concedidas pelo Imaflora a diferentes empreendimentos vem crescendo bastante (figura 5), o que demonstra maior conhecimento e maior grau de importância sobre o assunto dado pela sociedade e pelas empresas. Outro avanço neste sentido é a certificação da cadeia de custódia, que é o rastreamento da matéria-prima da floresta ao consumidor final, permitindo que fabricantes, vendedores e distribuidores também obtenham o atestado de bom manejo (figura 6) (IMAFLORA, 2005).

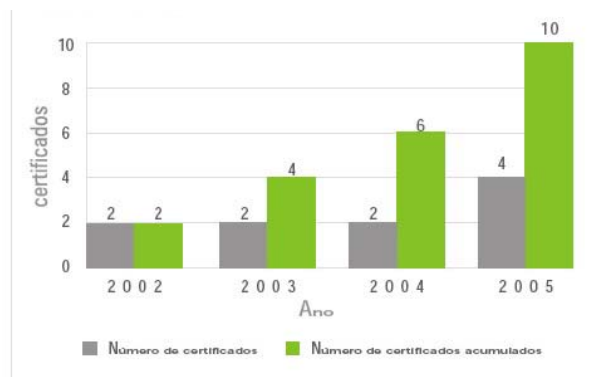


Figura 5 - Crescimento no número de certificações no Brasil.
Fonte Imaflora (2006)

Cadeias de Custódia Avaliadas pelo Imaflora no Brasil	
Total de Empresas Avaliadas	Produtos Disponíveis
Plantações 79	Quase todos os usos da madeira para construção civil, móveis, objetos de decoração, papel e celulose, entre outros
Florestas Naturais 21	Lâminas e compensados, móveis, portas, instrumentos musicais, assoalhos, redes de balanço, objetos de decoração, cabos para pincéis e vassouras, brindes e artesanato
Florestas Naturais 11	Fitoterápicos e fito cosméticos, erva-mate para chimarrão, óleos essenciais e aromáticos, extratos vegetais, biscoitos e farinha de castanhas, castanha dry, amêndoas de castanha, óleos vegetais, manteiga, lâminas de couro vegetal e borracha

Figura 6 - Cadeias de custódia no Brasil.
Fonte Imaflora (2006)

2.4 Ecodesign

O conceito *ecodesign*, tem em si um teor auto-explicativo e identifica genericamente uma aptidão para considerar o impacto ambiental na concepção de produtos, bens e serviços (MANZINI; VEZZOLI, 2005).

Isto acarreta na adição aos parâmetros convencionais de projeto (controle de custos, viabilidade técnica, necessidades dos usuários), o parâmetro meio ambiente (figura 7). As soluções vão desde pequenas alterações de projeto ate uma redefinição total do produto. (ADEME, 2001).

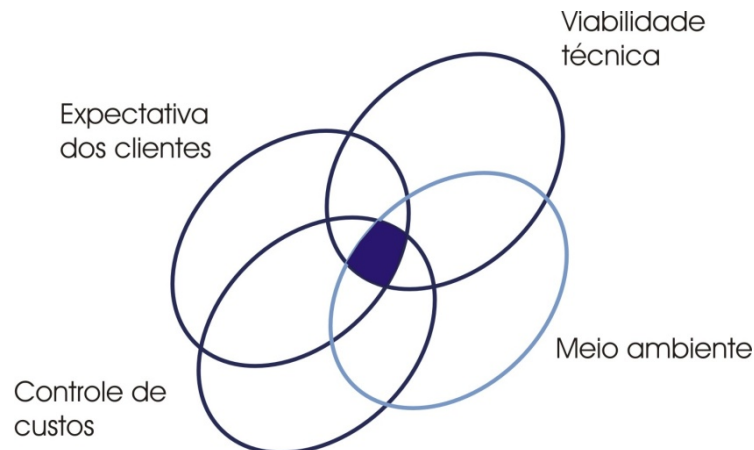


Figura 7- Adição do parâmetro meio ambiente aos parâmetros convencionais de projeto.
Fonte: Ademe (2001)

Para Brezet e Van Hemel⁵ (1996, apud Echeveste et al., 2002), o *ecodesign* deve ser entendido a partir de três pontos importantes: o desenvolvimento sustentável, a redução de resíduos e emissões e o ciclo de vida do produto. Observar as decisões de projeto sob esta ótica implica dar o mesmo destaque que é dado às questões como lucro, qualidade, estética e ergonomia às questões ambientais.

Para Guimarães (2006), o emprego desta técnica auxilia na antecipação de ameaças potenciais no desenvolvimento de produtos, uma vez que os impactos são gerados por decisões tomadas na fase de projeto. Desta forma, a aplicação do *ecodesign* gera benefícios e vantagens competitivas através da redução de custos, melhora no desempenho ambiental, estímulo a inovações, novas oportunidades empresariais e melhora na qualidade do produto.

Aquela autora cita a norma ISO TR 14062 Gerenciamento Ambiental: aspectos integrados de produto, projeto e desenvolvimento (*Environmental management: Integrating environmental aspects into product design and development*) que aponta três questões que devem ser básicas na aplicação do conceito. Inicialmente aspectos relacionados ao usuário interno, como saúde e segurança na fábrica, posteriormente a identificação com aspectos do usuário externo como saúde e segurança no uso e por fim, pontos relativos ao ambiente em geral.

⁵ BREZET, H.; VAN HEMEL, C. **Ecodesign**: a promising approach to sustainable to production and consumption. Disponível em: www.inventas.no/ELCE_2000/toura.htm. Acesso em 12/05/1999.

É possível usar esta técnica a partir de dois enfoques: a) o exaustivo, que se concentra na avaliação global de todo o ciclo de vida do produto a fim de procurar opções de projeto que reduzam a escala de problemas ambientais ou; b) o seletivo, que se atém à escolha de projetos que reduzam a escala de um ou mais problemas ambientais e a confirmação e validação de que essas mudanças não ocasionarão novos impactos (transferência de poluição).

Dependendo do tipo de abordagem podem-se escolher diferentes instrumentos de avaliação do *ecodesign*. Se a escolha recair sobre a abordagem exaustiva, utilizam-se métodos de investigação como a análise do ciclo de vida. Já se for escolhida a abordagem seletiva é possível utilizar ferramentas mais limitadas (*check lists* ou *softwares*) que auxiliem na tomada de decisões (ADEME, 2001).

A UNEP (2007) propõe uma ferramenta estruturada para a aplicação do *ecodesign* a partir de sete etapas:

Etapa 0: (identificar as implicações do produto que será desenvolvido) devem ser avaliadas as implicações de caráter ecológico do produto, principalmente em termos de *marketing* e logística;

Etapa 1: (selecionar materiais de baixo impacto ambiental) deve-se buscar o uso de materiais reciclados, passíveis de serem reciclados, não tóxicos para os trabalhadores e meio ambiente e que requeiram baixo consumo de energia no processamento;

Etapa 2: (reduzir materiais) deve-se buscar utilizar componentes menores (implicam em menor consumo de matéria-prima, menores embalagens, menor geração de resíduos, menos peso para manuseio, estoque e transporte) e avaliar os projetos das embalagens, cujos enchimentos para acomodar o produto devem ser eliminados.

Etapa 3: (otimizar as técnicas de produção) o processo deve gerar o mínimo de resíduos e consumir o mínimo de energia possível. Os fornecedores também devem ser avaliados sob a ótica do *ecodesign*, buscando-se auxiliar tecnicamente aqueles que não aplicam princípios básicos da gestão ambiental;

Etapa 4: otimizar o sistema de distribuição; *pallets* reaproveitáveis, transporte de maiores quantidades para um mesmo destino de uma só vez, compra de materiais de fornecedores próximos ao local de produção e a avaliação de frete marítimo (menor custo e menor impacto ambiental);

Etapa 5: reduzir o impacto no estágio do uso do produto: dispensar atenção à orientação do cliente para utilização do produto de forma racional e apropriada, além de projetar os componentes visando minimizar o consumo de energia durante o uso;

Etapa 6: otimizar o tempo de vida do componente: aumentar a confiabilidade e a durabilidade dos componentes e orientar o consumidor para que não use o produto em aplicações indevidas, o que pode diminuir a vida útil;

Etapa 7: otimizar o sistema *end-of-life*, ou seja, tudo o que acontece ao produto mesmo depois que ele for descartado pelo usuário. Os consumidores devem ser orientados quanto à disposição final do produto e quanto à identificação dos componentes que podem ser reciclados com facilidade.

Entretanto, alguns obstáculos são comuns na implementação do *ecodesign* nas organizações. O nível de consciência das questões ambientais não é homogêneo nos diferentes níveis das empresas, as competências e conhecimento do assunto também são diferentes, a estrutura organizacional e as rotinas internas podem dificultar mudanças, assim como, a falta de familiaridade com as ferramentas de trabalho (UNEP, 2003).

Nascimento *et al.* (2008) salienta a importância do *marketing* para que as organizações informem e estimulem seus consumidores sobre as vantagens socioambientais que seus produtos ou práticas oferecem. Comprovando a qualidade do produto e os benefícios ao meio ambiente as empresas podem criar um diferencial em relação aos seus clientes.

2.4.1 Análise de Ciclo de Vida de Produtos

De acordo com Grupo de Pesquisa e Avaliação da Análise do Ciclo de Vida (2006), os primeiros estudos relacionados à análise do ciclo de vida de um produto foram realizados pelo instituto Midwest Research Institute (MRI), em 1974 nas quais eram comparadas embalagens a fim de

identificar aquela que tivesse menor impacto ambiental. Entretanto, é somente em 1979, com a criação do Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), que as diretrizes para a Análise de Ciclo de Vida (ACV) foram estabelecidas. A ACV é uma ferramenta de avaliação dos impactos ambientais gerados por um produto desde sua extração até sua disposição final (figura 8).



Figura 8 - Etapas do ciclo de vida de um produto.

Fonte: Grupo de Pesquisa e Avaliação da Análise do Ciclo de Vida (2006).

Para Manzini e Vezzoli (2005), o ciclo de vida de um produto está associado à quantidade de matéria e energia que são absorvidas e liberadas (*inputs* e *outputs*) em relação à biosfera e a geosfera. Os autores dividem o ciclo de vida do produto em cinco fases: pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte de um produto ou serviço (figura 9). Estas fases não se restringem somente a um único produto, mas a outros que tenham relação direta ou indireta, sugerindo assim um sistema-produto em que todos estão interligados. Desta forma embalagens que foram criadas para este produto, por exemplo, são encaradas como outros produtos com seu próprio ciclo de vida.

A estratégia de Projeto para o Ciclo de Vida, apresentada por Manzini e Vezzoli (2005), sugere que primeiramente é necessário minimizar a utilização de recursos por meio da redução de matérias e energia, escolher recursos e processos de baixo impacto ambiental, prolongar a vida dos produtos, utilizar materiais que possam ser reutilizados posteriormente e que sejam facilmente desmontados. É importante observar não só as fases imediatas do descarte do produto,

mas também as de médio e longo prazo, ou seja, etapas em que a reutilização de parte do produto faz parte de um novo produto.

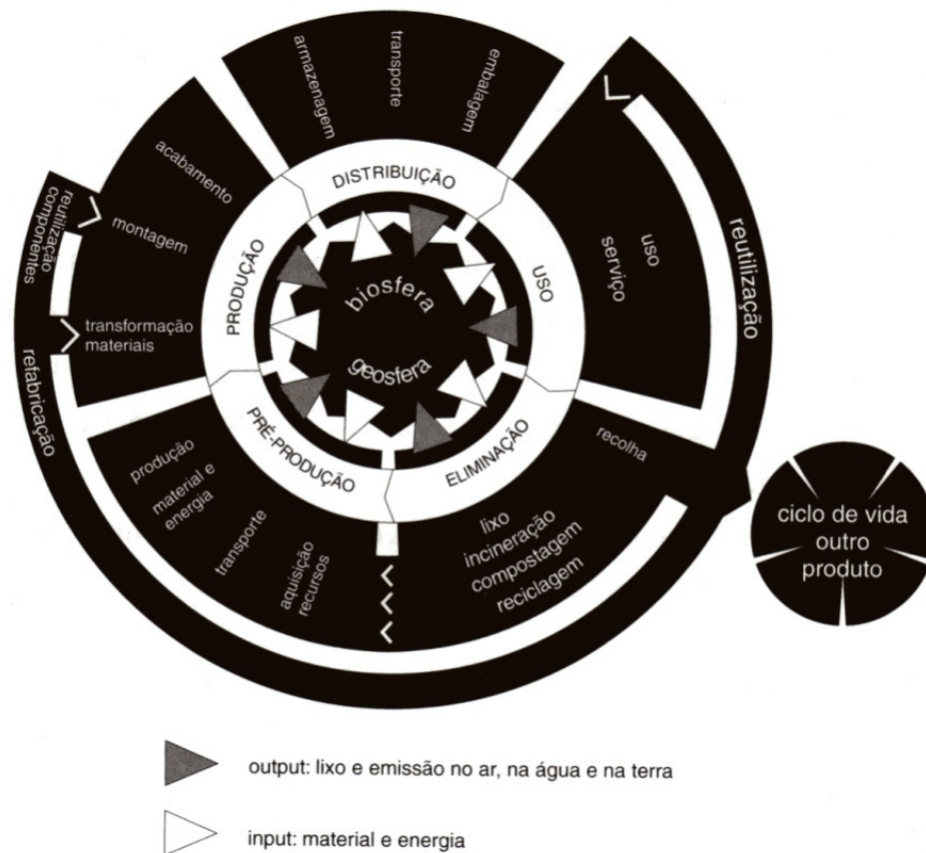


Fig. 4 O ciclo de vida do sistema-produto.

Figura 9 - Fases do ciclo de vida do sistema-produto.

Fonte Manzini e Vezzoli (2005).

A ACV vem sendo amplamente utilizada, servindo inclusive como referência para padronizações internacionais. As normas ISO14040 e a ISO14043 fornecem base metodológica e profissional para seu emprego. Basicamente, a ACV é uma ferramenta que ajuda na tomada de decisões. Com base na coleta de dados quantitativos de fluxo de matéria e energia durante todo o ciclo de vida do produto, é possível avaliar os possíveis impactos e interpretar os resultados de acordo com o

escopo e o objetivo do estudo. Estes resultados devem permitir comparações entre produtos, entre processos ou entre sistemas de gerenciamento de resíduos (ADEME, 2001).

De acordo com ADEME (2001), o resultado é dado através de recomendações para a redução de impactos ambientais de um produto, mudando parâmetros críticos apontados pela análise. Apesar de envolver algumas questões qualitativas, pode-se dizer que a ACV é essencialmente uma ferramenta quantitativa. Sua credibilidade depende de uma exaustiva e meticulosa compilação de dados quantitativos. O ponto forte da ferramenta está na capacidade de gerar modelos e simulações. Através da troca de parâmetros é possível examinar diferentes cenários. Alguns exemplos de questões abordadas na ACV são:

- a) mudanças relacionadas ao projeto de produtos;
- b) decisões relacionadas a investimentos;
- c) escolhas relacionadas a processos e gerenciamento de resíduos;
- d) ajuda no esboço de políticas públicas ou industriais;
- e) preparar critérios para rótulos/selos ecológicos.

Ainda para ADEME (2001), outro método usado é o *Simplified and Qualitative Life Cycle Assessment* (SQLCA). Esta ferramenta simplificada da ACV enfoca as decisões tomadas sem conhecer todo o ciclo de vida de um produto, porém sem causar prejuízos a decisões futuras, quando de sua aplicação. Seu escopo e validade são limitadas e sua intenção é a melhora gradual de um produto. Ele não define conclusões sobre todos os impactos no meio ambiente, e também não é possível fazer comparações entre produtos, porém serve para: encorajar futuras investigações na área, observando dados factuais, decidir se algumas mudanças ambientais são significativas e delinear recomendações para melhoras específicas verificando se estas decisões não causarão impactos em outros estágios (transferência de poluição). Seu principal instrumento é a matriz de avaliação qualitativa (figura 10), na qual são conferidos atributos de vantagens/desvantagens às etapas de produção.

	Extração de matéria prima	Produção	Distribuição	Uso	Descarte
Poluição e resíduo (volume, toxicidade)	?	△	★ ★	0	★
Depleção de recursos naturais (volume usado, escassez ou abundancia de recursos naturais)	△	★ ★	★	△	?
Ruído, olfato, visibilidade	△	?	★	★ ★	△

Legenda:

△ Desfavorável ★ Favorável ★ ★ Muito favorável ? Dados indisponíveis 0 Irrelevante

Figura 10 - Exemplo de matriz de avaliação qualitativa para modificação de produto.

Fonte: Ademe (2001)

2.4.2 Indicadores do Desempenho Ambiental

Echeveste *et. al.* (2002) desenvolveram um instrumento de verificação para avaliar as práticas de *ecodesign* adotadas por empresas do Estado do Rio Grande do Sul. O instrumento se baseou no estudo de Furtado *et. al.*(1999)⁶.

⁶ FURTADO, J. *et al.* Prevenção de Resíduos na Fonte & Economia de Água e Energia, 1999. Disponível em www.vanzolini.org.br/areas/producao/limpa. Acesso em 12/05/99

Nesta verificação procurou-se investigar o posicionamento estratégico ambiental destas empresas, além de aspectos relacionados aos produtos e processos. A ferramenta foi apresentada em formato de *check list*, com quarenta e cinco afirmações divididas em oito seções. A resposta “sim” configurava uma prática ambiental satisfatória e a resposta “não” uma prática insatisfatória. Deste modo, afirmações como “Inexiste prejuízo a biodiversidade” respondidas com “sim” configuram uma boa prática ambiental.

A lista foi enviada por meio eletrônico a setenta empresas de pequeno e médio porte, selecionadas em listagem da FIERGS (Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul). Do total, 10 % das empresas participaram enviando as respostas, sendo três do setor eletro-eletrônico, duas do setor metalúrgico e duas do setor de produtos químicos. Os principais resultados deste estudo são listados abaixo:

- a) aspectos Mercadológicos: constatou-se a existência de boa aceitação no mercado para produtos verdes, sendo que 85,7% das empresas planejavam desenvolver produtos com esse enfoque. Entretanto, observou-se a necessidade de treinamento de mão de obra nesta área, haja vista que apenas 57,1% disseram possuir pessoal capacitado para desenvolvê-los;
- b) matérias-primas: apenas 28,5% das empresas utilizam matérias-primas renováveis e 63% demonstram não adotar integralmente medidas para preservação das matérias-primas;
- c) processos de produção: observou-se a importância de aperfeiçoar os processos produtivos, uma vez que 85,7% disseram gerar resíduos tóxicos, por outro lado, 85,7% é feita reutilização de sobras de materiais;
- d) produto: todas as empresas acreditam ser possível incorporar características verdes aos produtos comuns e utilizam ao menos parcialmente materiais reciclados. Por outro lado, os produtos destas empresas ainda apresentam desempenho inferior ao similar de concorrentes;

- e) *marketing* ambiental: apesar das empresas não possuírem um sistema de coleta de embalagens e produtos pós-uso, as empresas entendem que existe um seguimento de consumidores interessados em consumir produtos verdes, dispendo-se inclusive a pagar mais por isso;
- f) manejo ambiental: observou-se que 85,8% faz despejos em aterros e somente 28,6% faz o controle de resíduos na fonte, por outro lado, todas as empresas fazem reciclagem primária ou secundária;
- g) conformidade ambiental: todas as empresas disseram cumprir as legislações vigentes, além de se apresentarem como pouco poluidoras;
- h) comunicação ambiental: apresentou baixo desempenho (28,6%), mostrando a importância da divulgação das políticas ambientais para funcionários (aumento no comprometimento) quanto para os consumidores (como instrumento de *marketing*).

O estudo concluiu que o *ecodesign* nas empresas ainda é pouco utilizado, demonstrando baixo desempenho e carências nos processos produtivos, matérias-primas e produtos. Aspectos como falta de mão-de-obra especializada e a utilização de matérias primas não renováveis contribuem para este quadro. Por outro lado, as empresas estão em conformidade ambiental, atendendo as legislações vigentes e também têm planos para desenvolver produtos verdes, percebendo que as características verdes do produto podem ter maior valor de mercado.

2.5 Subprodutos e resíduos na indústria de madeiras

Subprodutos e resíduos são derivados de processos químicos, físicos ou mecânicos no qual se extrai ou manufatura um produto principal. O subproduto, entretanto, também possui valor agregado, já o resíduo é um material que não possui valor agregado. Estes restos podem ter características que permitam a absorção pela natureza, ou possuir propriedades químicas que não permitam a absorção pelo meio ambiente, sendo assim considerados poluentes (FERREIRA, 1999).

Schneider *et. al.* (2006) afirmam que, atualmente, os sistemas de gerenciamento de resíduos procuram, além de reduzi-los na fonte, segregá-los e diminuir a distância entre o local gerador e seu tratamento. Além disso, resíduos podem ser valorizados, aproveitando-se a matéria-prima desde que se faça inicialmente um estudo da fonte geradora e da caracterização dos mesmos. Como exemplo, Schneider cita a maravalha, o cavaco e os retalhos, que tem boas características para a utilização na produção de chapas aglomeradas e na geração de biomassa.

Barbieri (2004) afirma que quando não for possível eliminar os resíduos, a empresa pode adotar a reciclagem ou reuso de duas formas:

- a) interna: utilizando os resíduos no mesmo lugar em que foram gerados (por exemplo, reaproveitar os restos de matéria-prima ou retrabalhar peças com defeito);
- b) externa: transferindo para outra unidade os resíduos gerados. Este último método, apesar de ser benéfico ao meio ambiente pode gerar problemas ambientais, como gastos com energia, transporte e estocagem e adição de materiais tóxicos.

Para Erkman (2005), a valorização de resíduos e subprodutos, sendo estes vistos como matéria-prima e insumos em outra cadeia produtiva, pode ser uma das estratégias para recuperação da matéria-prima. Outra estratégia seria minimizar o fluxo de material, através do desenvolvimento de novas tecnologias, com isso uma menor quantidade de matéria-prima pode gerar mais produtos ou com melhor desempenho.

Em um relatório de projeto para o aumento dos processos produtivos em indústrias no município de Viamão, o Projeto Fapergs (2002) constatou que a empresa estudada desconhecia o percentual de aproveitamento de madeira que entrava no processo e a quantidade de resíduos. Os dados coletados mostraram que o reaproveitamento de sobras era pouco explorado. Foram propostas alternativas como a produção de briquete com a serragem, substituição de matéria-prima (não certificada por certificada), além de alteração de leiaute, calibragem de máquinas e modificações de contratos de consumo energético.

Os resíduos de madeira da indústria madeireira são considerados sólidos, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A entidade define que são “todos os sólidos ou semi-sólidos que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e varrições...cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (NBR 10004- Resíduos Sólidos, de 2004). Podem ainda ser considerados de duas classes quanto à sua periculosidade:

- a) resíduos classe I – Perigosos: quando apresentarem periculosidade, inflamabilidade corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade ou ainda advindas de fonte não específica;
- b) resíduos classe II – Não perigosos: quando forem provenientes de restaurantes, sucata de materiais ferrosos, sucata de materiais não ferrosos, resíduo de papel e papelão, de plástico polimerizado, de borracha, de madeira, de materiais têxteis, de minerais não metálicos, areia de fundição, bagaço de cana ou outros não perigosos.

Ainda segundo a ABNT, podem ser considerados não inertes quando tiverem propriedades tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Se quando submetidos ao contato dinâmico e estático com água destilada não tiverem solubilidade a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, são considerados inertes.

Para Jara (1997): a geração de resíduos de madeira normalmente ocorre por diversos fatores:

- a) manejo florestal ineficiente;
- b) mudança geométrica do produto;
- c) ausência de medidas de proteção as toras;
- d) técnicas de desdobro pouco eficientes;
- e) liberação de tensões durante o desdobro;
- f) escolha incorreta de ferramenta de cortes;
- g) adoção de velocidade de corte incorreta;
- h) espessura dos cortes da serra;

- i) decisões equivocadas dos operadores de serra de desdobro;
- j) secagem de forma inadequada.

Os resíduos de madeira no processo produtivo podem ser verdes, quando tiverem alto teor de umidade ou secos, quando passaram por algum tipo de secagem, seja ela natural ou artificial (através de estufas). Quanto ao tipo, podem ser: costaneiras, cascas, serragem, cavaco, maravallha, destopos, aparas e refilos. Estas diferenças se dão pelos tamanhos ou por diferentes granulometrias. Ocorrem também variações do tipo de resíduo em função da espécie de árvore utilizada, do tipo de maquinário utilizado no desdobro e do produto gerado (REFERÊNCIA, 2005).

Fagundes (2003) exemplifica que em uma serraria, o tipo de maquinário define a quantidade de serragem que será gerada ao longo do processo. O sistema de desdobro com serrafita convencional gera uma perda maior do que se utilizando uma serra fita dupla. Nesta etapa é gerado em torno de 50% de resíduo.

Yuba (2001) afirma que muitas serrarias acabam queimando ou depositando indevidamente seus resíduos no solo (figura 11). Algumas medidas como planejamento de corte, emprego de maquinário tecnologicamente mais eficiente e melhora das técnicas de secagem contribuem para a redução dos mesmos (figura 12). O autor salienta que é possível o reaproveitamento, mas algumas barreiras como grandes ofertas de madeira e custos elevados acabam barrando esta possibilidade.

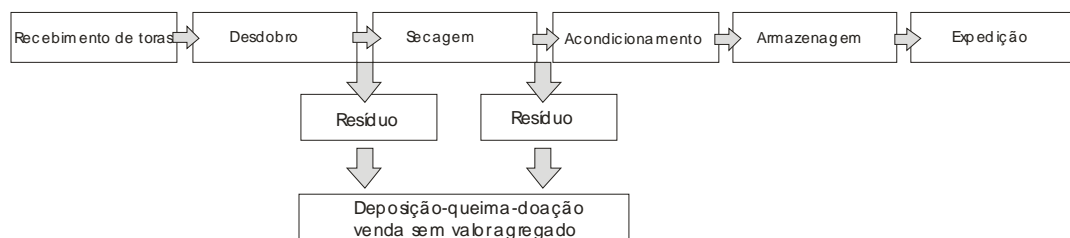


Figura 11- Sistema de produção típico de uma serraria tradicional.
Fonte Fagundes (2003).

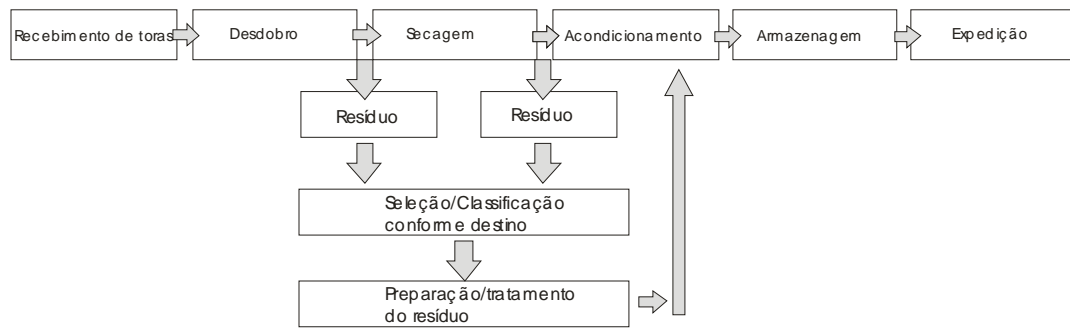


Figura 12 - Sistema de Produção Ideal para uma Serraria.
Fonte Fagundes (2003).

Fagundes (2003) afirma que o aproveitamento quantitativo de uma tora, durante seu desdobro é de 40%. Nos 60% de resíduos, 10% serão aparas de plaina, 26% aparas de corte e 13% pó de serra (figura 13). O autor salienta, ainda, que neste estudo não estão consideradas madeiras com defeito, já que podem continuar no processo e ter classificação inferior. Estes defeitos podem ser: intrínsecos a madeira, decorrentes de manejo ou por fatores externos (figura 14) e normalmente comprometem a resistência ou interferem na estética do produto.

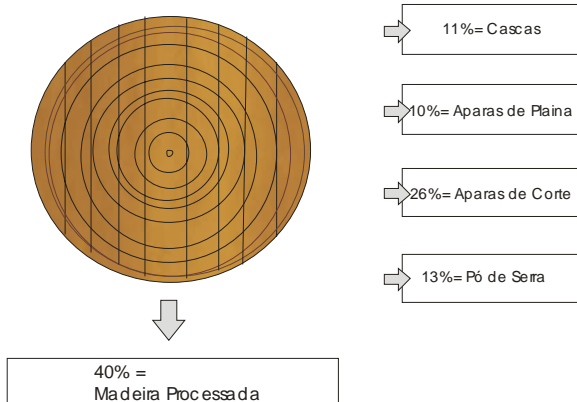


Figura 13 - Resíduos provenientes do processamento de uma tora para produzir tábuas.
Fonte: Ferreira *et al.*⁷ (1989) *apud* Fagundes (2003)

2.6 Características e aplicações do *pinus* e da *araucária angustifolia*

Até a década de 70, quando ainda havia abundância de matéria-prima, a maior parte das madeiras para produção era de árvores adultas advindas de florestas. Com o decréscimo da oferta e o crescimento da demanda, tornou-se comum a utilização de madeiras de rápido crescimento

⁷ FERREIRA *et al.* In: **ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS EM MADEIRAS**, 3., São Carlos. **Anais...**São Carlos: LaMEM/EESC-USP, 1989.

provenientes de reflorestamentos. Atualmente, são serradas no Brasil cerca de 18 milhões de metros cúbicos por ano, sendo que 35% são de *pinus*. Além disso, 46% das plantações de *pinus* no Brasil são da espécie *pinus taeda*, tratando-se de importante fonte de matéria-prima (BALLARIN; PALMA, 2004).

Além da grande quantidade de reflorestamento de *pinus taeda* no Brasil, a espécie também é a mais plantada no sul e sudeste dos Estados Unidos. Suas aplicações estão principalmente na produção de celulose, papel, madeira serrada, chapas e madeiras reconstituídas. Inicialmente as espécies advinham de sementes de baixa qualidade, propiciando fustes e ramos. Entretanto, sementes melhoradas geneticamente fornecem árvores de melhor qualidade. São plantadas principalmente no sul e sudeste por necessitarem de clima úmido e temperado (EMBRAPA, 2006).

Pela sua facilidade de trabalho, o *pinus* vem sendo muito utilizado na confecção de móveis, molduras, *blocks* e *blanks*. Molduras são perfis obtidos através do reprocessamento da madeira serrada que se transformam posteriormente em rodapés, rodameios e guarnições. Elas podem ser feitas a partir de uma única tábuas ou através de *blocks* e *blanks*. Os *blocks* são pequenas peças de madeira serradas e emendadas, livres de qualquer imperfeição, que quando emendadas resultam nos *blanks*. (NAHUZ, 2006).

Já a *araucária angustifolia*, também conhecida como pinheiro do Paraná, é uma árvore nativa do Brasil e hoje consta na lista de espécies da flora brasileira em extinção. Dos 20 milhões de hectares de florestas nativas hoje restam somente 2% desta área. Muitos estudos vêm sendo feitos por entidades de pesquisa para a conservação da espécie, entretanto, por ter um ciclo reprodutivo lento (entre 15 e 20 anos de idade) e pela fragmentação das populações naturais, os estudos acabam apresentando dificuldade de manutenção (ANGELI, 2003).

A madeira desta espécie possui coloração branco amarelada e é facilmente atacada por fungos e cupins, porém apresenta boa permeabilidade aos preservativos. Para o emprego em uso madeireiro, é recomendada a secagem artificial controlada, pois há tendência de rachaduras e

distorções Jancovsky *et al*, (1990)⁸. A madeira é de fácil trababilidade Mainieri (1989)⁹, porém certos cuidados devem ser adotados pois pode haver distorções na tábua. Pode ser empregada em laminados, compensados, forros, movelaria, postes, mastros de navios (ANGELI, 2003).

2.7 Classificação dos desperdícios ambientais

O Sistema Toyota de Produção foi idealizado no Japão, a partir de 1945 através de uma construção teórica e uma testagem empírica proposta por Shigeo Shingo e Taichi Ohno para a Toyota. Baseia-se no conceito de investigar os processos e as operações através da quebra de antigos padrões e crenças, porém de uma forma passiva e conciliatória. Suas principais características são a minimização de custos de produção e mão de obra, a implantação da produção a contrapedido e a adoção dos sistemas de controle tipo *kanban* (SHINGO, 1996).

2.6.1 As Sete perdas de acordo com o Sistema Toyota de Produção (SHINGO, 1996)

As sete perdas, segundo o STP, derivam de falhas nos processos e operações. São elas:

- a) superprodução: causada por carência no planejamento da produção, acarretando estoque e desperdício de material e mão-de-obra. Pode ser resolvido através da equalização e sincronização dos processos. Normalmente, são requeridas alterações no leiaute da fábrica;
- b) espera: preparações, ajustes de máquinas e tempo de *setups* muito longos acarretam em diminuição de taxa de produtividade e de utilização das máquinas. A implantação do sistema de troca rápida de ferramentas auxilia na melhoria de tempos de produção;
- c) transporte: esta operação não agrega valor ao produto, portanto, a melhoria no leiaute e a utilização dos meios de transporte devem ser otimizados;
- d) processamento: operações desnecessárias, ou mesmo produtos desnecessários devem ser avaliados cuidadosamente. Ao investigar uma determinada operação é necessário

⁸ JANKOWSKY, I.P.; CHIMELO, J.P.; CAVANCANTE, A. de A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J.C.S. Madeiras brasileiras. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

⁹ MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. Fichas de características das madeiras brasileiras. São Paulo: IPT, 1989. 418p.

perguntar se aquele procedimento ou produto é importante e se haveria formas de simplificá-lo ou até mesmo eliminá-lo;

- e) estoque: a relação de prazos entre ciclo de produção e prazo de entrega deve a menor possível, com isso elimina-se a necessidade de espaço físico para o estoque. Sincronização de fluxos de peças, além da produção em pequenos lotes, auxiliam na eliminação desta perda;
- f) desperdício nos movimentos: desorganização em caixas de ferramentas e áreas de trabalho mal projetadas resultam em movimentos desnecessários e muitas vezes prejudiciais aos funcionários. A separação, o alinhamento e a disposição das peças devem ser claros, permitindo ao funcionário o rápido alcance à ferramenta certa, no momento certo;
- g) desperdício na elaboração de produtos defeituosos: a produção de produtos defeituosos gera custos elevados na produção. A inspeção feita deve eliminar os defeitos e não somente identificá-los. Devem ser adotados controles na fonte, auto-inspeção e verificações sucessivas em todo o processo.

2.7.2 Classificação dos desperdícios ambientais de acordo com o *Lean and Environment Toolkit* (2006)

O *Lean and Environment Toolkit* foi criado pela Agência de proteção Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency*) em 2006, através da troca de experiências entre empresas e instituições voltadas para o gerenciamento ambiental. Seu objetivo é aprimorar a competitividade das empresas aliando conceitos do sistema de produção enxuta com desempenho ambiental.

As perdas ambientais não agregam valor ao cliente, além de afetar a produção e a qualidade do produto. De um lado, os consumidores desejam adquirir bens que sejam livres de resíduos ou riscos ambientais. Por outro lado, a eliminação de ameaças ambientais contribui para um ambiente de trabalho seguro e limpo, aumentando a qualidade e a produtividade.

O *Lean and Environment Toolkit* propõe um modelo de gestão ambiental em quatro níveis, quais sejam, organizacionais, de fluxo de valor, do processo e da tarefa. (figura 14).

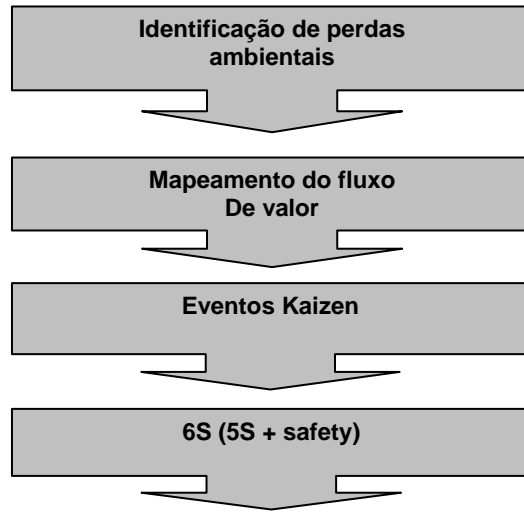


Figura 14 - Níveis do Lean Environment.
Fonte: United States Environmental Protection Agency (2006).

No nível organizacional, são identificadas as perdas ambientais de acordo com as sete perdas do sistema de produção enxuta (figura 15). São considerados os desperdícios de energia, matéria-prima, água, sobras e substâncias tóxicas ou poluentes. Na aplicação desta etapa, é imprescindível o comprometimento gerencial e organizacional e a implementação deve ser feita através de treinamento, métodos para tornar visíveis e elimináveis os desperdícios e reconhecer e recompensar o sucesso das ações aplicadas.

Tipos de desperdícios	Exemplos	Impactos ambientais
Retrabalho	Refugo, defeitos produção para reposição, inspeção.	Matéria-prima consumida na fabricação de produtos defeituosos, Componentes defeituosos requerem reciclagem ou eliminação, Maior espaço requerido para retrabalho, aumentando o consumo de energia em aquecimento, resfriamento e iluminação.
Espera	Fim do estoque, atrasos por processamento em lotes, parada de equipamentos, processos gargalos.	Potencial estrago de materiais ou danos em componentes causando desperdícios, Desperdícios de energia por meio de aquecimento, resfriamento e iluminação durante a parada de máquinas.
Superprodução	Fabricação de itens sem necessidade de produção	Maior quantidade de matéria-prima consumida para fabricar produtos sem necessidade, Produtos extras podem deteriorar ou tornarem obsoletos sujeitos a eliminação.
Movimentação	Movimentação de homens sem necessidades, transportando estoque em processo.	Maior utilização de energia para transporte, Emissões de gases por meio de transporte, Maior espaço requerido para movimentação de estoques em processo, aumento de estoque em processo, aumento e demanda de consumo de energia para iluminação, aquecimento, resfriamento, Maior quantidade requerida de embalagens para proteger componentes durante o transporte.
Estoque	Excesso de matéria-prima, estoque em processo ou produto acabado.	Maior quantidade requerida de embalagens para armazenar estoques em processos, Desperdício por meio de deteriorização ou danos em armazenar estoque em processo, Maior quantidade de matéria-prima para substituir os estoques em processo danificados, Maior utilização de energia para aquecer, resfriar e iluminar área de estocagem.
Processamento desnecessário	Excesso de etapas de processamento ou que exigem tempo além para atender a necessidade do cliente.	Maior quantidade de matéria-prima consumida por unidade de produção, Processamento desnecessário aumenta os desperdícios, uso de energia e emissões de gases.
Criatividade não utilizada	Perda de tempo, idéias conhecimentos, melhorias e sugestões dos funcionários.	Poucas sugestões para oportunidade de diminuição dos desperdícios

Figura 15 - Perdas Ambientais de acordo com o sistema de produção enxuta.
Fonte: United States Environmental Protection Agency (2006).

No nível de Fluxo de valor, é feito o mapeamento da produção onde se identificam quais são as maiores fontes de tempo que não agregam valor no fluxo do produto. Após o estudo, é feito o mapeamento do estado futuro com as correções a ser implantadas.

Marodin e Zawislak (2005) aplicaram o mapeamento do fluxo de valor ao processo de produção da linha de *boards* da mesma empresa alvo deste estudo. Através da análise do mapa de estado atual e do projeto do mapa de estado futuro, concluíram ser possível redução de 77% no *lead time*, reduzindo prazos de entrega e eliminando estoques intermediários.

No nível dos processos é aplicado o Evento *Kaizen*. *Kaizen* em japonês significa melhoria contínua e evento *kaizen* designa o projeto para melhorias rápidas na eliminação de desperdício no ambiente de trabalho e em todo o processo. É feito através de um questionário para identificar oportunidades de melhorias.

No ultimo nível, o da tarefa local, é implantado o método 6S, que é um método que analisa os sentidos de utilização, organização, limpeza, higiene, autodisciplina e segurança. Esse método possibilita a criação e a manutenção de um ambiente limpo e seguro e envolve os empregados no processo de melhoria contínua.

Nesta etapa, adota-se o método *yellow-tag* para identificação de perdas ambientais a partir de quatro passos: identificação de áreas problemáticas, demarcação das áreas, avaliação e resolução dos problemas e, por último, a documentação do processo para poder compartilhar com a empresa do processo de melhoria.

Com estas ferramentas, a estratégia permite a identificação e o reconhecimento de novas oportunidades para a melhoria contínua e a redução de desperdícios ambientais.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa utilizada nesta dissertação foi o estudo de caso. A escolha da empresa como objeto de estudo justificou-se por três fatores: (i) facilidade na obtenção de dados, uma vez que a família da pesquisadora conta com participação societária na empresa, (ii) o potencial ambiental de suas matérias-primas (renováveis, reflorestadas e certificadas) e (iii) a percepção de que o alto volume de resíduos gerados compromete seu desempenho econômico e ambiental.

O desenvolvimento do trabalho incluiu quatro etapas, partindo de um problema inicial (alto volume de resíduos gerados), passando pela construção teórica relativa ao tema, investigação no local, resultados e discussões (figura 16)

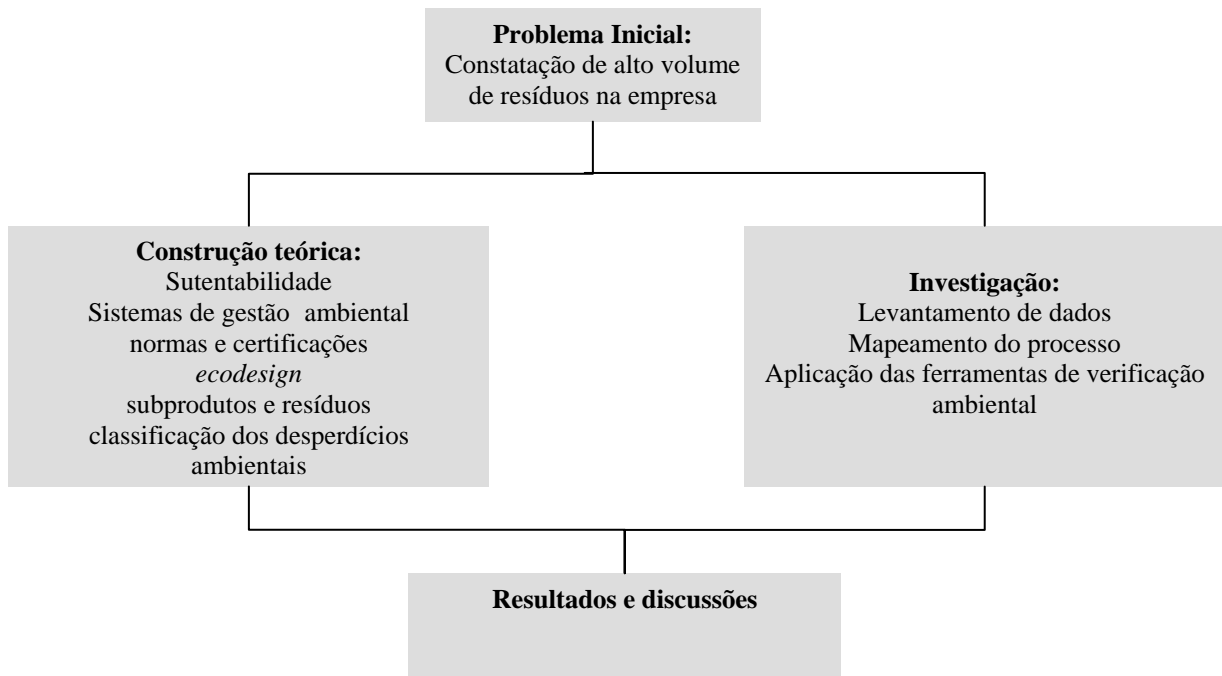


Figura 16 - Etapas do estudo de caso apresentado.

A coleta de dados para o estudo de caso iniciou em julho de 2005 e encerrou em julho de 2007. Inicialmente, foi feita visita à sede da empresa para a explanação da importância e objetivos do trabalho, bem como o método a ser utilizado. Com base em autorização documentada, foi agendada visita ao parque fabril.

Foram feitas duas visitas na indústria. A primeira, em outubro de 2005 e a segunda em julho de 2006. Nestas ocasiões foram feitos levantamentos fotográficos dos processos, observações, croquis de leiautes e consultas a documentos de interesse da pesquisa, tais como: planilhas de produção mensal e ordens de produção. Também foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com funcionários, gerentes e diretores para melhor compreensão do processo e dos produtos da empresa. Posteriormente, entre os meses de março de 2006 a julho de 2007, novas entrevistas foram realizadas, baseando-se nas informações coletadas na primeira visita e na revisão de bibliografia.

As entrevistas foram realizadas de forma individual, salientando a importância da participação do entrevistado para a execução deste trabalho. Foi adotado um roteiro básico de perguntas que deu origem a outros questionamentos. Os objetivos foram: adquirir conhecimento do processo produtivo, obter informações específicas sobre os produtos e resíduos gerados, sobre madeira certificada, e o posicionamento estratégico da empresa nos aspectos ambientais. As entrevistas foram gravadas sempre que autorizadas.

O total de entrevistados na empresa foi de doze pessoas, sendo dez técnicos, um gerente e um diretor. Os técnicos entrevistados foram das áreas de produção (5), ambiental (1), segurança do trabalho (1), desenvolvimento de produto (1), reflorestamento (1) e departamento comercial (1). O gerente entrevistado foi da área florestal e o diretor da área industrial.

A empresa disponibilizou planilhas mensais de volume de produção, plantas-baixas das áreas do processo produtivo, amostras de produto acabado e de resíduos, levantamentos gerais sobre tipos de resíduos gerados e normas utilizadas para o processo de certificação. A pesquisadora também teve acesso ao relatório desenvolvido por *trainees* da empresa em que foram fornecidos dados sobre as características do produto, bitolas de toras e estudo sobre aproveitamento de madeira.

Além disso, foi possível consultar dois artigos referentes ao tema, desenvolvidos na mesma empresa, quais sejam: “Relatório das Atividades Desenvolvidas no Estágio Supervisionado” Costa, (2005) e “Mapeamento do Fluxo de Valor em Empresa Madeireira” Marodin e Zawislak, (2005).

Com base nas informações, nos levantamentos e nas entrevistas, foi desenvolvido um fluxograma do processo produtivo. O objetivo da execução deste fluxograma foi apresentar o tipo, a quantidade e a destinação de produtos e resíduos, e verificar como estão associados.

Após a elaboração do fluxograma, foram aplicadas duas ferramentas de verificação de desempenho ambiental. A primeira delas, um *check list* para avaliação dos princípios do *ecodesign* criada por Echeveste *et. al.* (2002) teve o objetivo de analisar aspectos de adequação ambiental da empresa, abordando itens mercadológicos, matérias-primas, processo de produção, produto, além de *marketing*, manejo e conformidade ambientais.

Inicialmente, a ferramenta de verificação desenvolvida por Echeveste *et. al.* (2002) foi respondida por um funcionário da área de desenvolvimento de produto em junho de 2007. Entretanto, a ferramenta teve que ser novamente aplicada devido a uma interpretação equivocada do conceito da expressão “produto verde”. Como a empresa classifica a expressão “verde” como matéria-prima com alto teor de umidade, ao ler o *check list* o funcionário pressupôs que se tratasse do mesmo assunto. Somente depois de identificado o equívoco e explicado o conceito, o instrumento foi novamente aplicado. A segunda aplicação foi feita com o mesmo funcionário e também com outro da área comercial, desta vez salientando o significado da expressão. Posteriormente, foram solicitadas informações complementares sobre o tema por meio de correio eletrônico e a pesquisadora reavaliou as respostas, adequando-as às informações coletadas.

Para avaliar cada um dos grupos de questões e compará-los ao estudo realizado por Echeveste *et al.* (2002), foi calculado o percentual de respostas positivas (sim) em relação ao total de respostas. Para que não houvesse distorções nos resultados, retiraram-se do cálculo as afirmações que tinham como resposta “não se aplica”.

A segunda ferramenta aplicada, o *Lean and Environment Toolkit*, foi criada pela Agência Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency*) em 2001 com o objetivo de aprimorar a competitividade das empresas aliando conceitos do sistema de produção enxuta ao desempenho ambiental. O modelo se baseia na idéia de que a identificação e a eliminação de perdas reduzem os custos e os riscos do negócio melhorando os resultados ambientais da organização.

A verificação foi apresentada em formato de planilha a um funcionário da área industrial em julho de 2007. Foi solicitado ao funcionário que listasse perdas relativas ao retrabalho, espera, superprodução, movimentação, estoque, procedimentos desnecessários e criatividade desperdiçada. A planilha foi enviada por correio eletrônico e eventuais dúvidas foram esclarecidas através deste mesmo meio. Finalmente, os resultados da aplicação das duas ferramentas foram discutidos e comparados.

4 DESCRIÇÃO DA EMPRESA, PRODUTOS, PROCESSOS E RESÍDUOS

A Empresa X trabalha nas atividades de reflorestamento e fabricação de produtos derivados de madeira de alto padrão. Seus reflorestamentos e unidades industriais localizam-se em cidades dos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Atuando desde 1972 no mercado, o volume de toras processadas atualmente é de 300.000m³ anuais. A empresa possui a maior área de reflorestamento de *araucária angustifolia* do mundo e obteve a certificação da cadeia de custódia em 2001 e de bom manejo florestal em 2002. Ambas foram atribuídas pelo Conselho Brasileiro de Manejo Florestal (FSC Brasil) e pelo Ibama. Atualmente a empresa produz molduras, painéis e componentes para a construção civil, além de madeira serrada, sendo a maior exportadora brasileira no setor. Com 1461 funcionários, ela está totalmente voltada para o mercado externo, abrangendo cerca de 30 países.

Os principais países compradores dos produtos da empresa X são os Estados Unidos e o Canadá. Apesar destes países também possuírem reflorestamentos e indústrias similares, a empresa é bastante competitiva no custo de produção, haja vista que o custo de mão-de-obra nestes países é maior do que no Brasil. É possível observar também diferenças na demanda por matérias-primas e produtos, o que ocorre devido aos aspectos culturais, geográficos, métodos construtivos e legislação de cada país. Um exemplo que pode ser citado é a preferência dos países europeus por molduras sólidas, em detrimento das molduras *finger join* (emendadas). Já a Ásia tem preferência por produtos advindos de eucalipto.

A Unidade U possui o maior volume de produção da empresa. Localizada no sudoeste do Paraná, perto de seus maiores reflorestamentos, ela contribui com 70% da arrecadação do município em que se situa (população aproximada de 17.000 habitantes), tendo forte impacto no aspecto socioeconômico da região. Por outro lado a empresa enfrentou desde 1992 várias invasões lideradas pelo Movimento dos Sem Terra, que ocasionaram posteriormente a negociação com o governo para assentamentos. Em 1999, um incêndio destruiu 700ha de reflorestamentos. Em 2001, como parte de um programa para obtenção de certificações junto ao FSC, foi criada a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), totalizando uma área de 5151ha de mata Atlântica preservada. Em 2001 foi obtida a certificação da cadeia de custódia (FSC/CC), que atesta os

procedimentos não só do reflorestamento, mas de toda a cadeia produtiva, englobando pátio de toras, serrarias, estufas e manufaturado. Em 2002, a empresa obteve a certificação de manejo florestal (FSC/MF). Esta certificação comprova que a empresa vem adotando em seus reflorestamentos procedimento em acordo com critérios ambientais, sociais e econômicos exigidos pelo órgão certificador. Além disso, está em andamento a ISO 9001 - Gestão da Qualidade (figura 17).

Certificado	Certificação já obtida	Em processo de certificação
Cadeia de Custódia (FSC)	X	
Manejo Florestal (FSC)	X	
Série ISO 9000		X

Figura 17- Certificados do sistema de gestão já obtidos pela empresa ou em andamento.

4.1 Produtos manufaturados na Unidade U

A Unidade U produz e comercializa os seguintes produtos: molduras, painéis, madeira serrada e componentes em madeira. A madeira processada, quando proveniente de reflorestamento da própria empresa é totalmente certificada. Entretanto, eventualmente, a unidade processa toras compradas de outras empresas e estas podem ser não certificadas. Neste caso, é feita identificação através de marcas verdes (madeira certificada) ou marcas vermelhas (não certificadas) no lote que está sendo trabalhado. Os produtos são feitos com matéria-prima não certificada somente quando o cliente demanda este tipo de pedido. Normalmente isto ocorre quando o mercado não exige atestados de conformidade ambiental e o cliente busca preços reduzidos.

Moldura é a guarnição decorativa (figura 18) em torno de janelas, abertura de portas, tetos, assoalhos e rodameios, usada para prover proteção de bordas e conferir acabamentos de ambientes (figura 19). Na construção civil, ela é utilizada tanto interna quanto externamente. A unidade produz atualmente, molduras sólidas em *pinus*, araucária e eucalipto. Além disso, também são produzidas molduras em MDF (*médium density fiberboard*). Embora a empresa

possua atualmente mais de mil perfis de produto em catálogo, usualmente os perfis são desenvolvidos de acordo com o projeto do cliente.



Figura 18 - Produto acabado-molduras



Figura 19 - Exemplo de aplicação de molduras

Painéis são chapas lisas em madeira que são utilizadas na manufatura de móveis ou como elementos construtivos (paredes internas ou externas). Estas peças podem ter desde pequenas dimensões (7,63cm x 2,59cm x 0,623cm) ou chegar até 5m de comprimento (figuras 20 e 21).

As peças menores normalmente são feitas com madeira livre de colagens. Já as maiores necessitam de emendas com cola para estarem totalmente livres de imperfeições.



Figura 20 - Produto acabado- painéis



Figura 21- Painéis colados de grandes dimensões

Componente são peças internas que servirão na manufatura de móveis, portas, janelas ou na construção civil.

4.2 Processo produtivo da unidade U

O processo produtivo (figura 22) da unidade U inicia no o pátio de toras, passando pela serraria, estufa e manufaturado. A matéria-prima advém dos reflorestamentos da própria empresa ou é comprada de outras empresas reflorestadoras.

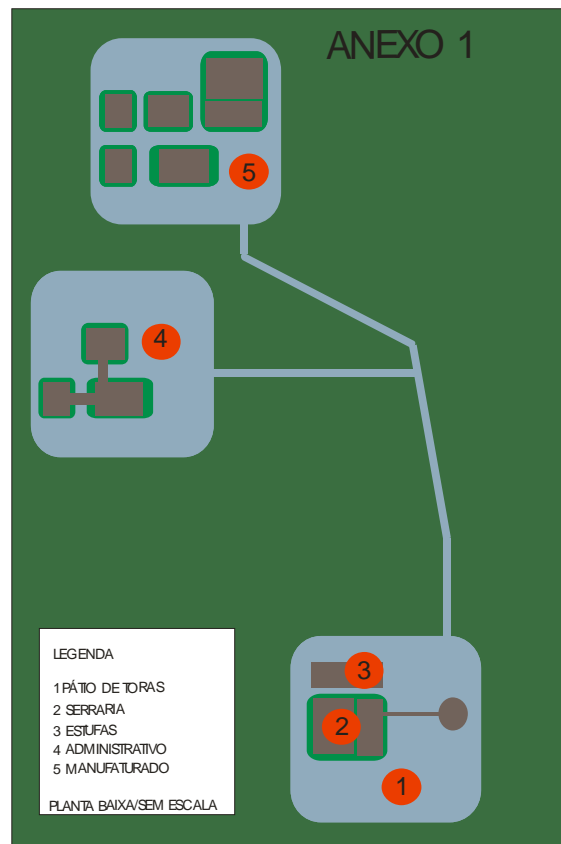


Figura 22 - Planta de situação da unidade U

Marodin e Zawislak (2005) concluíram que a cadeia de valor na unidade U pode ser dividida em três etapas. A primeira delas é o manejo florestal, que engloba o plantio, o manejo e o corte de árvores. Esta etapa tem planejamento de longo prazo (10 a 20 anos), tempo necessário para que a matéria-prima esteja apta para o corte. A segunda etapa consiste nas serrarias e a terceira consiste nas áreas de processos de industrialização.

Na figura 23 estão representadas as etapas serraria, estufa e manufaturado do processo. Elas foram separadas em duas partes para diferenciar os espaços físicos e também o tipo de resíduo gerado. Na primeira parte (serrarias) são produzidos resíduos úmidos que serão transformados em adubo ou irão para as caldeiras. Já na segunda parte, a de manufaturado, são produzidos somente resíduos secos, que já passaram pela estufa. Os resíduos úmidos estão representados na cor azul, já os secos nas cores marrom e vermelho.

O fluxo do processo do produto é representado com setas brancas horizontalmente e o fluxo da geração de resíduo é representado com setas vermelhas (horizontal e verticalmente). Esta representação visa quantificar e visualizar em que etapas se dão os diferentes tipos de resíduos. O total de resíduos de cada etapa também fica evidenciado ao final de cada processo.

Com esta representação foi possível observar, por exemplo, que todo o resíduo gerado na primeira etapa foi incorporado ao processo produtivo. Já na segunda etapa o resíduo foi parcialmente incorporado ao processo. Todo o excedente foi vendido como insumos para cadeias produtivas de outras áreas.

Foi possível observar também que o volume de resíduos gerados é bem maior na etapa serraria. Este volume (13.543 m³) representa 53,17% do total da matéria prima que entra no processo. Por outro lado, na etapa manufaturado, o volume de resíduos gerados representa 26,62% (6.656 m³) do total de matéria prima. Apesar de percentualmente ser bastante inferior, se for analisado o volume é possível perceber que mesmo no manufaturado este número é bastante alto.

Outro ponto observado é o tipo de resíduo gerado na etapa destopo, que representa 9,16% (2291 m³) da entrada de matéria prima. Este resíduo apresenta boas perspectivas para desenvolvimento de novos produtos, uma vez que se constituem de peças maiores que o cavaco e com imperfeições passíveis de serem aceitas em alguns produtos. Por outro lado, a falta de padronização de suas dimensões tornam-se um desafio a ser enfrentado no projeto destes produtos.

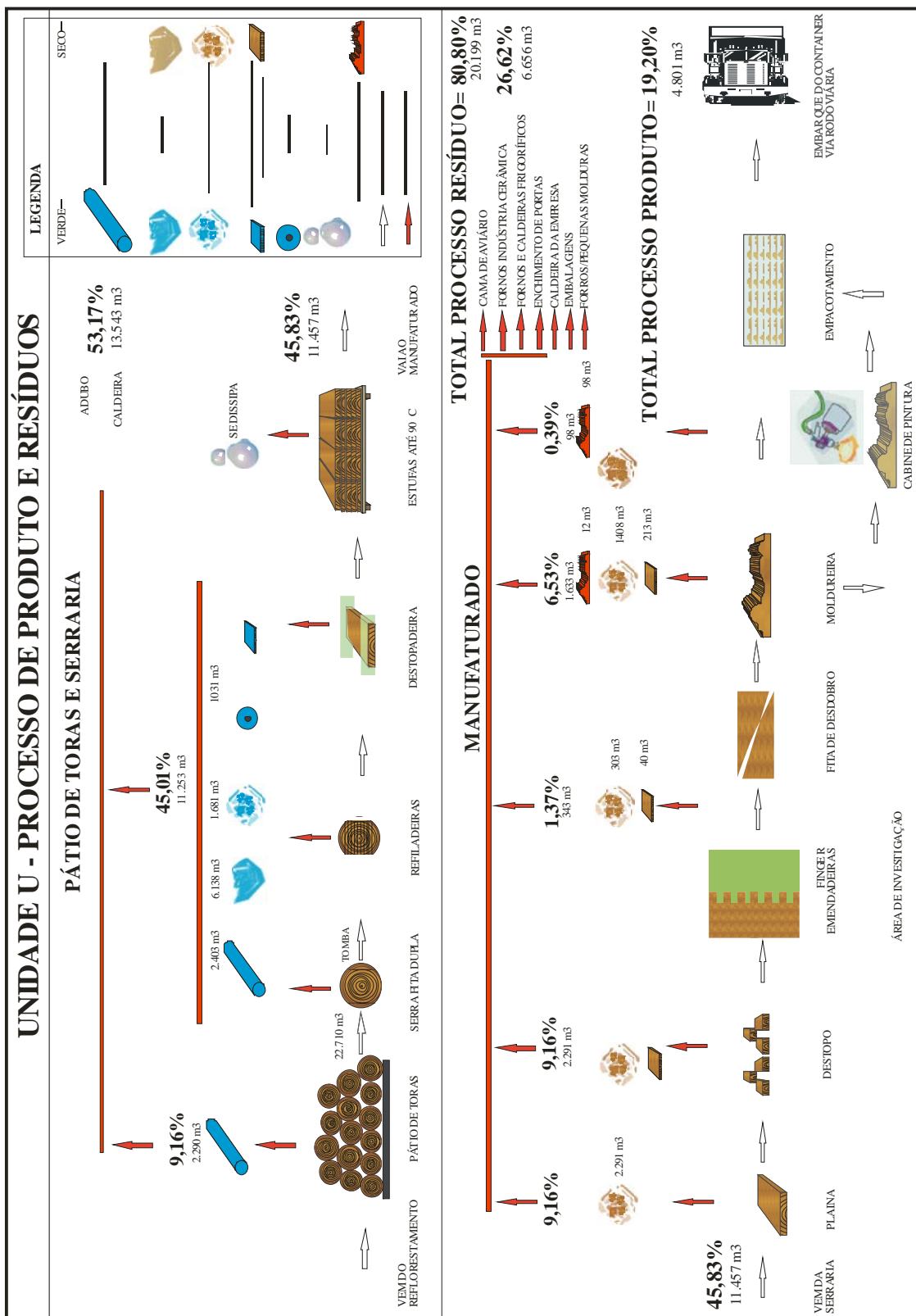


Figura 23 – Processo produtivo da Unidade U

4.2.1 Pátio de toras

O pátio de toras é o local onde são descarregadas as toras que entram no processo produtivo, abastecendo assim a serraria com matéria-prima. As atividades executadas neste local são; o descarregamento dos caminhões advindos dos reflorestamentos, o carregamento na esteira rolante e a classificação da matéria-prima. No mês de março de 2007, a entrada de toras no pátio foi de 25.000m³.

Com a chegada dos caminhões, as toras são descarregadas no pátio. Após, uma carregadeira alimenta a mesa de classificação (figura 24). Por meio de um sensor ótico, as toras são separadas conforme seu diâmetro e colocadas em pilhas de pré-estocagem. Em função da classe da tora (diâmetro), as máquinas são reguladas para obter maior rendimento da madeira. A ponte rolante então, faz o abastecimento da mesa da serraria, A matéria-prima não deverá ficar mais de cinco dias no pátio sob o risco de contrair o fungo *Spkaeropsis sapmea* que causa o azulamento da madeira, comprometendo a qualidade do produto final.



Figura 24 - Pátio de toras

Tomando o mês de março de 2007 como referência, neste processo, foram disponibilizados à serraria 22.710m³ de matéria-prima. Os outros 2.290m³ (9,16%) foram considerados resíduos, principalmente galhos e cascas que se despreendem da tora à medida que é manipulada. Isto ocorre porque existe uma diferença morfológica entre a casca e o caule, fazendo com que

se desprendam facilmente uma da outra. O impacto ambiental que este resíduo pode gerar é a contaminação do solo pelo volume acumulado.

Atualmente a Unidade U utiliza aproximadamente 100% das cascas no processo de adubagem de reflorestamento e do setor de agricultura da empresa. Isto é possível porque as cascas possuem propriedades físico-químicas que contribuem para a correção do solo. Para isto, a empresa faz controle de quantidades, pois como qualquer adubo, deve ser colocada na quantidade exata sob pena de tornar o solo impróprio para o cultivo (tabela 1).

Tabela 1- Quantitativos de resíduo e produto resultante da etapa pátio de tora (março 2007).

	Volume (m³)	Porcentagem (%)	Destino
Cascas, galhos e pontas verdes	2.290	9,16	Adubo Caldeira
Produto semi-acabado	22.710	90,84	Segue no processo (vai para serraria)
Total	25.000	100	

4.2.2 Serraria e Estufas

A serraria transforma as toras em tábuas, procedimento este chamado “desdobro”. A área utilizada para esta função é de 5.364m² e conta com 160 funcionários que trabalham em dois turnos.

As dimensões da matéria-prima têm 2,15m ou 2,70m de comprimento. Esta medida é padronizada pelas colheitadeiras através de programação computadorizada e levam em consideração a diminuição com a secagem e os destopos. As dimensões de diâmetro variam de 17cm a 50cm. Diâmetros abaixo de 17cm são considerados improdutivos e acima de 50cm não são processados pelo maquinário.

A matéria-prima é colocada na esteira alimentadora de toras (figura 25), segue pela esteira de alimentação contínua para, em seguida, chegar à serra fita dupla. Nesta etapa, são retiradas as

costaneiras da tora (figura 26). As costaneiras são tábuas obtidas das extremidades exteriores dos troncos e possuem seção irregular



Figura 25 - Esteira alimentadora sendo abastecida.

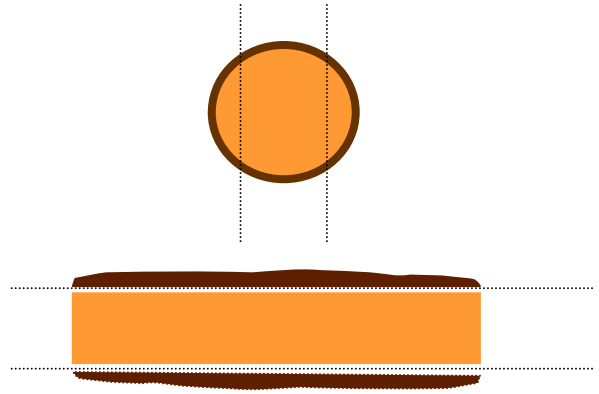


Figura 26 - Retirada de costaneiras.

As costaneiras escorregam por um transportador e seguem rumo ao picador, enquanto o bloco principal é tombado e segue rumo à serra circular. Neste processo sairão tábuas com 41mm de espessura (figura 27). Esta bitola leva em conta a diminuição do volume da tábua em 5% pela secagem nas estufas. O objetivo é alcançar o tamanho de 38mm. Neste processo tenta-se isolar a medula em uma tábua central (figura 28).

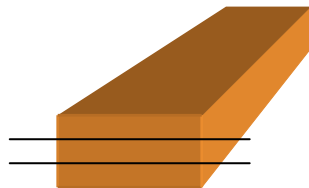


Figura 27 - Sentido do desdobro.

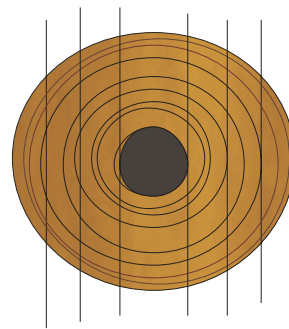


Figura 28 - Posição da medula na tora.

Neste momento, dois funcionários fazem a classificação da matéria-prima. Tábuas que possuem imperfeições com nós ou bolsões de resina são retiradas do processo e seguem para o picador. O produto segue por mesas rolantes e caso haja contaminação detectada nas extremidades, são utilizadas serras circulares destopadeiras para retirá-las (figura 29). Após

este processo, as tábuas estarão prontas para passar para a etapa seguinte. São então classificadas por tamanho e gradeadas para serem levadas às estufas.

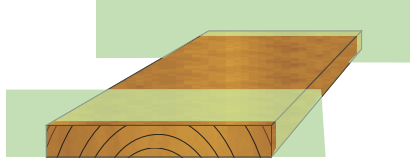


Figura 29 - Retirada dos destopos

Algumas tábuas retiradas do processo anteriormente que por ficarem próximas as cascas não tem a forma desejada (90 graus entre base e altura) são então enviadas para serras refiladeiras circulares para trabalho de refile (figura 30). As costaneiras retiradas deste procedimento são enviadas para o picador.

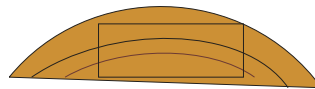


Figura 30 - Refile de costaneira

Continuamente, estas tábuas desdobradas são transportadas para o destopo das pontas e em seguida até o gradeamento e classificação (figuras 31 e 32). Funcionários gradeiam o produto conforme classificações de tamanho. O gradeamento consiste no empilhamento das tábuas com espaçamento em níveis permitindo assim, a passagem de ar e vapor alcançando a superfície de todas as peças.



Figura 31- Destopadeira



Figura 32 - Gradeamento

O tabuado é identificado conforme a bitola e individualizado para cada pedido de cliente ou então, conforme estudo de aproveitamento para a produção de painéis e molduras. Este cálculo é realizado pelo setor de planejamento e controle de produção (PCP). A identificação é feita com marcação da pilha.

As pilhas são então envidas para as estufas e lá permanecem até atingirem o grau de umidade desejado. As estufas operam até 90C°. Em seguida à secagem, são novamente desgradeadas e nova classificação é feita, dependendo de dois fatores: a área de medula na peça e o grau de flexão da tábua. Após esta nova classificação, são empilhadas. O objetivo é maximizar o transporte, com maior carga até o manufaturado.

Ao final deste processo, considerando dados de março de 2007, foram disponibilizados ao setor de manufaturado 11.457m³ de madeira serrada. Considerando-se a entrada de 25.000m³, o aproveitamento representou 45,83%. O restante dos 25.000m³, ou seja, 11.253m³, foi considerado resíduo neste processo. Isto representou 45,01% de resíduos, gerados das serras (maravalha ou serragem verdes) e refiladeiras (costaneiras, destopos e medulas verdes). Todo esse material é enviado para o picador (figura 33).

O material que foi picado pode ser utilizado como adubo, como combustível para as caldeiras ou ser vendido. É possível também que, conforme demanda, ele vá para o secador (figura 34) e dali seja vendido para empresas que utilizem fornos ou caldeiras (tabela 2). Os preços de venda variam em função de sua morfologia e do grau de umidade da madeira. A madeira verde possui grau de umidade de até 100% e a madeira seca em torno de 10 a 12%. Os preços de venda do cavaco seco podem ser 36,85% superiores ao cavaco verde. A diferença entre os preços é justificada pela necessidade de secagem para utilização do cavaco.



Figura 33 - Picador produzindo cavaco



Figura 34 - Depósito de cavaco verde

Tabela 2 - Quantitativo de resíduos e produto na etapa serraria

	Volume (m³)	Porcentagem em relação ao total de entrada (%)	Destino
Cascas, galhos e pontas verdes	2.403	9,61	Adubo Caldeira Secador
Cavaco verde	6.138	25,6	
Maravalha verde	1.681	5,71	
Medula, destopos e peças contaminadas verdes	1.031	4,11	
Produto semi-acabado	11.457	45,82	Segue no processo (vai para a estufa)
Total	22.710	90,85	

Um estudo realizado por Costa (2005) na empresa X, demonstrou que existe relação direta entre baixo aproveitamento da serraria com baixo diâmetro de toras serradas (tabela 3). Proporcionalmente, as toras com maiores diâmetros apresentam menor quantidade de resíduo. As toras com menor diâmetro médio (21,90cm) apresentaram maior porcentagem de cavaco e serragem (70,85% e 15,16% respectivamente). O melhor resultado foi obtido pelas toras de maior diâmetro médio (37,10cm), com 68,39% de cavaco e 13,45% de serragem. Por outro lado, as cascas representaram maior porcentagem nas toras de maior diâmetro médio (37,10cm), resultando em 5,45% para as retiradas no pátio e 12,71% para as retiradas na serraria.

As cascas são problemáticas no desdobro, pois estão contaminadas com areia, terra e pedras. Estes elementos podem causar danos no maquinário (serras ou correias) e também comprometer a segurança, pois pedras podem ser lançadas em algum funcionário. A serragem também resulta em problemas pela dificuldade de queima nas caldeiras. Sua granulometria contribui para o acúmulo de sujeira dificultando a queima e gerando fuligem. Além disso, possui baixo teor calorífico. Toras com maior diâmetro resultam em tábuas com maiores bitolas, o que possibilitam maior aproveitamento.

Tabela 3 -Relação entre diâmetro de toras e geração de resíduos.

Resíduos	Diâmetro médio	Diâmetro médio	Diâmetro médio	Diâmetro médio
	21,90cm	27,68cm	28,99cm	37,10 cm
Cavaco	70,85	71,10	69,68	69,39
Serragem	15,16	14,29	14,04	13,45
Casca pátio	4,20	4,38	4,89	5,45
Casca cavaco	9,79	10,23	11,40	12,71
Total	100%	100%	100%	100%

Fonte: Costa (2005).

4.2.3 Manufaturado

O departamento de manufaturado transforma as tábuas secas em painéis, molduras e componentes. O planejamento é feito com base em dados de produtividade, quebras, paradas

e horas extras, que por sua vez são inseridos no sistema. Com base nesses dados e nos pedidos, faz-se o planejamento. As ordens de produção são repassadas a cada setor, estabelecendo as necessidades, características dos pedidos e prazos.

O início da etapa “manufaturado” se dá com a saída das tábuas das estufas, sendo transportadas por aproximadamente três quilômetros até chegar ao pavilhão do manufaturado. Esta longa distância demonstra que a unidade U foi modificando seu leiaute conforme novas necessidades, porém sem planejamento. Inicialmente, é feito o desempilhamento e em seguida as tábuas são acumuladas no depósito em locais chamados de estaleiros. Cada estaleiro abriga e acumula uma bitola de tábua. Desta forma, separadas por bitolas, diminui-se o tempo de *setup* das máquinas.

O beneficiamento da madeira começa na plaina, que executa a regularização das faces. O número de faces que serão aplainadas vai depender do produto final, mas normalmente aplainam-se duas ou quatro superfícies. Com a madeira aplainada, é feita a classificação onde são retiradas do processo, manualmente, as partes defeituosas e contaminadas (nós, rachaduras, perfurações, contaminações, faciais ou laterais, etc.).

Para a manufatura de molduras, as tábuas livres de imperfeições são enviadas para o conjunto de destopo onde serão cortados em blocos (*blocks*). Os blocos são pedaços livres de imperfeições com comprimento de 400mm até 762mm (figura 35). No fluxo, os blocos descartados são divididos. Os irrecuperáveis são transportados para serem triturados e transformados em cavaco (figura 36). Os passíveis de recuperação são realimentados na produção conforme seus defeitos.

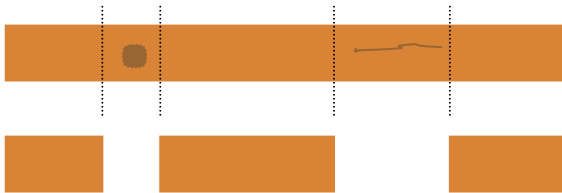


Figura 35- Imperfeições encontradas nos *blocks*



Figura 36- Esteira para picador com peças descartadas

Também são retirados os pedaços livres de imperfeições com um mínimo de 763mm de comprimento (*cut stocks*) os quais são separados para a confecção de painéis. Os *cut stocks* são colados lateralmente um a um e em seguida fatiados na espessura desejada (figura 37). Estas peças possuem valor comercial superior aos *blocks*, entretanto a quantidade de produção é menor.

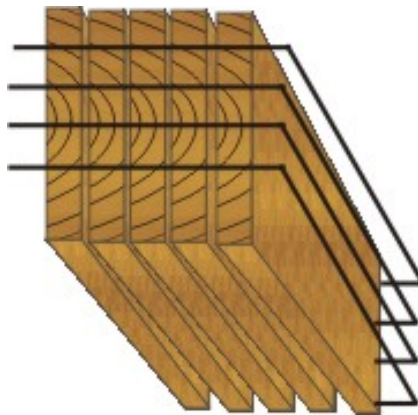


Figura 37 - *Cut stocks* colados e fatiados para produção de painéis.

Os *blocks* são automaticamente remetidos para as emendadeiras (*finger joints*), as quais produzem cavas nas extremidades da madeira para que o início de um *block* se encaixe na extremidade de outro (figura 38). A emendadeira realiza a aplicação de cola solúvel em água em uma das extremidades. Colocados em fila, são prensados para realizar o encaixe perfeito (figura 39). Estas construções, chamadas de *blanks*, são portanto tábuas livres de

imperfeições coladas e cortadas nas medidas desejadas. A empresa também produz, em pequenas quantidades, *blanks* sem emendas, chamados *blanks* sólidos (figura 40).

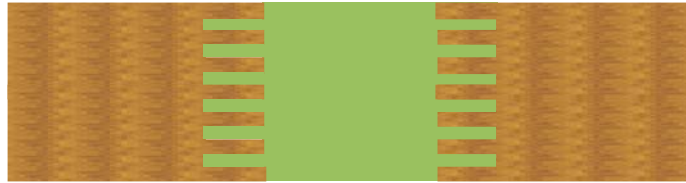


Figura 38 - *Finger joint*



Figura 39 - *Blocks colados*



BLOCKS (4 cm)



CUT STOCKS (7,6 cm)



BLANKS SÓLIDOS OU EMENDADOS (Até 5m)

Figura 40 - *Blocks* (4 cm), *cut stocks* (7,6 cm) e *blanks* (até 5 m)

Os *blanks* são então enviados para as desdobreadeiras, onde são cortados em duas peças longitudinalmente pelas serras fita. Dependendo do perfil da moldura a ser produzida, o corte será horizontal ou diagonal (figuras 41 e 42).



Figura 41- Desdobro horizontal

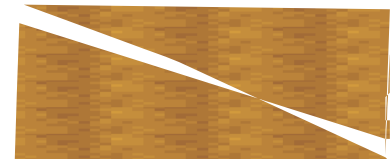


Figura 42 - Desdobro diagonal

Após o corte, as peças seguem para as moldureiras. As moldureiras fazem cavidades no perfil, dando-lhe o desenho desejado (figura 43). Neste corte são utilizadas facas, que são moldes feitos em metal com o exato desenho do perfil que será feito na madeira. As facas são específicas para cada modelo.

Aqui o processo pode tomar dois caminhos. Se o pedido for por moldura não pintada (*primed*) ela será encaminhada para o empacotamento e expedição. Se o pedido for por moldura pintada (*row*), esta receberá fundo de tinta a base de água. O processo inicia-se com o banho de tinta e a moldura é mecanicamente inserida em uma cabine de pintura (figura 44). A tinta é sugada em direção à madeira em um sistema de vácuo. Em seguida, passa pela secagem e em segundos sai pronta para ser embalada.

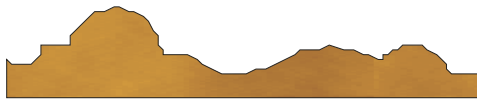


Figura 43 - Exemplo de seção executado pela moldureira



Figura 44 - Moldura entrando na cabine de pintura

A forma como o produto é embalado varia de acordo com o pedido do cliente. Normalmente, os *pallets* são montados sem pregos com travessas entre as molduras. Após, é passado um plástico fino e uma camada de papelão no topo da pilha. Em seguida, é feita a amarração com fita.

O setor de manufaturado gera, como resíduos, maravalha, micro-pó, destopos, madeira contaminada e molduras descartadas. O volume total de produto acabado é de 4.801m³ (19,20%) e o volume de resíduos é de 6.656m³ (26,62%).

A plaina e refiladeira geram 2.291m³ (9,16% do total de resíduos de todo o processo). Este maquinário produz maravalha e serragem secas. Usualmente, a empresa vende este resíduo para empresas frigoríficas como cama para aviários (tabela 4).

Tabela 4 -Quantitativos de resíduo e produtos semi-acabados referentes a etapa plaina(manufaturado)

	Volume(m³)	Porcentagem do total de matéria-prima (%)	Destino

Maravalha e serragem secas	2.291	9,16	Cama para aviários
Produto semi-acabado	9.166	36,66	Segue no processo (vai para destopo)
Total	11.457	45,82	

Na linha destopadeira são gerados três tipos de resíduos: a maravalha, os destopos e peças contaminadas. Juntos, seu volume é de 2.291m³ (9,13%), sendo 122m³ de maravalha e 2.169m³ de destopos e peças contaminadas (tabela 5). A maravalha, assim como na etapa anterior, é destinada às camas de aviário. Os destopos e as peças contaminadas podem tornar-se enchimento de porta em indústrias de esquadrias. Normalmente, nestas indústrias são usados pedaços que contém nós, pois esses são de difícil queima em caldeiras. Outros possíveis destinos são fornos de indústrias cerâmicas, fornos e caldeiras de frigoríficos ou o abastecimento da caldeira da própria unidade.

Tabela 5 -Quantitativos de resíduo e produtos semi-acabados referentes a etapa destopadeira (manufaturado).

	Volume(m ³)	Porcentagem do total de matéria-prima (%)	Destino
Maravalha e serragem secas	122	9,16	Cama para aviários
Destopo e peças contaminadas	2.169		Enchimento de portas Fornos cerâmicos Fornos e caldeiras de frigoríficos Uso interno (caldeira)
Produto semi-acabado	6.875	27,5	Segue no processo (vai para destopadeira)
Total	9.166	36,66	

As emendadeiras e a desdobradeira produzem juntas 343m³ de resíduos (1,37%). Destes, 303m³ são de maravalha e 40m³ são de destopos (tabela 6). Os destinos são os mesmos da etapa anterior.

Tabela 6 - Quantitativos de resíduo e produtos semi-acabados referentes à etapa emendadeira (manufaturado).

	Volume(m³)	Porcentagem do total de matéria-prima (%)	Destino
Maravalha e serragem secas	303	1,37	Cama para aviários
Destopo e peças contaminadas	40		Enchimento de portas Fornos cerâmicos Fornos e caldeiras de frigoríficos Uso interno (caldeira)
Produto semi-acabado	6.532	26,12	Segue no processo (vai para destopadeira)
Total	6.875	27,49	

Nas moldureiras, onde os *blanks* desdobrados se transformaram em molduras, o volume de resíduos é de 1633m³ (6,53 %). Destes, 12m³ são de molduras desclassificadas que podem ser vendidas para a indústria de construção civil como forros ou então podem servir como guias nos *pallets* de empacotamento do produto acabado. A maravalha (1408m³) e os destopos (213m³) terão os mesmos destinos das etapas anteriores (tabela 7).

Tabela 7 - Quantitativos de resíduo e produtos semi-acabados referentes a etapa moldureira (manufaturado).

	Volume(m³)	Porcentagem do total de matéria-prima (%)	Destino
Maravalha e serragem secas	1.408	6,53	Cama para aviários
Destopo e peças contaminadas	213		Enchimento de portas Fornos cerâmicos Fornos e caldeiras de frigoríficos Uso interno (caldeira)

Molduras descartadas	12		
Produto semi-acabado	4.899	19,6	
Total	6.532	26,13	

Apesar do resíduo já ser encarado pela empresa como subproduto, os valores de venda ainda são baixos. Apenas as peças contaminadas não são utilizadas em fornos e caldeiras como geração de energia. Ainda assim, os destopos são empregados como parte pouco nobre de produto, sendo utilizada em partes não visíveis do produto acabado. Tanto medulas como nós são desprezados por apodrecerem rapidamente, desprendendo-se do restante da peça.

Ao final do processo, apenas 4.801m³ de matéria-prima resultou em produto acabado. O restante, 20.199m³ (80,80%) resultou em resíduo (tabelas 8 e 9). Embora este resíduo tenha um custo de produção, a empresa ainda não tem dados precisos do mesmo. Um exemplo disto, está na destopadeira, que embora seja necessária na manufatura do produto produz alto volume de resíduo.

Tabela 8 - Resumo de quantitativos de resíduos e produto acabado referentes a unidade U

	Volume(m³)	Porcentagem do total de matéria-prima (%)
Matéria-prima	25.000	100
Resíduo	20.199	80,80
Produto acabado	4.801	19,20

Tabela 9 - Quantitativos gerais de resíduos e produto acabado referentes a unidade U

	Volume(m³)	Porcentagem do total de matéria-prima (%)	Origem	Destino
Matéria-prima			<i>Reflorestamento</i>	<i>Adubo</i>
Cascas, galhos e pontas verdes	4.693	45,01	<i>Pátio de toras Serraria</i>	<i>caldeira</i>

<i>Cavaco verde</i>	6.138		<i>Serraria</i>	
<i>Maravalha verde</i>	1.681		<i>Serraria</i>	
<i>Medulas, destopos e peças contaminadas verdes</i>	1.031		<i>Serraria</i>	
<i>Maravalha, serragem e micro-pó secos</i>	4.124	6,53	<i>Manufaturado</i>	<i>Cama para aviários</i>
<i>Destopo e peças contaminadas secas</i>	2.422		<i>Manufaturado</i>	Enchimento de portas Fornos cerâmicos Fornos e caldeiras de frigoríficos Uso interno (caldeira)
<i>Molduras descartadas</i>	110	0,044	<i>Manufaturado</i>	<i>Construção civil</i>
<i>Produto acabado</i>	4.801	19,20	<i>Manufaturado</i>	
<i>Total</i>	25.000	100		

4.3 Características dos resíduos de *pinus* e *araucária angustifólia* gerados no processo produtivo da Unidade U

Na unidade U são gerados resíduos sólidos (resíduos de madeira) e efluentes (vapor e água). O efluente, na produção, resulta da secagem da madeira pelas estufas, procedimento necessário para que o produto final não empene, envergue ou rache. Este resíduo se dissipa no ar e não gera problemas, pois a madeira que é secada nas estufas não sofre tratamento químico. A madeira é considerada seca quando sua taxa de umidade está entre 10% a 14%. Após a secagem, a madeira perde em média 5% do volume inicial dos resíduos.

Os resíduos sólidos podem ser puros (somente madeira) ou misturados ao óleo do maquinário, à tinta de fundo ou à cola. O restante do resíduo é composto de madeira sem

aditivos. Dependendo da etapa em que é gerada, pode ser verde ou seca. No pátio de toras e serraria são verdes (teor de umidade até 100%). Se forem geradas no manufaturado serão consideradas secas (10 a 14% de umidade). A descrição a seguir seguiu critério de morfologia e granulometria.

4.3.1 Galhos, pontas, cascas e costaneiras

A casca é a parte exterior da árvore e é responsável pela proteção do caule. Possui coloração marrom e textura áspera. Por não ser homogênea e se desprender facilmente do restante da tora, não é utilizada como matéria-prima. Pequenos galhos que não foram retirados no reflorestamento, quando da colheita da árvore, são igualmente considerados resíduos no processo.

As costaneiras são as áreas externas do tronco da árvore que por possuir formato cilíndrico são difíceis de serem trabalhadas (figuras 45 e 46). Estes resíduos são gerados no pátio de toras (cascas, pontas e galhos) e na serraria (cascas e costaneiras).



Figura 45 - Área de costaneiras.



Figura 46 - Costaneiras entrando no picador.

4.3.2 Cavaco verde e cavaco seco

O cavaco (figura 47) é gerado na serraria e no manufaturado, sendo proveniente de operações nas serras e picadores. Pode ser de dois tipos:

- a) Cavaco Verde: madeira com granulometria média de 2cm x 4cm x 8cm e taxa de umidade em torno de 70%. Seu poder calorífico é de aproximadamente 920kcal/kg e seu peso específico aproximado é de 620 kg/m³. É proveniente das serras;
- b) Cavaco Seco: madeira com granulometria média de 2cm x 4cm x 8cm e taxa de umidade em torno de 10%. Seu poder calorífico é de aproximadamente 3.930 kcal/kg e seu peso específico aproximado é de 100 kg/m³.



Figura 47 - Cavaco verde.

4.3.3 Maravalha verde e meravalha seca

A maravalha é constituída de lascas muito finas e leves, sendo muitas vezes espiraladas (figura 48). São oriundas das plainas do manufaturado.



Figura 48 - Maravalha seca

4.3.4 Serragem verde, serragem seca e micro-pó

A serragem é constituída de grânulos que se assemelham à farinha de mandioca (figura 49). São geradas, tanto nas serras da serraria quanto do manufaturado.

O pó ou micro-pó é gerado no manufaturado e possui baixa granulometria, assemelhando-se ao aspecto do talco. O setor de manufaturado possui um sistema de aspiração do pó, acoplado às máquinas lixadeiras e politrizes (figura 50). Seu destino é a venda para empresas que o utilizam em fornos cerâmicos e caldeiras.



Figura 49 - Serragem verde



Figura 50 - Sistema de aspiração do micro-pó

4.3.5 Destopos e peças contaminadas

Os destopos são peças com defeitos de corte ou pontas danificadas. São provenientes da serraria (verdes) ou do manufaturado (secos). O tamanho médio das peças é variável. As peças contaminadas são pedaços de madeira que possuem aspectos visuais, de textura ou propriedades físicas diferentes da madeira utilizada. Podem ser por características da própria árvore (nós, bolsas de resina, etc) ou por falhas do processo produtivo (trincas e falhas de plaina). As peças encontradas com maior frequência são:

- a) avermelhados e sardas: pintas avermelhadas de aproximadamente 1mm de diâmetro; a madeira também adquire coloração avermelhada próxima ao local (figura 51);
- b) trincas: pequenas rachaduras de tamanhos variados;
- c) nós: elipses de tamanho variável e coloração marrom avermelhado escuro; pode desprender-se da peça causando um orifício na mesma (figura 52);
- d) esmoado: cascas, falhas de plaina, nós, bolsas de resina;
- e) azulada: manchas de coloração azulada e formato elíptico (figura 53);
- f) olho de peixe: mancha de coloração marrom escura, semelhante ao nó, de diâmetro aproximado de 3mm;
- g) bolsa de resina: manchas de formatos variados constituído de resina (figura 54);
- h) medula: parte central da árvore de onde se desenvolve o tronco; normalmente mais macia e mais escura que o restante do tronco, apodrece com maior facilidade, ocasionando seu descolamento do resto da estrutura; a classificação de medulas é feita da seguinte forma:
 - medula lateral: na lateral da peça;
 - medula louca: não orientada, atravessando a peça na diagonal;
 - medula facial: aparece em uma das faces da peça (figura 55);.
- i) batida: reentrâncias na madeira de tamanho e formato variados, ocasionados por tombamentos, mal acondicionamento, mal uso de ferramentas, etc;
- j) falha de plaina (lateral ou superficial): textura que causa aspereza em parte da peça ocasionado pelo mau funcionamento de plaina.



Figura 51 - Avermelhado



Figura 52 - Nó



Figura 53 - Azulado e olho de peixe



Figura 54 - Bolsa de resina



Figura 55 - Medula facial

Figura 56 -Peças contaminadas e destopos indo para o picador

Os destopos e peças contaminadas podem ir para o picador (figura 56) onde serão transformados em cavaco para a produção de energia (consumo interno ou venda) ou serão vendidos para fabricantes de portas como enchimento.

4.3.6 Molduras descartadas

As molduras descartadas (figura 57) são resíduos que foram manufaturados, mas que por falhas de equipamentos não passaram no controle de qualidade. Os principais destinos são a venda para empresas de material de construção, onde serão utilizadas como forro ou então serão utilizadas no gradeamento do produto acabado.



Foto 57- Molduras descartadas

5 APLICAÇÃO DE INSTRUMENTO DE VERIFICAÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS (CHECK LIST) DE ECHEVESTE *et. al.* (2002) NA EMPRESA X

5.1 Check list de Echeveste *et. al.* (2002) na Empresa X

5.1.1 Aspectos mercadológicos

Neste grupo, o percentual de respostas positivas (sim), foi de 80%. O respondente da área comercial relata que a empresa faz pesquisas de mercado em feiras internacionais do setor ou através do contato direto com potenciais clientes. Estas pesquisas informais apontam uma maior demanda por produtos ‘verdes’ na Europa e em muitas situações, o fato de ter o selo verde é determinante para a empresa fechar negócios com clientes.

	S	P	N	NA	NS
Na fase de conceituação do produto, foi realizada pesquisa de mercado	X				
As características “verdes” do produto são utilizadas como propaganda	X				
O produto está tendo boa aceitação de mercado	X				
Existem planos para desenvolver novos produtos verdes	X				
A empresa tem pessoal capacitado para desenvolver projetos verdes		X			

S=sim P=parcialmente N=não NA=não se aplica NS=não sabe

Figura 58 - Resultado do grupo de questões relacionadas aos aspectos mercadológicos

As características “verdes” são utilizadas como propaganda em todo o material gráfico e em seu *site* através do selo do FSC e a aceitação de produtos pelo mercado é medida através de conversas com os clientes e da quantificação de volume de pedidos. A empresa acredita também ter um mercado consolidado, porém busca desenvolver novos produtos permanentemente. Este dado se reflete na crescente quantidade de novos produtos testados e oferecidos aos clientes, segundo o respondente.

Estes produtos são desenvolvidos na fábrica e envolvem os departamentos comercial, industrial e de desenvolvimento de produto. Por conhecer o mercado e as características da matéria-prima, a

empresa acredita ter pessoal capacitado para desenvolver projetos verdes. Embora a resposta à pergunta “A empresa tem pessoal capacitado para desenvolver projetos verdes” seja sim por parte dos funcionários, alguns indicativos como a recente criação do setor de desenvolvimento de produto, o número reduzido de funcionários neste setor, e dúvidas com relação à “expressão verde” sugerem que a empresa ainda precisa fortalecer esta área com treinamento e qualificação de funcionários e aumento de pesquisas. Neste caso, a pesquisadora atribuiu à pergunta “A empresa tem pessoal capacitado para desenvolver projetos verdes” a resposta “parcialmente” ao invés do “sim” respondido pelo funcionário.

5.1.2 Matérias-primas

Neste grupo, o percentual de respostas positivas foi de 50%. Um ponto favorável é a adoção de práticas que minimizam o impacto na extração de matéria-prima sobre o ecossistema. Estas práticas se dão pelo atendimento às normas e legislações nas etapas de plantio, desbaste, poda e extração dos reflorestamentos. Como exemplo são citados o atendimento ao espaçamento necessário entre mudas durante o plantio e a prática de podas na idade correta da planta. Além disso, são mantidas áreas de preservação de florestas permanentes, proteção de mananciais e nascentes de água e a Reserva do Patrimônio Natural (RPPN).

	S	N	P	NA	NS
São adotadas medidas para minimizar o impacto na extração de matérias primas sobre o ecossistema	X				
As matérias-primas são renováveis	X				
As matérias-primas são leves, facilitando o transporte até a fábrica			X		
São adotadas medidas para garantir o uso racional de água e energia no processo de extração			X		

S=sim P=parcialmente N=não NA=não se aplica NS=não sabe

Figura 59 - Resultado do grupo de questões relacionadas às matérias-primas

Outro ponto favorável é a utilização de matéria-prima renovável e, além disso, reflorestada. Esta característica confere ao produto um caráter sustentável, uma vez que permite seu acesso às gerações futuras.

Por outro lado, a questão “As matérias-primas são leves, facilitando o transporte até a fábrica” permite duas interpretações. Primeiramente, o *pinus* e a *araucária* podem ser considerados leves, se comparados a outras espécies de madeira, pois se trata de uma espécie de baixa densidade (conífera). Por outro lado, se comparados ao plástico (outra matéria-prima utilizada para o mesmo fim) serão considerados pesados. Por esta razão, a questão foi considerada como parcialmente verdadeira.

No item sobre uso racional de água e energia durante a extração, a resposta foi positiva por não utilizar água em seu processo de extração, contudo durante o desbaste são utilizadas colheitadeiras com alimentação por óleo diesel. Além disso, os caminhões que fazem o transporte das toras dos reflorestamentos até a empresa também utilizam o mesmo combustível, colocando em dúvida a totalidade das ações de baixo impacto ambiental. Neste item, novamente houve intervenção da pesquisadora que atribuiu “parcialmente” ao invés de “sim” para a resposta da pergunta.

5.1.3 Processos de produção

Neste grupo, o percentual positivo foi de 75%. O processo é considerado atóxico, uma vez que utiliza cola e tinta solúveis em água e óleo biodegradável no maquinário.

	S	N	P	NA	NS
O processo de produção é atóxico	X				
São adotadas medidas para garantir o uso racional de água e energia no processo de produção	X				
O processo não gera subproduto/resíduo que sejam tóxicos ou perigosos	X				
As sobras de materiais são reutilizadas no próprio processo de produção original, ou em outro processo qualquer no âmbito da empresa			X		

S=sim P=parcialmente N=não NA=não se aplica NS=não sabe

Figura 60 - Resultado do grupo de questões relacionadas aos processos de produção

Em função disto, o processo não gera subprodutos ou resíduos tóxicos ou perigosos. Todas as sobras são utilizadas no processo ou então vendidas para outras empresas. Se por um lado o volume de resíduos é alto, por outro, ele é visto pela empresa como subproduto, porém com baixo pouco valor agregado.

5.1.4 Produto

O percentual de respostas positivas neste grupo foi de 53,84%. Apesar de obter alto desempenho, observou-se a necessidade de fortalecimento da área de desenvolvimento de produto, pois a quantidade de matéria-prima desperdiçada com a produção e pouco conhecimento de algumas ferramentas de desempenho ambiental, tais como análise de ciclo de vida, tornam evidentes esta necessidade. Maiores investimentos em treinamento de pessoal, incorporação de especialistas e pesquisas na área contribuiriam para o melhor desenvolvimento desta área.

	S	N	P	NA	NS
É atóxico	X				
Tem maior vida útil que o similar	X				
É mais fácil de desmontar, remontar e consertar do que o similar	X				
É modulável			X		
É atualizável (flexível para incorporar inovações)			X		
É adequado ao uso (fácil manuseio)	X				
É de fácil instalação	X				
É elaborado com material reciclado, total ou parcialmente			X		
Funciona com baixo consumo de água e energia, em comparação com os similares				X	
Usa o mínimo de embalagem, em comparação com os similares					X
A embalagem é reciclável em comparação aos similares					X
O produto representa uma evolução de um produto anterior			X		
A empresa tem potencial para desenvolver novos produtos verdes	X				
A empresa preocupa-se em desenvolver novos projetos voltados ao <i>ecodesign</i> nos próximos anos	X				

S=sim P=parcialmente N=não NA=não se aplica NS=não sabe

Figura 61 -Resultado do grupo de questões relacionadas aos produtos

O produto foi considerado atóxico pelo tipo de matéria-prima usada e por não envolver substâncias tóxicas na extração e no processo produtivo. De acordo com a percepção da pesquisadora, que trabalha como arquiteta e utiliza produtos similares, também foi classificado como adequado ao uso e de fácil instalação. Os processos de manuseio e instalação, porém não foram alvos de investigação aprofundada, pois demandariam tempo para a investigação da análise do ciclo de vida, além disso, clientes e consumidores do produto encontram-se fora do Brasil, dificultando a observação do uso e do descarte do produto.

Os produtos são considerados modulares uma vez que alguns deles, já vem com sistemas de encaixe para montagem (guarnições de portas, por exemplo) além disso possuem tamanhos padronizados pré-definidos pelo cliente. Já na questão sobre flexibilidade do produto para atualizações, apesar da resposta ser “não se aplica” por não se tratar de um produto que requeira modificações rotineiras, é possível fazer a substituição de peças danificadas já que existe modularidade nas dimensões.

Na questão sobre a utilização de material reciclado no processo produtivo foi atribuída a resposta “parcialmente”. Apesar da empresa não utilizar o seu produto comercializado anteriormente na manufatura de novos produtos, alguns resíduos resultantes do processo são utilizados como matéria-prima para outros processos da cadeia produtiva tais como: a utilização do cavaco na produção de energia, a utilização do micro-pó e cola como preenchimento de pequenas imperfeições e a utilização de molduras defeituosas na montagem das embalagens.

Por outro lado, os funcionários tiveram dificuldade em fazer comparações aos similares. Isto se deve ao fato de que é possível comparar com similares que: a) usam a mesma matéria-prima (*pinus taeda* e *araucária angustifolia*); b) usam matérias-primas similares, porém de outras espécies (eucalipto, por exemplo) ou; c) usam matérias-primas totalmente diferentes, mas com a mesma função (PVC ou gesso). Nos dois primeiros casos, os respondentes disseram que a empresa possui melhor tecnologia nos processos de emendas e nos fatores “selo verde” e certificação, que algumas empresas não possuem. Em relação aos produtos que exercem mesma função porém são feitos com outras matérias primas e tem diferentes processos de manufatura,

aspectos como leveza, facilidade de montagem e desmontagem poderiam ter desempenho melhores, porém, não refletiriam questões mercadológicas, uma vez que não atingem o mesmo tipo de cliente. Neste setor de mercado, produtos em madeira, atingem consumidores com maior poder aquisitivo se comparados a outros materiais.

As embalagens da empresa não foram comparadas com outras de empresas concorrentes por falta de conhecimento de embalagens dos similares, porém se analisadas individualmente observa-se que são feitas de materiais recicláveis (madeira, papelão e plástico). Quanto ao produto representar uma evolução de uma versão anterior, a resposta foi “parcialmente”, uma vez que a empresa faz constantes mudanças no sistema de manufatura, sistemas de colagens e pintura. Entretanto, isso não configura modificação radical do produto.

Nos itens “a empresa tem potencial para desenvolver produtos verdes” e “a empresa preocupa-se em desenvolver novos projetos voltados ao *ecodesign* nos próximos anos”, também as respostas foram positivas, uma vez que a idéia é dar continuidade nos projetos de melhorias dos produtos existentes e na criação de novos produtos com as mesmas características “verdes”.

5.1.5 Marketing Ambiental

	S	N	P	NA	NS
O produto tem valor de mercado	X				
Pratica o direito de acesso público à informação ambiental	X				
Há estrutura de coleta de embalagens e produtos no pós uso		X			

S=sim P=parcialmente N=não NA=não se aplica NS=não sabe

Figura 62 - Resultado do grupo de questões relacionadas ao marketing ambiental

Nesta seção, a empresa considerou que seu produto tem valor de mercado, uma vez que tem sua marca consolidada junto aos clientes e que, além disso, pratica o direito de acesso público a informação ambiental divulgando no site ações relacionadas ao tema.

Por outro lado, a empresa não tem estrutura de coleta de embalagens e produtos descartados e desconhece o destino dos mesmos demonstrando carência no conhecimento do ciclo de vida do produto. Por esta razão, a porcentagem de respostas positivas foi de 66,6%.

5.1.6 Manejo Ambiental

O grupo de questões sobre manejo ambiental obteve 50% de respostas positivas. A resposta para a prática de prevenção de resíduos na fonte foi positiva. O respondente exemplificou esta prática como a calibragem periódica do maquinário a fim de evitar derramamento de óleo. Apesar disto, o mapeamento do processo produtivo demonstrou através do elevado volume de resíduos que esta prática não é suficiente.

	S	N	P	NA	NS
Pratica a prevenção de resíduos na fonte de produção			X		
Inexistem despejos (tóxicos ou não) em aterros	X				
Inexiste incineração	X				
É feita reciclagem primária na empresa			X		
É feita reciclagem secundária fora da empresa	X				
São adotados padrões elevados de saúde e segurança no trabalho			X		

S=sim P=parcialmente N=não NA=não se aplica NS=não sabe

Figura 63 - Resultado do grupo de questões relacionadas ao manejo ambiental

Não são praticadas incinerações de resíduos na empresa. A empresa pratica a reciclagem primária de alguns resíduos na geração de energia (cavaco e serragem), no acabamento de pequenas imperfeições de molduras (micro-pó e cola) e na montagem de embalagens (molduras descartadas). A reciclagem secundária é praticada através da venda de cavaco e serragem para empresas que possuem caldeiras e fornos, tais como frigoríficos e indústrias cerâmicas. A maravalha seca é vendida para aviários que a utilizam como forração de gaiolas. São também vendidos destopos para enchimento de portas nas empresas que fabricam esquadrias. Além disso, são vendidos também papel, plástico e metais provenientes do setor administrativo e do refeitório para uma empresa especializada em reciclagem.

Na questão sobre saúde e segurança foi salientada a falta de maior treinamento e, ações preventivas na área de segurança, além de melhores equipamentos para os técnicos desta área.

5.1.7 Conformidade Ambiental

No grupo de questões sobre conformidade ambiental, a porcentagem de respostas positivas foi de 75%. As questões sobre legislação e cumprimento de normas, além da adoção do selo verde representam um fator já incorporado por parte da empresa. Por outro lado, aspectos como agressões à camada de ozônio, apesar de serem respondidas positivamente deveriam ser alvo de estudos mais aprofundados, uma vez que, são utilizados combustíveis poluentes durante a poda, o desbaste, a extração e o transporte.

Nas afirmações: “inexiste prejuízo à biodiversidade” e: “inexiste comercialização de espécies em extinção”, o funcionário respondeu “sim”, porém foi atribuída a resposta “parcialmente” para ambas. Na primeira afirmação, a justificativa para a mudança recai sobre o fato de que apesar de estar se reflorestando uma área, não está se reconstruindo a biodiversidade original do espaço, logo, outras espécies que se encontravam ali inicialmente não estarão mais presentes. Na segunda afirmação a resposta final foi “parcialmente”, pois a *araucária* consta na lista do IBAMA como uma espécie em extinção. Neste caso, não foi atribuída a resposta “não” uma vez que o reflorestamento desta espécie, que é o maior do mundo, foi feito pela própria empresa.

	S	N	P	NA	NS
A empresa atende a legislação ambiental, em nível federal, estadual e municipal	X				
O produto possui selo verde ou similar	X				
Os processos e produtos são inofensivos a camada de ozônio	X				
Os processos não poluem mares e rios	X				
Inexistem prejuízos a zonas úmidas (florestas, matas e mangues) de importância internacional	X				
Inexiste prejuízo à biodiversidade			X		
Inexiste uso de POPs (poluentes orgânicos persistentes)	X				
Inexiste comercialização de espécies em extinção			X		

S=sim P=parcialmente N=não NA=não se aplica NS=não sabe

Figura 64 - Resultado do grupo de questões relacionadas a conformidade ambiental

5.1.8 Comunicação Ambiental

Na questão única sobre divulgação de políticas e práticas ambientais a resposta da empresa foi positiva e o percentual foi 100%. Para os consumidores, esta divulgação é feita através do site, onde são dadas informações sobre as certificações, a criação e manutenção da RPPN, os programas e projetos, tais como o projeto boa vizinhança e a horta comunitária.

No projeto boa vizinhança, implantado recentemente em função de assentamentos de reforma agrária, são desenvolvidas parcerias na prevenção de incêndios florestais e no tratamento de problemas de saúde e educação. Já no projeto da horta comunitária, é descrito no site que crianças e adolescentes de 10 a 16 anos pertencentes à comunidade, são atendidos no programa através do ensino do cultivo de legumes e verduras sem agrotóxicos.

Além disso, a empresa descreve também que contribui com 70% da arrecadação do município e que, possui um sistema de controle de caça, pesca e extrações ilegais, torre de incêndio, treinamentos e manuais de procedimentos.

	S	N	P	NA	NS
A empresa divulga sua política e práticas ambientais	X				

S=sim P=parcialmente N=não NA=não se aplica NS=não sabe

Figura 65 - Resultado da questão relacionada à comunicação ambiental

A comunicação para os funcionários é feita através de um jornal de circulação interna onde são enfocadas políticas e práticas ambientais e sociais. Além disso, a empresa possui uma fundação onde é prestado atendimento médico, odontológico, ambulância, serviços de enfermagem e planos de saúde.

5.1.9 Comparação entre resultados do estudo de caso e de estudo de Echeveste *et. al.* (2002)

Através da aplicação do *check list* e do cálculo de porcentagens para respostas positivas (sim), foi possível comparar o desempenho ambiental da empresa X com as empresas pesquisadas por Echeveste *et. al.* (2002). A empresa X obteve melhor desempenho no grupo de comunicação ambiental, com 100% de respostas positivas. Aspectos relativos à divulgação de políticas e práticas ambientais contribuíram na obtenção deste resultado. Por outro lado, os grupos de afirmações sobre matérias-primas e manejo ambiental tiveram menores porcentagens de respostas positivas (50%).

A dificuldade para o transporte de matérias-primas em função de sua pouca leveza foi considerado um aspecto negativo neste grupo de respostas. Além disso, a utilização de óleo diesel no maquinário de extração e nos caminhões reduziu o número de afirmações positivas. Por outro lado, medidas racionais de energia, recursos renováveis e atoxidade foram considerados aspectos positivos.

No grupo de afirmações sobre manejo ambiental, contribuíram como resultados positivos a calibragem periódica dos equipamentos, a inexistência de incinerações e a prática de reciclagem secundária. Por outro lado, o elevado volume de resíduos gerados e a falta de maior número de ações relacionadas à saúde e à segurança dos funcionários contribuíram para diminuir o desempenho neste grupo de afirmações.

A avaliação confirmou algumas conclusões obtidas por Echeveste *et al.* (2002). Assim como nas empresas pesquisadas por aqueles autores, salientam-se como pontos positivos a) o interesse em desenvolver novos produtos verdes; b) a utilização parcial de sobras de materiais e; c) o entendimento de que o mercado tende a valorizar as características verdes dos produtos. Como ponto negativo, aqueles autores observaram a carência de pessoal capacitado para desenvolver novos projetos verdes.

Este estudo apresentou maior número de respostas positivas (sim) do que o estudo de Echeveste *et al.* (2002) (figura 66). Como possível causa desta diferença nos resultados, poderia ser citado o fato de que as indústrias pesquisadas são de setores diferentes (eletro-eletrônicos, metal-mecânico e químicos) da empresa X, tendo por vezes processos produtivos e insumos tóxicos. Outras possíveis causas poderiam ser as restrições tecnológicas que impedem a utilização de matérias primas renováveis ou de menor impacto ambiental. Por fim, a disposição em aterros, a ausência de certificações ambientais e a pouca preocupação no uso racional de energia contribuíram para um menor desempenho nas porcentagens de Echeveste *et al.* (2002).

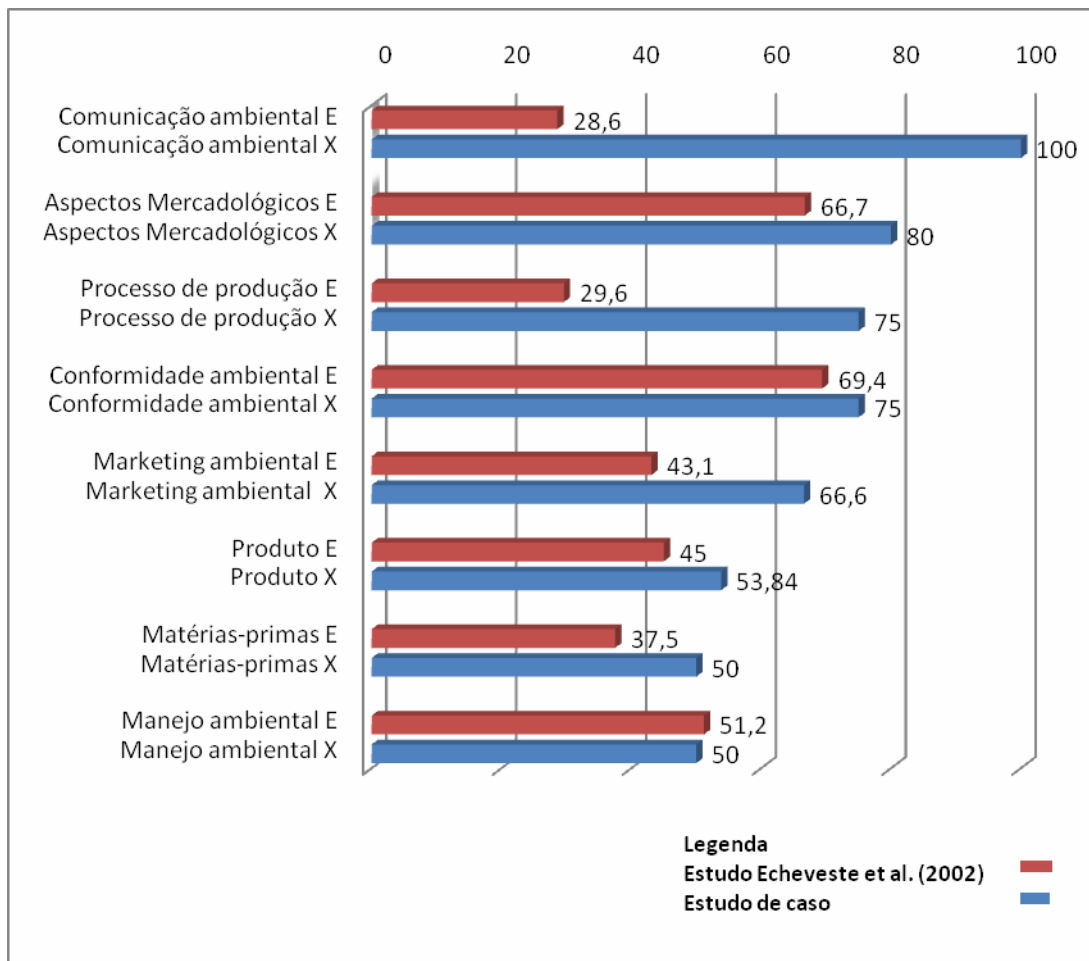


Figura 66 - Notas comparadas ao estudo de Echeveste et al, (2002).

5.2 Classificação das perdas ambientais

A aplicação do *Lean Environment Toolkit*, ferramenta baseada no sistema de produção enxuta, demonstrou que existem perdas relativas ao processo produtivo em quase todos os itens avaliados.

5.2.1 Retrabalho

Neste grupo, foram relatadas diversas perdas no processo produtivo. Inicialmente, alguns lotes de madeira saem das estufas com percentual de umidade acima do permitido. Isto acaba ocasionando desperdício de tempo, energia, mão-de-obra e depreciação das estufas. Estas perdas

poderiam estar relacionadas a falhas de calibragem das estufas ou ainda, a identificação incorreta do grau de umidade da madeira.

Na área de manufaturado, painéis e *boards* são colados fora das dimensões de projeto, mal lixados ou perfilados fora das especificações. Os desperdícios ocasionados são de energia, tempo, insumos (cola), maquinário e mão de obra. As possíveis causas poderiam ser maquinário ineficiente ou programado incorretamente, problemas de *set up*, falhas de projeto ou número de funcionários insuficientes para a função.

Os *blanks* podem ser produzidos com emendas abertas e os *cut stocks* mal classificados. Isto gera, além dos mesmos desperdícios anteriores, baixo aproveitamento de material. Nas molduras ocorrem problemas na classificação e na recuperação de molduras mal feitas. Quando estas são pintadas, podem eventualmente apresentar falhas no acabamento. Embora investigações específicas sejam necessárias, os problemas relativos à classificação podem decorrer de causas tais como o ritmo de trabalho intenso ou pouca capacitação técnica por falta de funcionários.

Outra possível causa de retrabalho, embora não relatada pelo funcionário, mas observada durante o levantamento de dados, está no volume de resíduos gerados no pátio de toras. Este material (galhos, pontas e cascas) poderia ser retirado e picado no reflorestamento, já que voltarão posteriormente para este espaço e serão utilizados como adubo.

5.2.2 Espera e superprodução

No grupo de desperdícios por espera, foi relatada a falta de toras no pátio para serem desdobradas. Nas estufas, assim como no pátio de toras, falta madeira serrada para secar. O resultado é maquinário e mão-de-obra ociosos. As possíveis causas da falta de matéria-prima podem estar relacionadas a problemas com transportes e alocação de pessoal ou baixo estoque nos reflorestamentos. Os impactos ocasionados por esta perda são gastos de energia e tempo e depreciação do maquinário.

Como o manufaturado depende do abastecimento de matéria-prima da serraria e das estufas, quando ocorre a falta de madeira nestes setores, o efeito se reflete diretamente no setor. Foram relatadas falta de madeira seca em estoque, falta de *blanks* para serem usinados, falta de molduras ou *boards* para serem pintados, falta de *cut stock* para serem colados e produtos para serem lixados ou perfilados.

No item superprodução, não foram relatados desperdícios, uma vez que não é manufaturado nenhum tipo de produto sem ordem de produção. Entretanto, foram observadas grandes quantidades de molduras produzidas e não aproveitadas por falhas. Este procedimento poderia ser considerado superprodução, uma vez que obriga a empresa a produzir volume superior ao que havia sido programado.

5.2.3 Transporte

O transporte de madeira do reflorestamento até o pátio de toras e do pátio até o manufaturado é feito por caminhões. As distâncias variam, pois a área de reflorestamento é grande e dependem do local disponível no momento para a retirada de matéria-prima. Entre o pátio de toras e o manufaturado existem cerca de três quilômetros. Neste transporte as perdas são de tempo, gasto de combustível, depreciação de caminhões, alocação de pessoal para o transporte (ou gastos com terceirização) e riscos de perda de matéria-prima. Além disso, a totalidade de galhos, pontas e cascas que são retirados no pátio de toras poderiam ser retirados no próprio reflorestamento, não permitindo assim, o seu transporte desnecessário.

No setor de manufaturado, os estoques são movimentados através de empilhadeira. Como os locais destinados para estoques são pequenos, muitas vezes é necessário movimentar os estoques para retirar o material necessário. Estes desperdícios ocasionam maior utilização de energia para o transporte, emissões de gases no meio ambiente, maior espaço requerido para a movimentação de estoques em processo e necessidade de embalagens para proteger os produtos durante o transporte, uma vez que durante este procedimento podem ocasionar estragos na madeira.

5.2.4 Estoque

Ao contrário do que acontece nos desperdícios por espera, foi relatado que com frequência há excesso de toras no pátio e de madeira serrada verde para secar. Isto além de ocasionar o azulamento da madeira por fungos, dificulta o processo de secagem das estufas. Este excesso de estoque poderia ser ocasionado por erros de comunicação entre os setores, ou ainda, problemas no maquinário da serraria e estufas.

No manufaturado ocorrem estoques de insumos (cola) e de madeira seca nos depósitos. Esta situação pode aumentar o teor de umidade da madeira já seca, pois esta é higroscópica (absorve umidade). Além disso, os insumos podem ter seus prazos de validade vencidos.

Ocorre também, excesso de *blanks* para colar e moldurar e excesso de molduras e *boards* para pintar. Isto ocasiona desperdício de espaço físico, produtos sujos por poeira, aumento do teor de umidade em produtos semi-acabados e problemas com a validade de cola e tinta.

5.2.5 Processamento desnecessário

Foi relatado pelo funcionário como processamento desnecessário, o ato de lixar alguns modelos desnecessariamente. Alguns tipos de molduras pintadas não necessitariam ser lixadas entre todas as demãos. Esta ação leva ao uso de maior quantidade de insumos por unidade de produção, uso de energia, emissão de gases e aumento no tempo de produção. As possíveis causas para esta perda podem ser falhas de comunicação ou projeto, ou ainda falta de treinamento e qualificação de funcionários.

5.3 Discussão dos resultados

Através do detalhamento do processo produtivo foi possível concluir que o volume de resíduos gerados em todo processo é alto (80,80%), sendo quantitativamente muito maior que o de produtos acabados (19,20%). O principal impacto da geração destes resíduos está na contaminação do solo se forem depositados em aterros. Além disso, eles são produzidos por dois

Tipo de resíduo	Impactos Ambientais	Quantidade (m³)	Local	Razão
Galhos, cascas e pontas (úmida)	Contaminação do solo por volumes acumulados	4.693	Pátio de toras Serraria	Não foram totalmente retiradas durante a extração
Destopos, medulas, nós, bolsas de resina e peças contaminadas (úmidas)	Contaminação do solo por volumes acumulados	1.031	Serraria (serras fitas, refiladeiras e destopadeiras)	São retirados pois possuem propriedades diferentes do produto final (físicas e mecânicas)
Cavaco (úmido)	Contaminação do solo por volumes acumulados	6.138	Serraria (serras fitas, refiladeiras e destopadeiras)	Gerados nos cortes da matéria prima
Maravalha e serragem (úmidas)	Contaminação do solo por volumes acumulados	1.681	Serraria (serras fitas, refiladeiras e destopadeiras)	Gerados nos cortes da matéria prima
Maravalha, serragem e destopos (secos)	Contaminação do solo por volumes acumulados	6.546	Manufaturado (plaina, destopos, emendadeiras, fitas de desdobro e moldureira)	Gerados nos cortes da matéria prima (maravalha e serragem) e retirados, pois possuem propriedades diferentes do produto final (destopos)
Molduras descartadas (secas)	Contaminação do solo por volumes acumulados	110	Moldureira e cabine de pintura	Desclassificação por baixa qualidade
Total	-	20.199	-	-

Figura 67 - Tipo, volume de resíduos e impactos ambientais

motivos: como resultante da manufatura no maquinário (cavaco, serragem e maravalha) ou como desclassificações por diferenças de propriedades ou qualidade (figura 67). Com a aplicação das ferramentas de verificação, foi possível constatar que a empresa possui bom desempenho ambiental em alguns setores apesar do alto volume de resíduo. Como pontos positivos estão a utilização de matéria-prima renovável e atóxica, bem como o manejo, a conformidade e a comunicação ambiental adequados. Como pontos negativos estão o alto índice de resíduos gerados e o grande número de perdas e retrabalho no processo produtivo.

O estudo ratifica Souza (2004), que diz que as práticas ambientais como estratégias de negócios começam a ser implantadas somente nas décadas de 80 e 90 (certificações ambientais, e gerenciamento de resíduos) por exigências de legislação e mercado. Entretanto, através de seu histórico foi possível constatar que desde sua fundação houve a preocupação na manutenção da matéria-prima com a criação de reflorestamentos.

Atualmente a empresa demonstra que vem adotando a estratégia ambiental pró ativa e busca constantemente manter as certificações adquiridas, não pratica mais a deposição de resíduos no solo, divulga suas práticas aos clientes, comunidade e funcionários, além de participar ativamente nas ações sociais, educacionais e de saúde na cidade onde está inserida. Além disso, a cidade, de aproximadamente 17.000 habitantes foi criada em função de sua fundação e conta com 70% da arrecadação de impostos da empresa.

As principais fontes de pressão para estas ações estão possivelmente relacionadas a adequação do produto aos seus mercados conquistados, ao atendimento de legislações nacionais e internacionais, a busca de resultados frente aos acionistas e bancos e a responsabilidade social frente a comunidade onde está inserida.

Se por um lado a matéria-prima é uma fonte promissora para boas estratégias que aliam ganhos ambientais e vantagem competitiva dentro dos princípios sustentáveis, por outro, os processos com elevadas perdas levantam dúvidas sobre o futuro destes produtos em longo prazo. Confirmando Barbieri (2004), é necessário adotar como parte da estratégia da empresa, a redução de matéria prima por unidade de produto aliadas a melhoria contínua de processos.

Observou-se, além disso, a necessidade de maiores investimentos nas áreas de desenvolvimento de produto e *marketing*. No primeiro caso, apesar de a empresa contar com um projetista nesta área e ter o envolvimento de funcionários de vários setores na elaboração de novos produtos e protótipos, foi observado que ainda faltam projetos que contemplem melhor aproveitamento de matéria-prima.

Na área de *marketing*, ações que estimulem o consumo de produtos “verdes” e também a mudança da percepção dos consumidores quanto às imperfeições inerentes à matéria prima devem ser estimuladas. Além disso, é preciso abrir novas possibilidades de produtos que reflitam o momento atual e não simplesmente cópias estéticas do passado.

Ratificando Guimarães (2006), os impactos ambientais são gerados a partir de decisões durante a fase de projeto de produto. A empresa poderia, através da adoção da ferramenta *ecodesign* proposta pela UNEP, gerar benefícios e vantagens competitivas através da redução de custos (de energia, matéria prima e mão de obra), melhora no desempenho ambiental (menos resíduos gerados, menos matéria-prima extraída e menos emissões), estímulo a inovações (criação de novos produtos e serviços) e novas oportunidades empresariais (novos mercados).

A empresa demonstrou desconhecer o ciclo de vida completo do produto, uma vez que não sabe o que é feito na etapa de descarte do produto e também das embalagens. Através da aplicação de métodos de investigação como a análise do ciclo de vida seria possível:

- a) investigar mudanças relacionadas ao projeto de produto;
- b) contribuir nas decisões relacionadas a investimentos;
- c) ajudar nas escolhas sobre gerenciamento de resíduos;
- d) ajudar no esboço de políticas industriais.

Manzini e Vezolli (2005) salientam a importância de permitir que o produto tenha vida útil prolongada, utilize matérias fáceis de serem desmontadas e reutilizadas, verificando as etapas de médio e longo prazo do ciclo de vida.

Finalmente, a etapa quatro da estrutura de aplicação do *ecodesign* proposta pela UNEP propõe a otimização do sistema de distribuição, uma vez que, foram detectados desperdícios com a movimentação desnecessária de estoques. Neste caso, estudos de leiaute e fluxos deveriam ser realizados.

Com relação à ferramenta de verificação de Echeveste *et al.* (2001), se observou que a mesma não tem foco em *ecodesign*, embora os autores tenham usado o termo. A ferramenta, na realidade aborda alguns princípios do *ecodesign*, (escolha de matérias-primas e processos produtivos), assim como princípios de produção mais limpa (minimização e reutilização de resíduos) e de sistemas de gestão ambiental (aspectos mercadológicos e comunicação ambiental), ficando mais adequado caracterizá-la como uma ferramenta de avaliação de desempenho ambiental.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

6.1 Conclusões

Este trabalho foi realizado com o objetivo de fazer uma avaliação do desempenho ambiental em uma indústria fabricante de painéis e molduras em madeira. Para atingir este objetivo, inicialmente foi feita a revisão bibliográfica abordando assuntos relativos ao tema, tais como: sustentabilidade, sistemas de gestão ambiental, normas e certificações, *ecodesign*, subprodutos e resíduos e classificação dos desperdícios ambientais. Em seguida foi feita a investigação na empresa, através do levantamento de dados, mapeamento de processos e aplicação de ferramentas de verificação.

As duas ferramentas mostraram-se complementares para o entendimento sobre o sistema de gestão ambiental praticado pela empresa. Enquanto a primeira, de Echeveste *et al.* (2002), enfocou aspectos gerais desde a extração de matéria-prima até seu procedimento de embalagens, a segunda, *Lean Environment Toolkit*, detectou perdas relativas ao processo. Aliadas ao mapeamento do processo produtivo foi possível traçar um panorama relativo ao desempenho e às perdas ambientais.

No instrumento de verificação desenvolvido por Echeveste *et al.* (2002), a comunicação ambiental apresentou 100% de respostas positivas, enquanto que o manejo ambiental e matérias-primas tiveram menores percentuais, 50%. Apesar de baixos percentuais, a matéria prima renovável e atóxica representou um ponto positivo, bem como as certificações conquistadas e mantidas. Por outro lado, a questão relativa ao uso racional de energia foi respondida positivamente e posteriormente, na aplicação da segunda ferramenta, mostrou-se parcialmente verdadeira. Aspectos como retrabalho, espera, movimentação, estoque e procedimentos desnecessários demonstraram desperdício energético.

A aplicação da ferramenta confirmou também algumas conclusões do estudo de Echeveste *et al.* (2002) com empresas do setor eletro-eletrônico, metal mecânico e químico. O interesse em

desenvolver novos produtos verdes e a percepção de que o mercado tende a valorizar este tipo de produto são pontos positivos que puderam ser confirmados. Como ponto negativo foi confirmado a falta de pessoal com capacitação para desenvolvimento deste tipo de produto. Por outro lado, a avaliação apresentou percentuais bastante superiores em relação ao estudo de Echeveste *et al.* As possíveis justificativas poderiam ser a) diferentes processos produtivos abordados; b) pouca utilização de matérias-primas renováveis; c) processos produtivos tóxicos e; d) disposição em aterros, ambos nas empresas pesquisadas no estudo de Echeveste *et al.*

Outro aspecto importante é que se pode observar que a ferramenta de verificação de Echeveste *et al.* não tem foco exclusivamente em *ecodesign*, uma vez que aborda princípios também de Produção mais Limpa e de Sistemas de Gestão Ambiental. Por ter estas características, seria adequado caracterizá-la com uma ferramenta de desempenho ambiental.

Conforme o mapeamento da Unidade U observou-se que o processo para manufatura de molduras engloba quatro áreas distintas: pátio de toras, serraria, estufa e manufaturado. As três primeiras áreas são contíguas e a quarta está afastada em aproximadamente três quilômetros. Os dois primeiros processos são brutos, de pouca precisão nos cortes e com alto volume de resíduos verdes (alto teor de umidade). Já o manufaturado, envolve cortes e colagens de maior precisão e geração de resíduos secos (baixo teor de umidade).

Foi possível detectar que do total de matéria-prima que entra no processo, somente 19,20% é transformado em produto acabado de primeira linha, o restante, 80,80% resulta em resíduo ou subproduto com menor valor de venda. Do total das treze etapas que fazem parte do processo, somente três não geram resíduos de madeira, quais sejam, estufa, empacotamento e expedição.

Na área do pátio de toras, a quantidade de resíduos (9,16%) é justificada pela presença de cascas, que não são aproveitadas no processo produtivo e que são transformadas em adubo para os reflorestamentos e áreas agriculturáveis da empresa.

Na serraria foi encontrada maior quantidade de resíduos (45,01%). Tanto nesta etapa quanto na anterior, os resíduos gerados são verdes, pois só posteriormente passarão pela estufa onde será

feita a secagem. Neste setor foram encontrados além de cascas, cavaco, maravalha, destopos e tábuas contendo medula. O alto percentual de perda de matéria prima é explicada por três fatores. O primeiro está relacionado ao próprio formato da matéria-prima em comparação ao formato do produto (tábuas serradas), que acaba desprezando as cascas, galhos, medula e costaneiras que constituem grande parte da tora. O segundo fator relaciona-se à precisão dos cortes nas serras e refiladeiras. Frequentemente estes equipamentos precisam ser afiados e corrigidos, pois podem representar perda de vários centímetros na área da tora, se não estiverem apropriados. Outro fator determinante para o maior ou menor rendimento na produção está relacionado ao diâmetro da tora. Diâmetros maiores significarão maior quantidade de madeira aproveitável e menor volume de cascas. Aqui foi possível observar que parte dos resíduos produzidos servirá como adubo e a outra parte irá para a caldeira da empresa. Esta divisão é variável e é regulada conforme a necessidade destas áreas.

A área de manufaturado de molduras possui sete ou oito etapas. Serão sete etapas se o produto final for sem pintura de fundo e oito se o cliente solicitar fundo. Nesta área são executados os cortes, colagens e perfilagens. O empacotamento e expedição também são feitos no mesmo local. O percentual de resíduos encontrados nestes processos totalizou 26,62% e é constituído de cavaco, maravalha, destopos e pó. A plaina e o destopo são operações que geram maior volume de resíduos (9,16% cada). O volume de resíduos aqui se justifica principalmente pela retirada de nós e imperfeições da madeira. Estas ações são necessárias, pois podem comprometer a qualidade do produto acabado. Eventualmente alguns clientes permitem que o produto contenha imperfeições em uma das faces do produto, haja vista que não aparecerão após a instalação em paredes e guarnições, embora isso acarrete menor valor de venda. Outro fator determinante para a geração de cavacos e destopos está na máquina moldureira. Esta máquina precisa “cavar” a madeira a fim de produzir o perfil desejado, resultando assim em percentual elevado de perda (6,53%). Os resíduos resultantes destes processos têm destinos diversificados, podendo eventualmente atender demandas internas ou externas. Internamente os destopos passam pelo picador e posteriormente são enviados às caldeiras. Externamente são vendidos para empresas para atender fornos, caldeiras, camas de aviário e enchimento de portas.

Com o mapeamento e a aplicação das duas ferramentas, foi possível observar também que a empresa demonstra adotar a estratégia ambiental pró ativa. Estas ações se refletem na busca constante por melhorias no desenvolvimento de produto, na divulgação das suas práticas ambientais aos clientes, além de não fazer deposições em aterros e manter as certificações conquistadas por mais de cinco anos.

Confirmando a revisão de literatura, existe a necessidade de maiores investimentos na área de desenvolvimento de produto, uma vez que eficiência técnica, desempenho ambiental e vantagens competitivas devem andar juntos. A aplicação integral da ferramenta de *ecodesign*, proposta pela UNEP e ainda, o emprego de métodos investigativos quantitativos e qualitativos auxiliariam a: a) investigar mudanças relacionadas ao projeto; b) contribuir nas decisões relacionadas a investimentos e; c) ajudar na escolha de gerenciamento de resíduos.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação da ferramenta da UNEP (2007) para *ecodesign*. Através da adoção desta técnica, será possível antecipar ameaças de impactos ambientais durante a etapa de projeto, e ao mesmo tempo gerar vantagens competitivas para a empresa.

Um estudo quantitativo como a análise do ciclo de vida poderia ser desenvolvido, afim de gerar modelos e simulações que auxiliam a examinar novos cenários. Estes modelos e simulações podem auxiliar na tomada de decisões sobre projeto de produto, investimentos, gerenciamento de resíduos e esboços de políticas industriais.

Outra sugestão para novos trabalhos é a aplicação integral do *Lean Environment Toolkit*. Uma investigação detalhada acerca das causas dos desperdícios apontados pela ferramenta seria pertinente. Além disso, a aplicação do *Lean Environment Toolkit* nos processos e na tarefa local complementar as informações sobre as perdas obtidas no nível organizacional e sobre fluxo de valor.

REFERÊNCIAS

AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE DE L'ENERGIE - ADEME- Disponível em < <http://www.ademe.fr/anglais/publication/technical/pdf/factfile.pdf>>. Acesso em 8/03/2003

ANGELI, A. **Araucária angustifolia**. Disponível em <<http://www.ipef.br/identificacao/araucaria.angustifolia.asp>>. Acesso em 10/07/2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Resistência e Rigidez da Madeira *Pinus*. **Revista da Madeira**. Curitiba: Editora Lettech, n. 83, ago. 2004

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

BBC BRASIL. 2007. Disponível em < <http://bbcbrasil.com.br> > Acesso em 13/03/2007.

CALLENBACH, E.*et al.* **Gerenciamento Ecológico**: eco management: guia do Instituto Elmowood de Auditoria Ecológica e Negócios Sustentáveis. São Paulo: Cultrix, 1993.

CLUB OF ROME. 2007. Disponível em <<http://esc.clubofrome.org/brasil/about/index.html> > Acesso em 12/09/2007

GRUPO DE PESQUISA E AVALIAÇÃO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA. 2006. Disponível em <<http://www.ciclodevida.ufsc.br/acv/index.html> > Acesso em 10/07/2007.

COSTA, R. A. **Relatório das Atividades Desenvolvidas no Estágio Supervisionado**. Lages: UNIPLAC, 2005.

ECHEVESTE, M. E.; SAURIN, T. A.; DANILEVICZ, A. M. F. Avaliação do Uso de Prática de *Ecodesign* nas Indústrias do Rio Grande do Sul: um estudo introdutório. **Revista Produto & Produção**, Porto Alegre, v.6, n.1, 2002.

EMBRAPA.2006.. **Cultivo do Pinus- Espécie: *Pinus Taeda***. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.com.br/fonteshtml/pinus/cultivodopinus>>. Acesso em 09/12/2006.

ERKMAN, S. **Industrial Ecology in Geneva: initial finding and prospects**. Genebra, 2005. Disponível em <http://www.icast.org/fichiers/Ecosite/EI_Metabolism_Geneva_english.pdf>. Acesso em 25/04/2008.

FAGUNDES, H. A. V. **Diagnóstico da Produção de Madeira Serrada e Geração de Resíduos do Processamento de Madeiras Plantadas no Rio Grande do Sul**. 2003. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

FERREIRA, A. C. S. **Contabilidade Ambiental: uma informação para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Editora Nova Fronteira, 1999.

GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia de Produto**, Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2006. v. 2.

IMAFLORA. Disponível em <<http://www.imaflora.org/>>. Acesso em 03/05/2007.

JARA, E. R. P. **A Geração de Resíduos pelas Serrarias**. São Paulo, Boletim Técnico ABPM, número 59, 1997.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

MARODIN, G., ZAWISLAK, P. Mapeamento do Fluxo de Valor em Empresa Madeireira. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SIMPEP, 12., 2005. **Anais...**São Paulo: UNESP, 2005.

NASCIMENTO, L. F.; LEMOS, A. D. C.; MELLO, M. C. A. **Gestão Socioambiental Estratégica**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

NARDELLI, A. M. B.; GRIFFITH, J. J. **Modelo Teórico para Compreensão do Ambientalismo Empresarial do Setor Florestal Brasileiro**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais. 2003.

NAHUZ, M. Madeiras: **PMVA: Blocks e Blanks**. Disponível em <http://www.remade.com.br/madeiras/pmva_item.php?num=1>. Acesso em 09/12/2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU BRASIL.2007. Disponível em <http://www.onu-brasil.org.br/agencias_pnuma.php> Acesso em 13/03/2007.

PROJETO FAPERGS. **Aumento da Eficiência dos Processos Produtivos em Indústria no Município de Viamão**. Porto Alegre: Indústria Viamonense de Esquadrias Ltda. 2002.

REVISTA REFERÊNCIA. Curitiba: Jota Comunicações, n.44, maio 2005.

SCHNEIDER V. E.; NEHME M. C.; BEN F. **Pólo Moveleiro da Serra Gaúcha: sistemas de gerenciamento ambiental na indústria moveleira: resíduos sólidos: problemática e definição**. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 2006.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SOUZA, R. S. **Fatores de Formação e Desenvolvimento das Estratégias Ambientais nas Empresas**. Porto Alegre: PPGA/UFRGS, 2004.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **The Lean and Environment Toolkit**: identify and eliminate waste, reduce business cost and risk, improve environmental results. Disponível em <http://www.epa.gov/lean/toolkit/lean_environment_toolkit2.pdf> Acesso em 10/06/2007.

UNEP-UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Disponível em <<http://www.unep.fr/pc/sustain/design/design-subpage.htm>> Acesso em 20/07/2007.

YUBA, A. N. **Cadeia Produtiva de Madeira Serrada de Eucalipto para Produção Sustentável de Habitações**. Dissertação (mestrado em engenharia civil), PPGEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

ANEXO A – Pesquisa de práticas ambientais de Echeveste *et al.* (2002).

