



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DO CICLO DE VIDA:
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

POR

NATÁLIA TAVARES CAVALCANTI

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Gisele Cristina Sena

RECIFE, DEZEMBRO/ 2007



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DO CICLO DE VIDA:
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – como requisito parcial para obtenção de Grau em Engenharia de Produção.

RECIFE, DEZEMBRO/ 2007

C376a Cavalcanti, Natália Tavares.

Análise do ciclo de vida : uma revisão bibliográfica / Natália Tavares Cavalcanti.- Recife: O Autor, 2007.

40 folhas.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia da Produção, 2007.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia da Produção. 2. Gestão Ambiental. 3. Desenvolvimento Sustentável. 4. Ciclo de Vida - Avaliação I. Título.

UFPE

AGRADECIMENTO

A meus pais pelo incentivo dado ao longo de toda minha vida e pelas oportunidades criadas, colocando a educação sempre em primeiro lugar. Em especial, a minha mãe pelas leituras e releituras do trabalho em busca de melhorias.

A meus irmãos pelo apoio sempre, em especial a Ricardo por todas as dicas “computacionais” para a construção do trabalho.

A Duda pela paciência e compreensão nos vários finais de semana dedicados ao TCC e pelo incentivo para construção desta nova carreira.

A minha orientadora Gisele que me ajudou na elaboração do trabalho e acreditou que sua conclusão seria possível.

Aos professores de engenharia de produção que contribuíram para minha formação.

A Luiz pela contribuição para minha vida profissional e por entender as várias saídas mais cedo.

A turma 2004.1 que me aceitou como “agregada” e aos velhos e novos amigos conquistados ao longo do caminho.

RESUMO

No mundo atual, para serem sustentáveis, as empresas devem buscar uma forma de agir diferente, tendo em todos os seus atos e decisões, processos e produtos, uma visão de ecoeficiência e responsabilidade social, sem o que estarão na contramão da história e seus produtos ou serviços perderão espaço num mercado cada vez mais exigente quanto a estes itens.

Este trabalho apresenta uma fundamentação teórica com aspectos sobre a gestão ambiental e desenvolvimento sustentável, como forma de contextualização da Análise do Ciclo de Vida (ACV), que será o enfoque principal do trabalho. A ACV será apresentada em detalhe, e também serão expostos alguns casos de sucesso da sua utilização encontrados na literatura.

A ACV, padronizada pela Internacional Organization for Standardization (ISO) nas normas da série 14040, vem sendo usada pelos empresários, dada a necessidade de conhecer bem todo o processo produtivo dos produtos, desde a sua origem até o destino final, de modo a torná-los mais viáveis economicamente, sem desrespeitar o meio ambiente, ou melhor, protegendo-o. O grande desafio é produzir consumindo o mínimo necessário de recursos sem poluir e se preparar tecnológica e administrativamente para isso.

Palavras-Chave: Análise do Ciclo de Vida; Gestão Ambiental; Desenvolvimento Sustentável.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Tripé do desenvolvimento sustentável.....	7
Figura 2.2 Modelo de sistema de gestão ambiental para norma ISO14001 baseado no ciclo PDCA	15
Figura 2.3 Etapas do ciclo de vida dos produtos	18
Figura 3.1 Aspectos abordados numa análise do ciclo de vida	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1Quadro comparativo entre os paradigmas	8
--	---

SUMÁRIO

1	Introdução.....	3
1.1	Justificativa.....	4
1.2	Objetivo	4
1.2.1	Objetivos Gerais	4
1.2.2	Objetivos Específicos	5
1.3	Metodologia.....	5
1.4	Estrutura do Trabalho	5
2	Fundamentação teórica	6
2.1	Desenvolvimento Sustentável.....	6
2.2	Gestão Ambiental	9
2.2.1	Introdução	9
2.2.2	Princípios de Gestão Ambiental	10
2.2.3	Razões para implantar a Gestão ambiental.....	12
2.2.4	Benefícios da Gestão Ambiental para as empresas	13
2.3	Normatização Ambiental.....	14
2.3.1	Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) - Norma ISO 14001.....	15
2.4	Conceito de Ciclo de Vida.....	17
2.5	Resumo do Capítulo	18
3	Análise do ciclo de vida.....	20
3.1	Origem e Evolução Histórica	20
3.2	Conceito de Análise do Ciclo de Vida.....	21
3.3	As Fases da Análise do Ciclo de Vida.....	24
3.3.1	Fase 1 - Objetivo e Escopo	24
3.3.2	Fase 2 - Análise do Inventário	25
3.3.3	Fase 3 - Avaliação de Impacto	26
3.3.4	Fase 4 - Interpretação	27
3.4	A ACV como Ferramenta de Gestão Ambiental	27
3.5	Casos de Sucesso	29
3.5.1	Caso de uma Empresa de Cosméticos	29
3.5.2	Caso de uma Empresa do Ramo Automobilístico	30

3.5.3 Caso de Embalagens para Refrigerante	31
3.5.4 Caso da Escolha de Combustíveis para o Transporte Rodoviário.....	32
3.6 Resumo do Capítulo	33
4 Considerações finais	34
4.1 Conclusões.....	34
4.2 Limitações	35
4.3 Sugestões para Trabalhos Futuros	35
Referências bibliográficas	36

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é uma realidade com a qual o mundo passou a conviver há algumas décadas devido à necessidade de preservação dos recursos naturais. O crescimento econômico por meio do consumo indiscriminado de matéria-prima e de recursos energéticos, atrelado a acidentes ambientais de grandes proporções, foi um alerta para a humanidade, que vislumbrou a possibilidade de esgotamento de recursos e pôde sentir como as agressões à natureza podem repercutir sobre a vida, inclusive a sua própria (MOURA, 2004).

Desta forma, torna-se cada vez mais importante para as empresas conhecer bem todo o processo produtivo de seus produtos para torná-los mais viáveis economicamente, sem desrespeitar o meio ambiente, e ainda melhor, protegendo-o. O grande desafio é produzir, consumindo o mínimo necessário de recursos, sem poluir e se preparar tecnológica e administrativamente para isso (STANO, 2005).

Nesse contexto, é necessário que haja mudanças nas culturas organizacionais, exame e revisão dos procedimentos e conscientização de todos, para agirem de maneira ecologicamente correta (ANDRADE et al., 2002). Essas mudanças, que inicialmente foram vistas pelos empresários como custos, com o passar do tempo, tornaram-se diferenciais competitivos para as empresas, que viram a necessidade de gerenciar seus negócios por meio de modelos de gestão ambiental.

A avaliação do ciclo de vida dos produtos (ACV) é um método utilizado para avaliar o impacto ambiental causado por determinado produto ou serviço (RIBEIRO et al., 2003). Além de uma contabilização ambiental, que considera o que foi retirado da natureza e o que a ela foi devolvido, a avaliação leva em consideração toda a vida do produto, desde o momento em que a matéria prima é retirada da natureza, até o descarte do produto após o uso, incluindo a energia gasta para produção e transporte, além do impacto gerado pela sua utilização (MOURAD et al., 2002). A ACV é muito importante quando se deseja o desenvolvimento sustentável, pois ela possibilita o resgate da utilização dos recursos naturais e sua posterior devolução à natureza. Por isso é essencial que esta metodologia seja utilizada antes do lançamento dos produtos, ainda no decorrer da fase de projeto, de modo a viabilizar a possibilidade de mudança no processo de produção na tentativa de evitar os impactos ambientais, o que não significa que novas avaliações sejam realizadas com o produto já na fase de consumo e outras alterações venham a ser implantadas. Ela também pode ser utilizada

para identificar quais são os indicadores que devem ser controlados no que diz respeito ao desempenho ambiental (MOURAD et al., 2002).

Assim, a ACV é uma metodologia que as empresas podem utilizar para melhorarem continuamente a interação de suas atividades, processos e produtos ao meio ambiente. A ferramenta oferece informações detalhadas e abrangentes para um melhor gerenciamento ambiental que seja aderente aos princípios do desenvolvimento sustentável e a um produto ecologicamente correto (GOERGEN et al., 2007).

Este trabalho procura apresentar aspectos sobre a gestão ambiental e desenvolvimento sustentável. Além de apresentar de forma detalhada, por meio de estudos já realizados a análise do ciclo de vida de produtos, ferramenta para a gestão ambiental (ANDRADE, 2007).

1.1 Justificativa

A necessidade de crescimento econômico, que implicava em um alto consumo de matéria prima, e o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável, situações aparentemente contraditórias, obrigaram as empresas a pensarem em alternativas para diminuir a utilização dos recursos naturais, como forma de preservá-los para que as gerações futuras também possam ter acesso a eles. Neste contexto, viu-se a necessidade de estudar o ciclo de vida dos produtos e assim entender como é a sua relação com a natureza para reduzir o consumo de recursos não renováveis, aumentando a possibilidade de reutilização e reciclagem de materiais.

Esta é uma ferramenta de gestão que pode ser importante, pois é aplicável para toda a vida do produto. Ela permite a identificação de aspectos ambientais em todos os elos da cadeia produtiva, incluindo o transporte e a disposição final dos resíduos gerados pelo produto.

Assim, este trabalho justifica-se por mostrar, baseado em bibliografia atual, a contribuição da análise do ciclo de vida para a gestão ambiental.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivos Gerais

O objetivo deste trabalho é apresentar a análise do ciclo de vida de produtos e como os estudos sobre o assunto contribuem para a gestão ambiental das empresas, melhoria de processos e criação de novos produtos menos nocivos ao meio ambiente.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Realizar uma fundamentação teórica sobre os assuntos que embasam esta monografia
- Apresentar detalhadamente a análise do ciclo de vida de produtos como ferramenta da gestão ambiental;
- Mostrar exemplos de trabalhos bem sucedidos sobre o assunto em diversos ramos da indústria.

1.3 Metodologia

Este trabalho será feito por meio de uma pesquisa bibliográfica, através da utilização de livros e artigos científicos, sobre análise do ciclo de vida de produtos. Como base para o desenvolvimento deste tema serão apresentados o desenvolvimento sustentável e a gestão ambiental, pois, a partir deles faz mais sentido estudar e conhecer o ciclo de vida dos produtos a fim de preservar o meio ambiente e contribuir para a melhoria da competitividade das organizações. Serão analisadas as contribuições existentes sobre o assunto, com ênfase nas mais recentes.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este capítulo apresenta a escolha do tema estudado e os objetivos do trabalho, além da metodologia utilizada para a elaboração da monografia.

O segundo é a fundamentação teórica, onde são abordados os assuntos mais importantes para a compreensão do trabalho. São apresentados os conceitos de desenvolvimento sustentável, que é o pano de fundo para assuntos como gestão ambiental que também será tratado neste capítulo, juntamente com as normas referentes ao assunto.

O terceiro é o aprofundamento sobre a ferramenta análise do ciclo de vida, ACV. Explicando toda a metodologia para a utilização e sua importância para a gestão ambiental. Serão apresentados também alguns casos de empresas que foram bem sucedidas na utilização da ferramenta.

O quarto capítulo é a conclusão do trabalho, onde estão as considerações finais sobre o assunto tratado, análise do ciclo de vida, além de considerações gerais sobre a elaboração do trabalho, e sugestões para futuros trabalhos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos que são relevantes para o entendimento da ACV. Estes contextualizarão a Análise do ciclo de vida, ferramenta que será apresentada como tema principal do trabalho.

2.1 Desenvolvimento Sustentável

No passado, existia uma dicotomia entre a visão ecológica e a tecnicista. A primeira entendia que o desenvolvimento econômico e o crescimento das indústrias não deveriam existir porque eram prejudiciais ao meio ambiente e promovia a derrubada de árvores e a extinção de animais. Do outro lado estavam os que queriam o crescimento econômico e aumento da produção sem nenhuma preocupação ambiental (MOURAD et al., 2002).

Há alguns anos, surgiu a visão ecodesenvolvimentista, que defende a conciliação entre as duas visões anteriores, permitindo que o homem seja integrante da natureza e use-a como meio de sobrevivência (MOURAD et al., 2002). Segundo Herrero apud Jacobi (1999), a maior virtude do ecodesenvolvimento é que além de incorporar definitivamente os aspectos ecológicos no plano teórico, destaca a necessidade de inverter a tendência autodestrutiva do processo de desenvolvimento no seu abuso contra a natureza.

Em 1972 na Primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em Estocolmo, na Suécia discutiu-se a idéia de ecodesenvolvimento. Nessa época defendia-se a conciliação entre o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente, mas na prática não era o que acontecia, pois as pessoas não conseguiam traduzir essa compatibilidade em ações. Esta foi a semente do conceito de desenvolvimento sustentável (DS).

Apenas em 1987, no entanto, no relatório da Comissão de Brundtland, intitulado *Nosso Futuro Comum*, que o termo desenvolvimento sustentável foi utilizado pela primeira vez. Este relatório foi o resultado de 90 dias de estudos de um grupo de 21 membros, de vários países inclusive do Brasil, presidido pela ex-primeira ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland. O propósito do grupo era estudar e propor uma agenda global com o objetivo de capacitar a humanidade para enfrentar os principais problemas ambientais do mundo bem como assegurar o progresso humano sem comprometer os recursos para as futuras gerações (ALMEIDA, 2002). Por fim, o grupo sugeriu a realização da II Conferência Internacional do Meio Ambiente e Desenvolvimento, que ficou marcada para 1992 no Rio de Janeiro, a Rio-92.

Segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, DS é aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade de que as gerações futuras satisfaçam as suas próprias necessidades. O desenvolvimento sustentável busca o equilíbrio entre a proteção ambiental e o desenvolvimento econômico e serviu como base para a Agenda 21, um documento para colocar em prática, ao longo do século XXI, o desenvolvimento sustentável no planeta.

O desenvolvimento sustentável pode ser representado por um triângulo, que pode ser visto na figura 2.1, em que cada vértice representa um dos três pilares independentes que lhe dão sustentação: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e a proteção ambiental (ABAL, 2007).

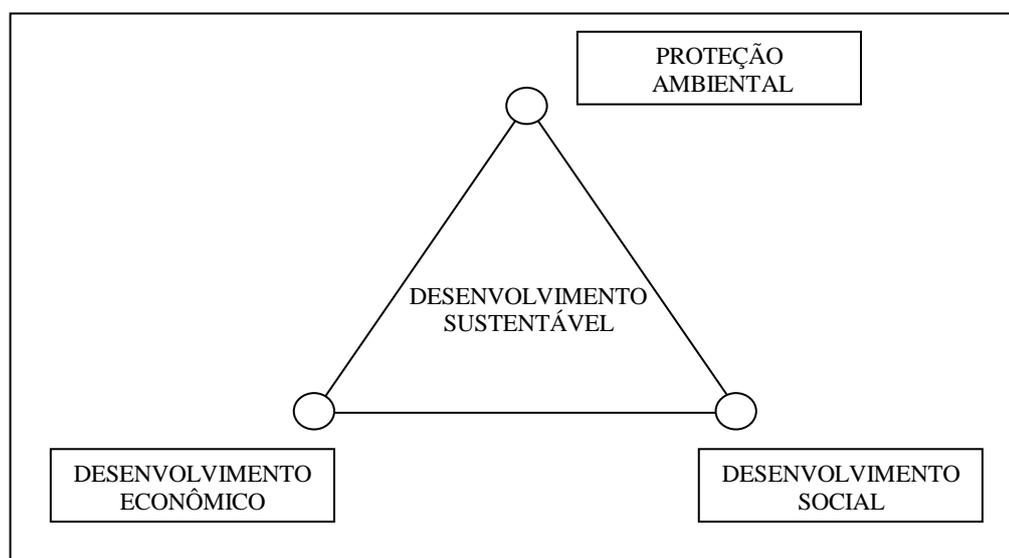


Figura 2.1 Tripé do desenvolvimento sustentável

Fonte: adaptado do site ABAL, 2007

A conciliação entre os três pilares constrói um paradigma devido à dificuldade de inter-relacionamento destes fatores. Assim, segundo Sachs (1993) apud Mourad et al. (2002), este conceito deve ser entendido considerando simultaneamente as seguintes dimensões:

- Sustentabilidade social com o objetivo de melhorar os direitos e condições de vida de populações, diminuindo a distância existente entre os padrões de vida dos grupos sociais;
- Sustentabilidade econômica, viabilizada por uma alocação e gestão eficiente dos recursos, avaliada muito mais sob critérios macrossociais do que micro-empresariais e por fluxos regulares de investimentos públicos e privados;

- Sustentabilidade ecológica, envolvendo medidas para reduzir o consumo de recursos e a produção de resíduos, incentivando a criação de tecnologias limpas e a proteção ambiental;
- Sustentabilidade espacial, contemplando uma configuração mais equilibrada da questão rural/urbana e uma melhor distribuição do território, envolvendo preocupação com a ocupação excessiva das áreas metropolitanas;
- Sustentabilidade cultural, buscando a concepção originária de cada cultura de desenvolvimento que respeitem as particularidades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada local.

O novo paradigma da sustentabilidade, que passou a vigorar juntamente com o paradigma anterior desde a reunião de Estocolmo, e continua em fase de transição, se opõe ao paradigma cartesiano, que defendia o tecnicismo e desenvolvimento descontrolado, gerando o desequilíbrio socioambiental com o qual se convive atualmente (ALMEIDA, 2002). As diferenças entre o antigo e o novo paradigma podem ser vistas na tabela 2.1 a seguir:

PARADIGMA CARTESIANO X PARADIGMA DA SUSTENTABILIDADE	
CARTESIANO	SUSTENTÁVEL
Reducionista, mecanicista, tecnocêntrico	Orgânico, holístico, participativo
Fatos e valores não relacionados	Fatos e valores fortemente relacionados
Preceitos éticos desconectados das práticas cotidianas	Ética integrada ao cotidiano
Separação entre o objetivo e o subjetivo	Interação entre o objetivo e o subjetivo
Seres humanos e ecossistemas separados, em uma relação de dominação	Seres humanos inseparáveis dos ecossistemas, em uma relação de sinergia
Conhecimento compartimentado e empírico	Conhecimento indivisível, empírico e intuitivo
Relação linear de causa e efeito	Relação não-linear de causa e efeito
Natureza entendida como descontínua, o todo formado pela soma das partes	Natureza entendida como um conjunto de sistemas inter-relacionados, o todo maior que a soma das partes
Bem estar avaliado por relação de poder (dinheiro, influência, recursos)	Bem estar avaliado pela qualidade das inter-relações entre os sistemas ambientais e sociais
Ênfase na quantidade (renda per capita)	Ênfase na qualidade (qualidade de vida)
Análise	Síntese
Centralização de poder	Descentralização de poder
Especialização	Transdisciplinaridade
Ênfase na competição	Ênfase na cooperação
Pouco ou nenhum limite tecnológico	Limite tecnológico definido pela sustentabilidade

Tabela 2.1 Quadro comparativo entre os paradigmas

Fonte: Almeida, 2002

Na busca pelo desenvolvimento sustentável, as empresas devem transformar os fluxos de materiais em ciclos ecológicos de forma a reduzir o consumo de matérias primas e energia. Para isso é muito importante conhecer e entender o ciclo de vida do bem produzido e consumido (MOURAD, 2002).

Assim, para serem sustentáveis as empresas devem também buscar uma forma de agir diferente, tendo em todos os seus atos e decisões, processos e produtos, uma visão de ecoeficiência. Elas têm que produzir mais e melhor com menos: mais produtos e com melhor qualidade com menos recursos naturais e poluindo menos. Além disso, as empresas devem ser socialmente responsáveis, pois todas elas estão inseridas em um ambiente social sendo importante a interação com ele e o respeito em relação ao ser humano e às gerações futuras.

2.2 Gestão Ambiental

A gestão ambiental é uma das formas de colocar em prática o conceito de desenvolvimento sustentável citado anteriormente. É a forma que as empresas têm como contribuir para a construção do desenvolvimento econômico, em equilíbrio com o social e principalmente com a preservação do meio ambiente para que este possa também ser útil para as gerações futuras.

2.2.1 Introdução

Em 1962, com publicação do livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa), de autoria da bióloga Rachel Carson, veio a tona a questão ambiental nos Estados Unidos. O livro chamava a atenção para a enorme utilização do Dicloro Difênil Tricloroetano, o DDT, principalmente como um poderoso inseticida, pois mostrava como seria uma primavera sem o canto dos pássaros, que teriam sido exterminados pelo uso indiscriminado do DDT (MOURA, 2004).

A partir dos anos 80 as empresas líderes, inicialmente na, então, Alemanha Ocidental, começaram a ver a proteção ambiental não como um custo, mas como um importante investimento no futuro e, mesmo que estranho, como uma vantagem competitiva. Houve uma mudança na atitude das empresas com relação ao assunto, de defensiva e reativa para ativa e criativa (ANDRADE et al., 2002).

Em 1991, o lançamento da Carta de Princípios sobre o Desenvolvimento Sustentável, elaborada pela Câmara de Comércio Internacional, foi um grande avanço no gerenciamento ambiental das indústrias. A nova cultura focava o meio ambiente como um dos princípios fundamentais para o homem moderno (ANDRADE et al., 2002). Esta carta tem a intenção de

ajudar as empresas a melhorarem seu desempenho ambiental e traz 16 princípios de gestão ambiental que devem ser buscados pelas organizações, já que elas são essenciais para se atinja o desenvolvimento sustentado (DONAIRE, 1999).

2.2.2 Princípios de Gestão Ambiental

Os princípios da gestão ambiental citados na *Business Charter For Sustainable Development* segundo Donaire (1999) são:

1. Prioridade Organizacional

A organização deve reconhecer que a gestão ambiental é uma das principais prioridades para a empresa e de extrema importância para o desenvolvimento sustentado. Assim, ela tem que estabelecer políticas, programas e procedimentos que a conduzam suas atividades de forma ambientalmente correta.

2. Gestão Integrada

A gestão ambiental tem o objetivo de integrar plenamente as políticas, programas e procedimentos como elemento essencial da gestão em todos os seus domínios.

3. Processo de Melhoria

Este princípio objetiva o aperfeiçoamento contínuo das políticas, programas e procedimentos, e conseqüentemente a performance ambiental, levando em conta o desenvolvimento técnico, o conhecimento científico, as necessidades dos consumidores e expectativas da comunidade, tendo como ponto de partida a regulamentação em vigor e a aplicação dos mesmos critérios ambientais no plano internacional.

4. Educação do Pessoal

A empresa deve estar preocupada em educar, treinar e motivar as pessoas para que elas possam desempenhar suas tarefas de maneira ambientalmente responsável. É muito importante que todos os que fazem as organizações, desde a alta direção até o “chão de fábrica”, tenham esta cultura.

5. Prioridade de Enfoque

Devem ser considerados os impactos ambientais antes de iniciar uma nova atividade ou projeto assim como antes de construir novos equipamentos e instalações adicionais, ou abandonar alguma unidade produtiva.

6. Produtos e Serviços

Desenvolver e fabricar produtos e serviços que não agridam o meio ambiente e que sejam seguros em sua utilização e consumo, que sejam eficientes quanto ao consumo de

energia e recursos naturais, que possam ser reciclados, reutilizados ou armazenados de forma segura.

7. Orientação ao consumidor

As empresas devem se preocupar em orientar, e se necessário educar consumidores, distribuidores e público em geral sobre a forma correta e segura de utilização, transporte, armazenagem e disposição final dos produtos fornecidos, as mesmas regras devem ser aplicadas à prestação de serviços.

8. Equipamentos e Operacionalização

As empresas devem desenvolver, desenhar e operar máquinas e equipamentos levando em conta a eficiência no consumo de energia, água e matéria-prima, o uso sustentável dos recursos renováveis, a minimização dos impactos ambientais e a geração de resíduos.

9. Pesquisa

Realizar ou patrocinar pesquisas sobre os impactos ambientais das matérias primas, produtos, processos, emissões e resíduos associados ao processo produtivo da empresa, com o objetivo de minimizar os seus efeitos.

10. Enfoque Preventivo

Estabelecer medidas para adequar a produção, a comercialização e o consumo dos produtos e serviços de acordo com os mais recentes conhecimentos técnicos e científicos no sentido de prevenir as sérias e irreversíveis degradações ao meio ambiente, que podem ser irreversíveis.

11. Fornecedores e Subcontratados

Promover a adoção dos princípios ambientais pelos subcontratados e fornecedores, encorajando e, até mesmo, exigindo a melhoria de seus procedimentos de modo que eles sejam compatíveis com as normas utilizadas na empresa.

12. Planos de Emergência

A empresa tem a obrigação de desenvolver e manter, nas áreas de risco potencial, planos de emergência, que devem ser idealizados pelas áreas internas responsáveis em conjunto com os órgãos governamentais e a comunidade local, reconhecendo os possíveis impactos de um eventual acidente.

13. Transferência de Tecnologia

Contribuir para a transferência de tecnologia e métodos de gestão que respeitem o meio ambiente, tanto no setor público como no privado.

14. Contribuição ao Esforço Comum

Contribuir no desenvolvimento de políticas públicas e privadas de programas governamentais e iniciativas educacionais que valorizem a preservação do meio ambiente.

15. Transparência de Atitude

Promover abertura de diálogo com a comunidade interna e externa antecipando e respondendo a preocupações em relação aos riscos e aos impactos potenciais das atividades, dos produtos e rejeitos, ou dos serviços.

16. Atendimento e Divulgação

Medir a performance ambiental. Conduzir auditorias ambientais regularmente e garantir que os padrões da empresa estão de acordo com a legislação. Por fim, fornecer informações apropriadas para as partes interessadas.

2.2.3 Razões para implantar a Gestão ambiental

A inclusão da dimensão ecológica na gestão dos negócios das organizações ocorreu inicialmente de forma gradativa, por meio da iniciativa de alguns gerentes e empresários que resolveram implantar programas de reciclagem, de economia de energia dentre outros. O mais bem sucedido desses programas foi o Sistema Integrado de Gestão Ambiental, desenvolvido por Georg Winter em 1989, que se tornou conhecido como Modelo de Winter (DONAIRE, 1999).

Segundo Winter (1987) apud Donaire (1999) são seis as razões pelas quais um gerente deve aplicar os princípios de gestão ambiental em sua empresa:

- Não se poderá esperar qualidade para a vida humana se as empresas e via de conseqüência a economia não se voltarem para o meio ambiente;
- A necessidade de existir o consenso entre público e comunidade empresarial e conseqüentemente uma livre economia de mercado, que se dará com empresas voltadas para o meio ambiente;
- Sem a gestão ambiental, a empresa perderá oportunidades no mercado, além de aumentar o risco de responsabilização por danos ambientais, o que pode se traduzir em enormes somas de dinheiro, pondo desta forma, em perigo seu futuro e os postos de trabalho dela dependentes;
- Sem gestão ambiental, os executivos da empresa verão aumentada sua responsabilidade com relação a danos ambientais, aumentando o perigo de perda de seus empregos;

- Sem a gestão ambiental, serão potencialmente desaproveitadas muitas oportunidades de redução de custos;
- Sem a gestão ambiental, os homens de negócio entrarão em conflito com sua própria consciência, eliminando assim a possibilidade de existir identificação com o emprego ou profissão.

North (1992) apud Donaire (1999) acrescenta mais os seguintes argumentos para que a empresa se engaje na questão ambiental:

- Ser proativo, encarar o desafio ambiental primeiro que o concorrente;
- Ser ambientalmente responsável e mostrar para clientes, fornecedores, governo e comunidade que a empresa se preocupa com a causa ambiental e desenvolve este tipo de prática de forma eficiente;
- Evitar a poluição, pois as empresas consideradas ambientalmente corretas, principalmente se elas superam as legislações exigidas, e têm ganhos na imagem;
- Conquistar o comprometimento dos funcionários da organização, pois uma vez conscientes as pessoas não vão mais querer trabalhar em empresas poluidoras.

2.2.4 Benefícios da Gestão Ambiental para as empresas

Segundo North (1992) apud Donaire (1999), há dois tipos de benefícios: os econômicos e os estratégicos. Do ponto de vista econômico, os benefícios estão relacionados com custos e receitas. No que diz respeito aos custos a empresa terá economia devido à:

- redução de consumo de água, energia além de outros insumos;
- reciclagem, venda e aproveitamento de resíduos e diminuição de efluentes;
- redução de multas e penalidades por poluição.

Com relação a receitas a empresa terá:

- aumento da contribuição marginal de produtos verdes que podem ter preços mais altos;
- elevação da participação no mercado devido à inovação dos produtos e menos concorrência;
- linhas de novos produtos para novos mercados;
- majoração da demanda para produtos que contribuam para a redução da poluição.

Do ponto de vista estratégico a empresa ganhará, pois há melhoria da imagem institucional, renovação do portfólio de produtos e aumento da produtividade. Ainda sob este foco, mas com relação aos colaboradores, a empresa ganhará com a melhoria das relações de

trabalho, o alto comprometimento do pessoal, motivação para novos desafios. Além disso, tem-se constatado um estreitamento nas relações com os órgãos governamentais, comunidade e grupos ambientais e ainda, acesso assegurado ao mercado externo a partir melhor adequação aos padrões ambientais internacionais.

As empresas que adotam uma postura proativa diante dos imperativos ambientais têm a necessidade de inovar não somente nos seus produtos, mas principalmente nos processos da organização. Assim, elas se antecipam às exigências externas, de governos, dos mercados e da sociedade, que passam a ser parceiros e não agentes que exercem pressões para a adoção de práticas ambientais sustentáveis (PASSOS, 2003).

A atitude proativa dos empresários quanto à questão ambiental gera a oportunidade de novos negócios e também uma forma mais eficiente de produzir, o que torna a empresa mais competitiva. A partir desta forma de pensar, os empresários formulam novas estratégias que incorporam a proteção ambiental como uma vantagem competitiva (PASSOS, 2003).

2.3 Normatização Ambiental

A norma inglesa BS 7750 é uma importante norma ambiental emitida, em caráter experimental, pelo *British Standard Institute*, em 1992. Ela serviu como referencial para outros países e para a série de normas ISO 14000. Segundo Donaire (1999), a BS 7750 tinha o objetivo de definir um sistema que permitisse a uma organização estabelecer procedimentos para fixar uma política ambiental e seus objetivos, atingir o seu cumprimento e ainda demonstrar a terceiros sua conquista.

A norma ISO 14001 foi criada em 1996, pelo International Organization for Standardization (ISO) inspirada na norma inglesa BS 7750. A norma ISO 14001 procura estabelecer diretrizes para a implementação de um sistema de gestão ambiental nas diversas atividades econômicas que possam afetar o meio ambiente e para a avaliação e certificação desses sistemas com metodologias uniformes e aceitas internacionalmente (DONAIRE, 1999).

Para a série de normas ISO 14000, estão previstas 21 normas, dentre elas estão normas relativas ao sistema de gestão ambiental, a auditoria ambiental, a rotulagem ambiental e a análise do ciclo de vida de produtos. Além da norma ISO14050 que contempla termos e definições da gestão ambiental e do ISO Guide 64, um guia de inclusão dos aspectos ambientais nas normas para o produto (MOURA, 2004).

No decorrer do trabalho, serão abordadas, de forma mais detalhada, as normas relativas à análise do ciclo de vida.

2.3.1 Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) - Norma ISO 14001

Segundo Moura (2004), a implantação de um sistema de gestão ambiental é uma boa alternativa para obter melhorias de desempenho ambiental em uma organização. De uma maneira simplificada, a implantação de um SGA é a aplicação de conceitos e técnicas de Administração, particularizados para os assuntos do meio ambiente.

A gestão ambiental é parte do sistema de gestão global da organização e a concepção de um SGA é bastante dinâmica e interativa. Assim, estrutura, responsabilidades práticas e procedimentos e recursos para implementação de política, objetivos e metas ambientais podem a participação e coordenação de áreas distintas da organização (NORMA ISO 14004:1996).

Segundo a norma ISO 14001:2004, a implantação do sistema de gestão ambiental deve ser feita com o cumprimento de 17 requisitos, divididos em cinco grupos, estruturados de forma a estabelecer um sistema de melhoria contínua (PASSOS, 2003). Para isso, a norma está baseada no *ciclo de Deming*, ou ciclo PDCA, que é composto por quatro grandes etapas: Planejar (*Plan*), Realizar (*Do*), Verificar (*Check*) e Atuar para corrigir (*Action*) (MOURA, 2004). A figura 2.2 abaixo mostra o *ciclo de Deming* e sua adaptação ao SGA:

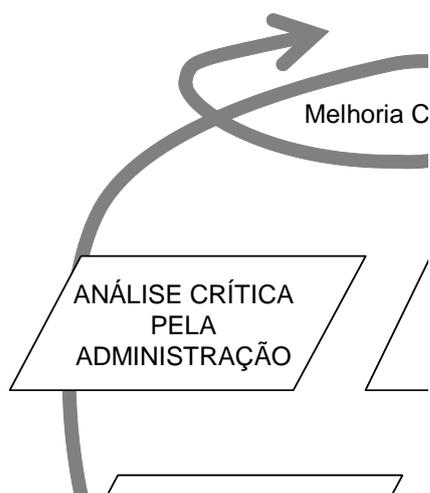


Figura 2.2 Modelo de sistema de gestão ambiental para norma ISO14001 baseado no ciclo PDCA

Fonte: ABNT, 2004

A norma ISO 14001:2004 combina o ciclo PDCA ao sistema de gestão da seguinte forma:

- Planejar – é estabelecer os objetivos e processos necessários para atingir os resultados de acordo com a política ambiental previamente estabelecida pela organização;
- Executar – é por em prática todos os processos planejados na etapa anterior;
- Verificar – é o controle da medição dos processos em conformidade com a política ambiental, objetivos, metas, requisitos legais e relatar os resultados;
- Agir – são ações tomadas para garantir a melhoria contínua do sistema de gestão ambiental.

A norma ISO 14001 foi concebida para possibilitar a sua implantação em todos os tipos de organizações, independentemente do seu ramo de atuação, condições geográficas, culturais e sociais. Vale ressaltar que o resultado da aplicação do sistema de gestão ambiental depende do comportamento de todos que fazem a empresa, desde o nível executivo até o operacional (DONAIRE, 1999). Assim a norma tem como finalidade geral equilibrar a proteção ambiental e a prevenção da poluição com as necessidades socioeconômicas.

Segundo a norma 14004:1996, a implantação de um sistema de gestão ambiental eficaz ajuda a proteger a saúde humana e o meio ambiente dos possíveis impactos ambientais gerados pelas atividades das empresas, e seus produtos e serviços e ajuda a manter e aprimorar a qualidade do meio ambiente. Além disso, ajuda a organização a oferecer confiança às partes interessadas mostrando o comprometimento da administração em atender às disposições de suas políticas, objetivos e metas; e dando maior ênfase à prevenção do que as ações corretivas.

Desta forma, além dos benefícios de imagem e confiança obtidos pela implantação de um sistema de gestão ambiental podem ser obtidos benefícios econômicos, que devem ser mostrados aos acionistas. É também conveniente, alinhar os objetivos e metas ambientais a resultados financeiros, podendo a empresa, desta forma, garantir recursos para ambas as áreas (NORMA ISO 14004:1996).

Esta norma já está em sua segunda edição, que surgiu da necessidade de esclarecer alguns pontos de primeira edição. Além disso, nessa revisão foram consideradas as disposições da ABNT NBR ISO 9000, para que houvesse compatibilidade entre elas, o que facilitaria e incentivaria a gestão integrada entre os usuários (ABNT NBR ISO 14001, 2004).

Um ponto importante a considerar sobre esta metodologia é que ela não garante a eficácia do sistema de gestão ambiental, ou ótimos resultados ambientais, mas contribui. Isso acontecerá caso as organizações implantem as melhores técnicas disponíveis de acordo com a relação custo-benefício, o que é incentivado pelo SGA.

2.4 Conceito de Ciclo de Vida

O grande consumo de matéria prima para a transformação em produtos e serviços e a quantidade de rejeitos materiais e energéticos devido ao consumo e transformação de bens naturais, levaram a sociedade a refletir em como agir, de forma preventiva, com relação ao meio ambiente. Esta reflexão começa a gerar a conscientização da sociedade e das empresas com relação ao desenvolvimento sustentável. Desta forma, não é necessário apenas, reduzir os níveis de poluição, mas também diminuir o consumo dos recursos naturais, tendo atenção na forma como estes recursos são manuseados e dispostos. Atitudes neste sentido que, possivelmente, implicarão em custos para as organizações, na medida em que promovem na medida em que promovem o melhor aproveitamento do processo produtivo, se reverterão em lucro (SEO e KULAY, 2006).

Chegou-se, assim, à conclusão da necessidade da ampliação das fronteiras para atender a sociedade em relação ao desenvolvimento sustentável. O que é comprovado pela globalização que aponta para uma abordagem que amplia o foco da atuação para além dos limites de cada organização. Acredita-se fortemente que é a partir dessas idéias que tem origem a filosofia do ciclo de vida, em inglês *Life Cycle Thinking* (LCT) (SILVA e KULAY, 2006).

Segundo Sonneman (2002) o LCT pode ser interpretado como a consciência de que o bom desenvolvimento ambiental para uma parte da cadeia produtiva não garante a sustentabilidade da cadeia como um todo, que só acontecerá se todos os elos da cadeia tiverem o desenvolvimento ambiental adequado.

Assim, para Silva e Kulay (2006) o LCT deve ser feito de forma sistêmica abrangendo todas as atividades que possam impactar no meio ambiente e que estejam relacionadas a manufatura do produto. De onde se conclui que todas as atividades compreendidas desde a obtenção dos recursos naturais até a fabricação do produto fazem parte da abordagem do LCT e é denominada de foco no produto. Se for levada em conta a avaliação dos prejuízos impostos ao meio ambiente devido à ação humana por meio da manufatura de um produto,

esta só será justa se forem consideradas todas as etapas do ciclo de vida deste bem, que é o foco sobre produto (SILVA e KULAY, 2006)

Ciclo de vida é uma expressão usada para referir-se a todas as etapas e processos de um sistema de produção de produtos ou serviços, englobando toda a cadeia de produção e consumo, desde quando os recursos para a fabricação são removidos da natureza até quando estes retornam para a terra. Faz parte do ciclo de vida a aquisição de energia, matéria prima; aspectos dos sistemas de transporte e logística; características da utilização: manuseio embalagem marketing e consumo; sobras e resíduos e sua respectiva reciclagem ou destino final. (BRASIL, 2002)

A figura 2.3 a seguir mostra as etapas que constituem, de forma geral, o ciclo de vida de um produto:



Figura 2.3 Etapas do ciclo de vida dos produtos
Fonte: SILVA; KULAY, 2006, p.316, il.

Pelo esquema acima, pode-se observar que a análise do ciclo de vida de produtos engloba cada fase da vida, como citado anteriormente: do berço ao túmulo. Desde a extração de recursos naturais, passando pelos processos produtivos, utilização do produto pelo consumidor e a disposição final deste produto, para que não seja colocado no meio ambiente de qualquer forma. É importante mencionar que o transporte da matéria-prima e do produto também é considerada na análise do ciclo de vida pois, esta é uma etapa do processo que gera aspectos ambientais. No capítulo a seguir será descrita mais detalhadamente a ACV e sua aplicação.

2.5 Resumo do Capítulo

Este capítulo apresenta de forma resumida os assuntos que servem como pano de fundo para a análise do ciclo de vida de um produto.

A preocupação com o término dos recursos naturais fez a população, juntamente com os pesquisadores se mobilizarem para encontrar uma forma de conciliar o desenvolvimento

econômico com a preservação do meio ambiente, levando em consideração a necessidade de utilização das matérias primas pelas gerações futuras. O que posteriormente seria chamado de desenvolvimento sustentável.

Como forma de colocar em prática a mentalidade e cultura do DS as empresas foram incentivadas a adotarem o gerenciamento das variáveis ligadas ao meio ambiente, o que pode ser feito por meio de um sistema de gestão ambiental, uma maneira de buscar formas ecologicamente corretas para a execução de seus processos. Para isso, ela precisa investir em novos produtos e tecnologias, além de atuar junto a seus colaboradores e clientes para a adoção desse novo método. Tal postura inicialmente se reverte em custos, mas, em pouco tempo, traz para a organização benefícios econômicos ligados a redução no consumo de energia e outros insumos e ganhos expressivos para a imagem da empresa.

3 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

Neste capítulo será apresentada de maneira detalhada a análise do ciclo de vida. Será feita uma breve abordagem histórica e uma apresentação detalhada sobre a metodologia segundo a norma ISO 14040:2001. Para exemplificar a utilização da metodologia pelas empresas serão apresentados casos de sucesso que envolvem o assunto.

3.1 Origem e Evolução Histórica

O primeiro estudo semelhante a ACV, com base no produto, foi feito por volta de 1965, pelo *Midwest Research Institute*, a pedido da *Coca-Cola Company*. O estudo foi encomendado pelo setor de embalagens da empresa que se preocupava com as conseqüências ambientais da sua embalagem, tanto do ponto de vista do consumo de energia e materiais como do impacto ambiental gerado pela disposição das embalagens. A metodologia utilizada foi denominada *Resource and Environmental Profile Analysis* (Repa) e os resultados do estudo feito para a Coca-cola nunca foram divulgados (SILVA e KULAY, 2006).

Apesar da não divulgação, foram realizados, com base no REPA, estudos voltados para o uso de energia e ficaram conhecidos como “análise de energia”. Estes estudos foram incentivados nos anos 60, pela crise do petróleo e pelo notável crescimento da população mundial, fatos que causaram questionamentos para a sociedade sobre o limite de extração de recursos naturais e pelos impactos da poluição gerada por eles (MOURAD et al., 2002).

A metodologia de ACV surgiu no início da década de 1980, baseada na certeza de que a abordagem sistêmica seria a melhor forma de avaliar as interações entre um produto e o meio ambiente ao longo de seu ciclo de vida. A consolidação da ferramenta se deu em 1985, quando a Comunidade Européia recomendou-a como técnica adequada para o auto-monitoramento dos consumos materiais e energéticos em quaisquer empresa instaladas no continente (SILVA e KULAY, 2006).

Hoje, a análise do ciclo de vida é padronizada pela *Internacional Organization for Standardization* (ISO) nas normas da série ISO 14040. A série ISO14040:1997 é composta por:

- ISO14041: Definições do escopo e análise do inventário - orienta sobre a elaboração e definição do escopo e sobre como realizar a análise do inventário.
- ISO14042: Avaliação do impacto do ciclo de vida - especifica os elementos essenciais para a estruturação dos dados identificados na etapa de análise do inventário.

- ISO14043: Interpretação do ciclo de vida - define um procedimento sistemático para identificar, qualificar, conferir e avaliar as informações dos resultados do inventário do ciclo de vida ou da avaliação do inventário facilitando a interpretação do ciclo de vida.
- ISO TR14047: Exemplos para aplicação da ISO 14042 - relatório técnico
- ISO TS14048: Formato da apresentação dos dados
- ISO TR14049: Exemplos de aplicação da ISO14041 para definição de objetivos e escopo e análise de inventário.

A necessidade de padronização da metodologia da análise do ciclo de vida dos produtos surgiu devido a uma grande diferença das conclusões entre estudos aparentemente iguais. Essas diferenças eram devidas aos fatores considerados em cada estudo. A instituição que mais contribuiu para a padronização foi a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC) promovendo nove conferências internacionais com pesquisadores da área. Como resultado dessas reuniões gerou-se o SETAC *Guidelines for Life Cycle Assessment – a Code of Practice*, que mais tarde veio a orientar os trabalhos da ISO (COLTRO, 2007).

As normas ISO citadas acima estão sendo revisadas e a junção em apenas duas está sendo difundida. Em função dessas modificações a ABNT também está revisando a norma 14040 enquanto que as normas 14041, 14042, 14043 serão canceladas. Depois de aprovadas, as modificações passarão a vigorar as seguintes normas (COLTRO, 2007):

- ISO/FDIS – *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework* (2006);
- ISO/FDIS – *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines* (2006).

3.2 Conceito de Análise do Ciclo de Vida

Segundo Chehebe (1998), análise do ciclo de vida é uma técnica para a avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto, compreendendo etapas que vão desde a retirada da natureza das matérias-primas elementares que entram no sistema produtivo à disposição do produto final, como pode ser visto na figura 3.1 abaixo.

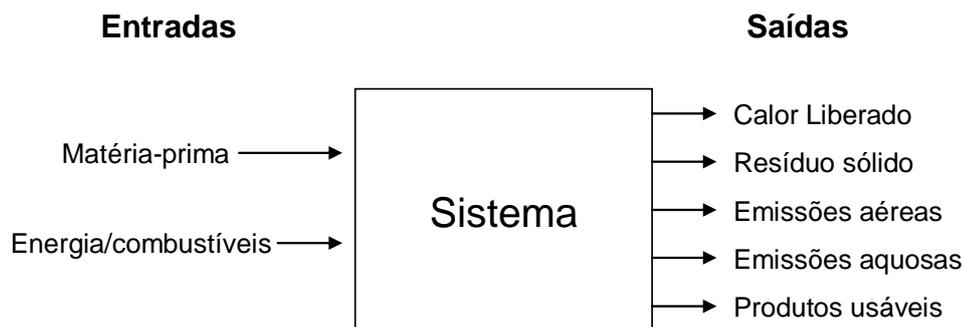


Figura 3.1 Aspectos abordados numa análise do ciclo de vida

Fonte: Informativo CETA, 1996

Segundo Goergen et al (2007, grifo dos autores):

Também conhecida como avaliação ‘do berço ao túmulo’, a ACV é um processo objetivo que avalia as cargas ambientais associadas a um produto, processo ou atividade através da identificação e quantificação do consumo de energia e matéria, das emissões geradas, que orienta a tomada de decisão e possibilita a escolha por um produto, material ou processo com a melhor performance ambiental.

De uma forma mais completa, a ACV é uma técnica que objetiva a identificação e quantificação da energia e das matérias-primas empregadas em sua fabricação, bem como das emissões de poluentes para a água, solo e ar, inerentes a sua produção, uso e disposição final; avaliação do impacto ambiental que o uso de energia e dos materiais e que as emissões de poluentes acarretam ao meio ambiente; e a identificação de oportunidades de melhorias do sistema que levam à otimização do desempenho ambiental do produto. Avalia-se, inclusive, a contribuição, em termos de consumo e emissões, de todas as etapas de transporte associadas à vida do produto e mesmo aos processos de produção de energia consumida. (Meio Ambiente Industrial, 2003).

A técnica também avalia o desempenho ambiental de um processo e/ou produto em todas as suas etapas. Tem a capacidade de alinhá-las e fazer as conexões necessárias para atingir um fluxograma que mostra todos os elos da cadeia produtiva.

A ACV é uma ferramenta que pode ser usada para uma grande variedade de propósitos. Seus dados podem ser usados inclusive para a tomada de decisão com relação aos indicadores relevantes para a avaliação da performance de projetos de produtos ou processos e/ ou planejamento estratégico (CHEHEBE, 1998).

Na indústria, a ACV colabora com o entendimento dos aspectos ambientais ligados aos processos produtivos de uma forma mais ampla. Além de servir como subsídio às estratégias

de marketing, à medida que pode-se explorar os aspectos ambientais para ganhar mercado. E ajudar na escolha de componentes que serão parte do produto final.

A análise do ciclo de vida pode ter também um enfoque gerencial a partir do momento que se torna um importante instrumento para a administração dos aspectos ambientais de sistemas de produtos. Esta ferramenta pode ter também um papel crítico, pois ela fornece um inventário das entradas e saídas de cada produto sendo um bom comparativo para produtos alternativos e um possível aprimoramento do produto ou de seu processo (CHEHEBE, 1998).

Pode também ser usada no gerenciamento de recursos naturais, pois em todas as etapas da ACV de um produto ou serviço o consumo de recursos naturais é contabilizado como fonte energética e como matéria-prima. Esta ferramenta permite a avaliação, por meio de simulações numéricas do efeito da redução do consumo dos recursos naturais nas diversas etapas do ciclo de vida, visando a otimização do produto em estudo e a certificação dos benefícios obtidos pela diminuição do consumo de recursos naturais, assim como das ações implantadas para aumentar a eficiência energética, reduzir as perdas e otimizar o desempenho. Para os governos seria um grande auxílio no gerenciamento dos recursos naturais, como reservas de combustíveis fósseis, florestas, rios, entre outros (MOURAD et al., 2002).

A ACV identifica pontos críticos na vida de cada produto, pois analisa a fundo cada etapa da sua produção e utilização. Com base nesses dados deve-se tentar eliminar ou reduzir estes pontos críticos de forma a melhorar o desempenho ambiental do produto ou serviço (MOURAD et al., 2002).

No desenvolvimento de novos produtos e serviços a partir dos dados da análise pode-se buscar um melhor desempenho ambiental e econômico, por meio da redução dos desperdícios. Com relação aos produtos, a otimização pode auxiliar a eficiência do processo produtivo, da logística de distribuição e o abastecimento de matéria-prima, pois o conhecimento global do produto permite a busca por alternativas que melhorem o desempenho ambiental (MOURAD et al., 2002).

Segundo Mourad et al (2002) a ACV pode otimizar os sistemas de reciclagem por ser capaz de determinar a melhor taxa de reciclagem para cada material. Além disso, pode também indicar qual é o processo de reciclagem mais viável para cada tipo de produto.

Com relação à rotulagem ambiental, a análise do ciclo de vida ajuda na sua melhoria, tornando-a mais transparente e científica. É importante ressaltar que a extensão do estudo pode variar em função do tipo de rótulo. Esta ferramenta serve como suporte para a

interpretação dos dados, além de indicar os critérios que serão considerados relevantes (MOURAD et al., 2002).

3.3 As Fases da Análise do Ciclo de Vida

Por requerer uma avaliação muito complexa e detalhada, a norma ISO 14040:1997 divide a avaliação do ciclo de vida em quatro fases: definição do objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação. O primeiro passo é muito relevante, pois é o planejamento do estudo. Na fase de análise do inventário faz-se o levantamento, compilação e quantificação de todas as entradas e saídas do sistema no que se refere à energia, recursos naturais e emissões para água, terra e ar. Na avaliação do impacto ambiental procura-se entender e avaliar a intensidade e o significado das alterações potenciais sobre o meio ambiente associadas ao consumo de energia, de recursos naturais e da emissão de substâncias, relativas ao ciclo de vida do produto. A última fase é a da interpretação, na qual vão se juntar todos os dados adquiridos nas fases anteriores para chegar às conclusões e recomendações, que visam indicar melhorias ambientais (MOURAD et al., 2002).

A seguir, será explicado, com maior detalhe, cada uma das fases sugeridas pela norma NBR ISO 14040:2001.

3.3.1 Fase 1 - Objetivo e Escopo

A definição do objetivo e do escopo é a fase onde se mostra a razão para a condução do estudo, sua abrangência e limites, a unidade funcional a metodologia e os procedimentos necessários para garantir a qualidade do estudo (CHEHEBE, 1998). Quanto ao escopo, o conteúdo mínimo deve conter as três dimensões: profundidade, ou seja, o nível de detalhes de estudo; largura, o número de subsistemas que estarão incluídos; e extensão, onde será o início e o fim do estudo do ciclo de vida.

De acordo com a terminologia da ABNT NBR ISO14040 deve-se definir o sistema do produto, que é o conjunto de unidades de processo, conectadas material e energeticamente, que realiza uma ou mais funções definidas. A unidade de processo é a menor porção de um sistema de produto para a qual são coletados dados quando é realizada uma avaliação do ciclo de vida (NBR ISO 14040:2001).

O sistema é dividido em unidades de processo para facilitar a identificação das entradas e saídas, pois acontece de algumas entradas de determinado sistema não fazerem parte do produto final. Cada unidade de processo deve ser descrita para definir: onde a unidade de

processo inicia, em termos de recebimento das matérias primas ou produtos intermediários; a natureza da transformação e operações que ocorrem como parte das unidades de processo e onde a unidade de processo termina, em termos de destinação dos produtos intermediários ou finais (CHEHEBE, 1998).

Os subsistemas de energia, de edificações e de equipamentos devem estar presentes em todos os estudos, pois potencialmente também geram impactos ambientais. São eles: subsistemas de energia, de edificações e equipamentos. No entanto, este nível de detalhe pode tornar inviável a análise, de modo que se utiliza modelos reduzidos para facilitar a sua. A elaboração dos modelos tem relação com a precisão dos resultados e a viabilidade prática do estudo. Inicialmente inclui-se todos os subsistemas constituintes do ciclo de vida do produto, só então alguns são excluídos de acordo com critérios definidos - a norma ABNT NBR ISO14040 sugere os critérios de massa, energia e relevância ambiental - e explicitados no relatório final (SILVA e KULAY, 2006).

3.3.2 Fase 2 - Análise do Inventário

A análise do inventário é a fase em que serão coletados e quantificados os dados das variáveis relevantes para o estudo, as necessidades de matéria e de energia e as disposições de rejeitos de materiais e energéticos associados ao ciclo de vida do produto. Esta é a fase mais longa do estudo (SILVA e KULAY, 2006).

Segundo Chehebe (1998), a análise do inventário na prática é difícil e trabalhosa de ser feita devido à indisponibilidade de dados e à necessidade de estimar alguns deles. Esta parte do estudo consta da coleta e tratamento de dados. Deve ser feito um fluxograma com todas as unidades do processo e suas relações, mostrando o fluxo de matéria e energia que circula entre as unidades. Para facilitar a execução do inventário deve ser feito um balanço de massa e energia, de forma que o total que entra deve ser igual ao que sai (SILVA e KULAY, 2006).

A coleta de dados pode ser feita de duas formas: diretamente nos locais de produção, que são os dados primários, ou através da literatura, que são os dados secundários. Em geral ocorrem os dois tipos de coleta (SILVA e KULAY, 2006).

Segundo Silva e Kulay (2006), depois de tratados, para permitir a operacionalização, os dados são transformados em tabelas com os valores agregados dos aspectos ambientais, expressos em relação determinada quantidade de produto, denominada unidade funcional. Outra forma de tratamento é a alocação, que é utilizada nos casos em que um processo gera, além do produto principal, pelo menos um co-produto. Assim, a carga ambiental acumulada

deve ser dividida e alocada entre os diversos produtos gerados. Esta alocação é feita em função de critérios subjetivos, mas uma forma um pouco mais justa também deve ser usada: os critérios baseados em parâmetros físicos ou no valor econômico.

Chehebe (1998) diz que esse princípio da alocação se aplica para o reuso e reciclagem através dos dois tipos de reciclagem: o de ciclo aberto, onde o rejeito de um sistema é utilizado em outro sistema; ou o de ciclo fechado quando um processo de um sistema é coletado e retorna para o mesmo sistema ou quando um produto final é reutilizado sem deixar o sistema. Estas situações, no entanto, podem requerer cuidados adicionais, pois o reuso e a reciclagem pode implicar no compartilhamento de entradas e saídas, o que pode significar disposição final dos produtos por mais de um sistema; podem também alterar as propriedades inerentes dos materiais, fato que deve ser levado em consideração nos cálculos de realocação.

Por fim, o produto final desta etapa é uma tabela com a relação dos aspectos ambientais quantificados associados ao ciclo de vida do produto. Esta tabela será usada na etapa de avaliação dos impactos ambientais potenciais.

3.3.3 Fase 3 - Avaliação de Impacto

A avaliação do impacto é análise da magnitude e significância dos impactos ambientais baseados nos resultados obtidos na análise de inventário. Este é feito por meio da análise dos potenciais impactos ambientais associados aos aspectos ambientais identificados na etapa de análise do inventário (BASTOS e VALLE, 2007).

Segundo o texto da ISO CD 14042, o processo de avaliação do impacto deve ser composto por quatro elementos:

- Seleção e definição das categorias - nesta fase os grandes focos de preocupação ambiental são identificados, juntamente com as categorias e os indicadores que serão utilizados, categorias estas que devem ser determinadas com base nos conhecimentos científicos dos processos e mecanismos ambientais.
- Classificação - nesta fase os dados do inventário são classificados e agrupados em diversas categorias selecionadas, que estão relacionadas a efeitos e impactos ambientais conhecidos, como o aquecimento global, saúde humana, exaustão dos recursos naturais, dentre outros.
- Caracterização - nesta fase os dados do inventário atribuídos a uma determinada categoria são modelados de forma que os resultados possam ser expressos na forma de um

indicador numérico para aquela categoria. Nele constará a contribuição de todos os aspectos ambientais.

- Atribuição de pesos - esta parte é subjetiva e a base para a distribuição dos valores é o perfil ambiental do sistema. O fator de ponderação muda de acordo com o país, ou até num mesmo país, em função das diferenças nas condições locais.

Segundo Chehebe (1998), a avaliação de impacto pode ser desnecessária para algumas aplicações da análise do ciclo de vida, sendo justificada para os casos de avaliação de oportunidades de melhoramentos do sistema, em casos em que a avaliação detalhada facilite a tomada de decisão, ou na indicação da forma como outras técnicas ambientais podem fornecer dados complementares e informações para os tomadores de decisão.

3.3.4 Fase 4 - Interpretação

A última fase é a de interpretação nela serão apresentados os dados das fases anteriores segundo os objetivos estabelecidos no início e de forma que possam servir de recomendações para os tomadores de decisão.

Segundo Chehebe (1998), esta fase compreende três etapas: (1) identificação das questões ambientais mais significativas baseadas nos resultados da análise do inventário e/ ou ACV; (2) Avaliação, que pode incluir elementos tais como a checagem da integridade, sensibilidade e consistência; e (3) recomendações e relatórios sobre as questões ambientais significativas.

3.4 A ACV como Ferramenta de Gestão Ambiental

A ACV passa a ser uma importante ferramenta de gestão ambiental, pois por meio dela, os gestores têm a oportunidade de tomar decisões a partir de dados sobre toda a vida do produto, desde a fase de matéria prima até a fase de reciclagem reuso ou disposição final, passando pela manufatura e geração de energia, sem esquecer o transporte. Assim, pode-se avaliar como escolhas pontuais em qualquer uma dessas etapas podem exercer influência econômica, ambiental ou para a sociedade, e direcionar as decisões de forma a evitar problemas com o meio ambiente e até modificar sistemas para torná-los ambientalmente corretos (SONNEMAN e LEEUW, 2006).

A ACV, além de uma importante ferramenta de avaliação para a gerência, é também importante para análise das partes interessadas. Pois, sua aplicação na fase de projeto do produto é capaz de identificar as etapas críticas do processo, com maior impacto ambiental,

contribuindo assim, para a otimização da tecnologia e utilização de uma tecnologia limpa (KLEMES e HUISINGH, 2004).

Segundo Sandén e Karlström (2007), a ACV em sua forma padrão, pode ser utilizada para analisar produtos e tecnologia, dando uma visão completa dos impactos ambientais por estes gerados. Do ponto de vista gerencial, a ferramenta traz bons resultados para decisões tomadas sobre partes restritas do processo relativas ao tempo presente, não sendo efetiva, para decisões estratégicas de longo prazo, motivo pelo qual a metodologia é criticada.

Sandén e Karlström (2007) apresentam dois tipos de metodologias que são mais aplicadas a decisões estratégicas. Elas são, basicamente, a união da análise do ciclo de vida com uma ferramenta de avaliação de causa e consequência. A primeira é a análise do ciclo de vida “*attributional*” uma metodologia que tem seu foco no mapeamento dos impactos ambientais de produtos que podem ser contabilizados, sendo esta uma ferramenta mais descritiva, retrospectiva. Desta forma, os resultados deste método são mais adequados para análises de produtos ou processos produtivos específicos. A segunda é a análise do ciclo de vida “*consequential*”, que é mais voltada para a descrição de das consequências das mudanças, sendo esta mais prospectiva. Sendo esta mais indicada para a análise de impactos em circunstâncias mais gerais. Assim, para os autores, os dois tipos híbridos da análise do ciclo de vida podem ser utilizados como ferramentas de apoio a decisões estratégicas para a escolha de tecnologia.

A ACV é uma ferramenta preventiva, seu resultado mostra a empresa quais produtos contribuem de forma significativa para a o não atendimento aos padrões da legislação com relação à poluição. As informações são bastante úteis para a tomada de decisão com relação à fabricação de determinado produto. Além de melhorar o relacionamento e imagem junto a clientes e fornecedores (BASTOS e VALLE, 2007).

Segundo Seo e Kulay (2006), a ACV vem se colocando como uma importante ferramenta de gestão ambiental. Provavelmente, por ser esta a única da classe que permite, por um foco de abordagem sistêmico, não só a identificação de oportunidades de melhoria no desempenho ambiental de um produto, como também a comparação ambiental de produtos que desempenhem a mesma função. Ela também se destaca por apresentar uma análise bem estruturada e por ser baseada em sistemas capazes de quantificar os impactos, sendo assim, bastante objetivo.

A sociedade e a legislação têm exigido, cada vez mais, uma atitude proativa das empresas com relação à diminuição e até eliminação dos impactos ambientais gerados pelos

produtos e processos. Nesse contexto, a utilização da análise do ciclo de vida torna-se uma forma objetiva avaliação dos processos de aquisição de dados, o que é de muita utilidade para a gestão ambiental.

Além disso, os resultados obtidos com aplicação da metodologia servem como base para a gerência tomar decisões para curto prazo, que podem trazer melhorias para os processos da empresa e até decisões estratégicas, no que diz respeito à aquisição de novas tecnologias, ou lançamento de “produtos verdes”. A ACV também é de grande valia quando o produto ainda está em fase de planejamento, pois este será planejado dentro de padrões ambientalmente corretos, o que pode trazer outros ganhos para a organização além da conformidade com a legislação.

De acordo com os princípios da gestão ambiental citados anteriormente as empresas devem estar preocupadas com o desenvolvimento de pesquisas para a melhoria contínua dos produtos e equipamentos mais eficientes no que diz respeito ao baixo consumo de energia. Para por em prática esses princípios, a ACV pode ser uma grande aliada, pois mostrará a gerência da organização onde estão os pontos críticos, ou seja, onde estão as oportunidades de melhoria que trarão melhores resultados.

A melhoria em termos de tecnologia traz para a empresa ganhos financeiros, pois o aumento da eficiência do maquinário, a redução de embalagens ou de emissões atmosféricas e efluentes líquidos geram economias e conseqüentemente redução dos custos. E, da mesma forma que anteriormente todos esses pontos podem ser identificados através de uma avaliação do ciclo de vida.

3.5 Casos de Sucesso

Neste tópico serão apresentados alguns casos de sucesso da utilização da Análise do Ciclo de vida presentes em literaturas recentes.

3.5.1 Caso de uma Empresa de Cosméticos

A empresa de cosméticos, fragrância e higiene pessoal tem uma receita bruta de 1,4 bilhão de reais. Ela atinge 90% dos municípios brasileiros por meio de suas consultoras, tendo também participação em outros países da América Latina e na França.

Estudos feitos por Maranzato (2005) e Maranzato e Mendes (2006) com a aplicação da análise do ciclo de vida demonstram que sua aplicação realmente pode trazer resultados no

que diz respeito à aquisição de informações sobre os impactos ambientais de produto e processos.

A empresa citada tem uma grande preocupação com o meio ambiente, por isso utiliza de ferramentas como a análise do ciclo de vida para estar continuamente melhorando seus produtos e embalagens sem deixar de lado a qualidade. Além de reduzir tem a preocupação com diminuir os lançamentos de produtos causadores de impactos ambientais. A empresa se destaca por ter o maior centro de pesquisa e desenvolvimento de cosméticos do Brasil e por investir grandes montantes em inovação, criação de novos produtos.

Um estudo apresentado em 2005 mostra que a empresa incentiva a compra de embalagens em forma de refil. Análise feita através do Ecoindicator 99 mostra que a embalagem regular gera um impacto de 7,58, enquanto a refil este impacto é reduzido para 5,53. O estudo mostra também que foi feito um esforço no intuito de reduzir o máximo possível da massa de polipropileno das embalagens, que é o que se tem tentado aperfeiçoar, cada vez mais, na empresa e vem trazendo resultados (MARANZATO, 2005).

Já é prática da empresa a utilização de um sistema de produção e consumo fechado em si mesmo, no qual além da utilização de materiais renováveis, os materiais são reutilizados e reciclados, o que forma ciclos tecnológicos. Desta forma, a tendência é que estes ciclos sejam autônomos em relação aos ciclos naturais.

Estudos realizados com as sacolas de polipropileno utilizadas pela empresa mostram que 17,5% do material das sacolas eram reciclados. Com a mudança do material, que passou a ser papel reciclado, este número aumentou para 35%. De acordo com o *Eco indicator* 99, a primeira gera um impacto de 4,68 enquanto na segunda este número cai para 3,52 (MARANZATO e MENDES, 2006).

3.5.2 Caso de uma Empresa do Ramo Automobilístico

Este estudo foi realizado por Goergen et al. (2007), para uma empresa do ramo automobilístico com o objetivo de comparar duas peças de revestimento interno (tampa da central elétrica do painel) uma produzida com fibra de sizal e pitol de mamona e segunda de fibra de vidro com pitol petroquímico. O estudo foi limitado e considerou apenas a etapa de fabricação.

Os dados do estudo comprovam que a tampa produzida com fibra de sizal é ambientalmente melhor que a fibra de vidro e sua utilização se justifica pela diminuição do consumo de matéria prima não renováveis e diminuição da agressão ambiental. Fato que

confirmou para a empresa a importância da aplicação da metodologia de ACV durante o planejamento para desenvolvimento de novos produtos, pois aumenta a possibilidade de utilização de um produto ecologicamente correto (GOERGEN et al., 2007). Segundo o estudo, pode-se observar uma grande diferença com relação ao impacto ambiental gerado em três categorias: Contribuição dos processos para a geração de resíduos, para a formação do efeito estufa e para a formação de chuva ácida. Em todos os casos a fibra de sizal teve um melhor resultado ambiental.

3.5.3 Caso de Embalagens para Refrigerante

O estudo citado foi executado por Valt (2004), através da aplicação da ACV na cadeia produtiva do vidro, do alumínio e de PET, que são os tipos de embalagens mais utilizadas como envase de refrigerante, com intuito de qualificar e quantificar os impactos ambientais associados à reciclagem cada uma destas embalagens. Para efeito de comparação dos três tipos foi utilizado o eco-indicador 95. Os aspectos ambientais considerados foram:

- Recursos naturais e matéria-prima secundária;
- Recursos energéticos (energia elétrica e combustível);
- Consumo de água;
- Emissão atmosférica;
- Efluente líquido;
- Resíduos sólidos (mineral, industrial e inerte);

De acordo com os valores do eco indicador obtidos para as categorias citadas acima, a garrafa PET é a embalagem mais danosa para o meio ambiente, com um índice 0,2547, enquanto que a lata de alumínio é a que causa menores danos com um índice 0,0108.

O estudo mostra também que um aumento da taxa de reciclagem das embalagens de alumínio gera uma maior redução quantitativa do consumo de energia, de recursos naturais e na emissão de poluentes atmosféricos, enquanto que o aumento da reciclagem de garrafas PET tem uma maior diminuição de efluentes líquidos. Na direção inversa, o aumento da reciclagem de garrafas de vidro aumenta o consumo de água e conseqüentemente a emissão de efluentes líquidos.

Pôde-se constatar também que com relação ao transporte a utilização do transporte ferroviário polui quatro vezes menos que o rodoviário.

Algumas observações foram feitas a respeito de melhorias nas etapas de produção, que diz respeito ao maior reaproveitamento da água de lavagem das garrafas de vidro e

diminuição das perdas de processo dessas garrafas. Para as latas de alumínio a melhoria deve ser na diminuição da formação de lama residual na etapa de produção da alumina.

Quanto à aplicação da metodologia análise do ciclo de vida ficou clara a complexidade da coleta de dados e grande demanda de tempo para tal atividade e a necessidade da realização de um inventário de emissões atmosféricas nacionais, pois da forma que o estudo foi feito só reflete a realidade de algumas regiões específicas.

3.5.4 Caso da Escolha de Combustíveis para o Transporte Rodoviário

O caso a seguir é relativo a um estudo feito por Mattos, D'Agosto e Ribeiro (2002), baseado em dados americanos, para mostrar a importância da análise do ciclo de vida na escolha e planejamento do uso de combustíveis para o transporte rodoviário. Assim o objetivo do estudo foi gerar informações para os tomadores de decisão, para que eles escolham a melhor alternativa entre os combustíveis disponíveis para o uso em veículos.

As alternativas foram restringidas a duas: os combustíveis tradicionais, provenientes de fontes não renováveis, e os combustíveis alternativos, provenientes de fontes renováveis com origem na biomassa. O que é uma alternativa a utilização de combustíveis provenientes do petróleo e menos poluentes.

Para o estudo citado, as variáveis de decisão adotadas foram: o consumo de energia, emissão de gases do efeito estufa, emissão de poluentes atmosféricos e o custo. Um universo mais restrito que o que se usa normalmente.

A avaliação é feita tomando um dos combustíveis como referência e os demais são avaliados em relação a ele. O estudo mostra que em se tratando de consumo de energia o óleo diesel e o gás natural comprimido são as alternativas mais viáveis, enquanto que o etanol seria a menos viável. Esta não corresponde à realidade brasileira, onde o etanol já possui uma tecnologia mais desenvolvida, fato que se repete para a produção de petróleo e gás natural, já que a realidade do país é a exploração em águas profundas.

Para combustíveis não renováveis considera-se que a exploração e perfuração representam um menor papel no estágio de produção de matéria prima. No caso dos combustíveis da biomassa devem-se considerar todas as fases da cultura.

O transporte da matéria-prima deve ser caracterizado pelo tipo de matéria-prima e pela distância. No caso do petróleo é feito por oleodutos ou navios tanque. Por isso os primeiros normalmente são processados próximo ao local de plantio, para reduzir o custo de transporte.

Desta forma, o estudo conclui que a ACV permite uma priorização de alternativas energéticas com base na avaliação da utilização de recursos naturais e impactos ambientais. Sendo importante a realização de um estudo que contemple a realidade brasileira

3.6 Resumo do Capítulo

A idéia da análise do ciclo de vida surgiu desde a década de 60 devido à preocupação da Coca-cola com os resíduos gerados por suas embalagens. No entanto, somente nos anos 90 a ferramenta foi padronizada e difundida por inúmeras empresas nos diversos países do mundo.

A análise do ciclo de vida é uma técnica que estuda todas as etapas da vida de um produto ou serviço com o objetivo de mensurar os potenciais impactos ambientais. Devido a sua complexidade, a norma NBR ISO 14040:2001 divide sua aplicação em quatro fases: a primeira é a fase de definição de objetivo e escopo, onde será delimitado o estudo; depois é a fase de análise do inventário, na qual se quantificam as variáveis, conforme foi estabelecido na etapa anterior; a terceira etapa é a avaliação do impacto, que diz respeito à análise dos dados da etapa anterior, ou seja, é feita uma análise de significância dos impactos ambientais e por fim é a interpretação, que é a apresentação dos resultados do estudo baseado no objetivo estabelecido inicialmente.

Devido a sua grande abrangência de todo o processo, a ACV é uma importante ferramenta para a gestão ambiental, pois fornece dados para a análise detalhada de cada processo, possibilitando, o aumento da sua eficiência e a melhoria dos produtos.

Para comprovar a utilidade da ferramenta foram apresentados alguns casos que utilização da ACV e seus resultados positivos.

No próximo capítulo são apresentadas as conclusões deste trabalho e as sugestões para trabalho futuros.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Conclusões

A realização deste trabalho foi de grande valia para uma melhor e mais aprofundada compreensão da Análise do Ciclo de Vida (ACV) de produtos. A apresentação da metodologia utilizada evidencia a importância de conhecer minuciosamente cada etapa da vida dos produtos e como ele interage, positiva ou negativamente com o meio ambiente.

Como a relação entre os produtos e a natureza é inevitável a ACV ajuda, através do fornecimento de dados, a entender e sistematizar este relacionamento, que pode-se chamar de aspectos ambientais, de forma a apontar as etapas mais críticas e assim possibilitar mudanças nos processos de fabricação e no produto propriamente dito.

Assim, de acordo com a definição de Chehebe (1998), a análise do ciclo de vida é uma técnica para a avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto.

Os benefícios desta ferramenta vão além da descrição dos aspectos ambientais, pois a ACV é capaz de quantificar a energia utilizada nos processos e a emissão de poluentes, entre outros aspectos. Por isso, esta pode também ser, de forma moderada, uma ferramenta de apoio a decisão da alta gerência para a tomada de decisões estratégicas, no que diz respeito oportunidades de otimização dos seus processos, além de possibilitar a administração da performance ambiental da empresa, por meio do controle de indicadores relevantes para a organização.

Tibor e Feldman (1996) afirmam que a ACV também tem algumas limitações, pois estudos relacionados a esta ferramenta são intensivos em tempo e recurso, além de a coleta de dados ser bastante complexa e cara. Os métodos da ACV envolvem muitas e variadas fontes de dados e estes variam em disponibilidade. Nem sempre é possível coletar todos os dados de determinado ciclo em uma única organização, de modo que o maior interesse que todos os envolvidos, não apenas na cadeia produtiva, mas também os consumidores de um produto estejam polarizados para a necessidade de registrar dados importantes para a aplicação desta valiosa ferramenta, o que regra geral ainda não ocorre.

Para Mourad et al. (2002), não se pode esperar que ela sozinha subsidie o gerenciamento ambiental e a tomada de decisão, pois normalmente também estão envolvidas questões sociais, tecnológicas ou comerciais. Desta forma, esta ferramenta deve ser integrada

a outros instrumentos de análise para a obtenção de um melhor resultado final (MOURAD et al., 2002).

Como a ACV fornece o inventário de tudo o que entra e o que sai da cadeia produtiva ela pode também ser um meio de identificação de possíveis produtos substitutos, com melhor performance.

Assim, diante da busca pelo desenvolvimento sustentável, por meio da implantação de sistemas de gestão ambiental a ACV é muito útil, pois é a única metodologia que analisa toda a vida do produto, desde sua concepção, até sua disposição final. Por isso, ela vem sendo usada com sucesso para a gestão dos recursos e possíveis impactos gerados por determinada atividade.

4.2 Limitações

No que diz respeito à execução do trabalho o tempo foi um fator limitante, impossibilitando um estudo mais aprofundado sobre o assunto e uma pesquisa com um maior número de artigos.

Também é uma limitação do trabalho a ausência de um estudo de caso, existindo apenas casos de sucesso já existentes na literatura.

4.3 Sugestões para Trabalhos Futuros

Como complemento a este trabalho sugere-se estudos que estejam focados no desenvolvimento de avaliações do ciclo de vida para diferentes produtos tendo como objeto principal processos específicos.

Pode-se também estudar a integração da ACV com instrumento de análise, possibilitando melhores resultados do ponto de vista estratégico.

Finalmente, a interligação entre a ACV e a logística reversa dos produtos pode ser uma área extremamente rica a ser explorada em estudos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL – Associação Brasileira de Alumínio. **Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <<http://www.abal.org.br/desenvsust/introducao.asp>>; acesso em 16/11/2007.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001 – Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com Orientação para Uso**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14004 – Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes Gerais sobre Princípios, Sistemas e Técnicas de Apoio**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14040 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2001.

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

ANDRADE, H. **Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos: Transparência na Gestão Ambiental das Empresas** [s/d]. Disponível em <<http://www.ecoviagem.com.br/ecoviagem-brasil/artigos/avaliacao-do-ciclo-de-vida-de-produtos-transparencia-na-gestao-ambiental-das-empresas.asp>> Acessado em 22/11/2007.

ANDRADE, R. O. B.; TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A. B. **Gestão Ambiental – Enfoque Estratégico Aplicado ao Desenvolvimento Sustentável**. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 2002. 232p.

BASTOS, A. L. A.e VALLE, J.A. B.a FERRAMENTA. **Avaliação do Ciclo de Vida do Produto (ISO 14040), o Gerenciamento Ambiental Preventivo e a Melhoria do Desempenho Ambiental**. Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2007.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Análise do Ciclo de Vida**. Brasília, 2002. Disponível em <[http://www.cempre.org.br/biblioteca_detalle.php?codeps=fGFuYWxp2UgZG8gY2ljbG8gZGUgdmlkYXwxOTgwEFMTHxBcnJheQ==](http://www.cempre.org.br/biblioteca_detalle.php?codeps=fGFuYWxp2UgZG8gY2ljbG8gZGUgdmlkYXwxOTgwEFMTHxBcnJheQ==>)>; acesso em 20/10/2007.

CETEA – **Análise do Ciclo de Vida**. Informativo – vol. 8 – nº1 Campinas: Editora CETEA, 1996.

CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos**. In: 2º Congresso Internacional de Tecnologia Metalúrgica de Materiais/ ABM. São Paulo, outubro, 1997.

CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos – Ferramenta gerencial da ISO 14000**. São Cristovão: Qualitymark, 1998. 120p.

CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos**. In: 2º Congresso Internacional de Tecnologia Metalúrgica de Materiais/ ABM. São Paulo, outubro, 1997.

COLTRO, L. **Avaliação do ciclo de Vida como Instrumento de Gestão**. Campinas: CETEA/ITAL, 2007. Disponível em <<http://www.cetea.ital.org.br/>> ; acesso em 05/11/2007.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na Empresa**. 2 ed. São Paulo:Atlas, 1999.169p.

GOERGEN, L. R.; DOKI, C.; CASA, F.; NEIS, A. M.; FARRARESI, G. **Avaliação do Ciclo de Vida – Ferramenta para Avaliação de Performance Ambiental de Produtos, Processos e Materiais Referentes à Indústria Automobilística**. Disponível em <http://www.cempre.org.br/biblioteca_detalhe.php?codeps=fGFuYWxpc2UgZG8gY2ljbG8gZGUgdmlkYXwxMzg0fEFMTHxBcnJheQ==>; acesso em 20/10/2007.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 14040 – Environmental management- Life cycle assessment – principles and framework**. Genebra, 1997.

JACOBI, P. Meio Ambiente e Sustentabilidade. In: **O Município no Século XXI: Cenários e Perspectivas**. Ed. Especial. São Paulo, 1999. 400p

KLEMES, J.; HUISINGH, D. **Economic use of Renewable Resources, LCA, Cleaner Batch Processes and Minimising Emissions and Wastewater**. Journal of Cleaner Production, Amsterdam, 16(2): 159-163, janeiro, 2008. In: Process Integration, Modelling and Optimization for Energy Saving and Pollution Reduction, 2004.

MARANZATO, F. **Estudos de ACV Aplicados ao Desenvolvimento de Cosméticos**. Cajamar, 2005.

MARANZATO, F. e MENDES, A. **Estudo de caso de ACV – As Novas Sacolas de Papel Reciclado da Natura**. Cajamar, 2006.

MATTOS, L. B. R.; D'AGOSTO, M. de A.; RIBEIRO, S. K. **A Importância da Análise do Ciclo de Vida na Escolha dos Combustíveis Usados nos Transportes Rodoviários**. In: XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2002, Natal. Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro: Associação nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2002. v. 1. p. 285-296.

MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL. **Aplicação da Análise do Ciclo de Vida no Brasil**. Ano VII, 42(41): 72-80, março/abril, 2003.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e Gestão Ambiental**. 4 ed. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2004. 416p.

MOURAD, A. L.; GARCIA, E.E.C.; VILHENA, A. **Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Aplicações**. Campinas: CETEA/CEMPRE, 2002.

PASSOS, L. A. N. **Gestão Ambiental e Competitividade: Um Estudo do Setor Químico Brasileiro**. Londrina, 2003. 166p. Dissertação (Mestrado em Gestão de Negócios), Universidade Estadual de Maringá, 2003.

RIBEIRO, C.M.; GIANNETI, B.F.; ALMEIDA, C.M.V.B. **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): Uma Ferramenta Importante da Ecologia Industrial**. Revista de Graduação de Engenharia Química, 2003. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq12/art4.htm>>. Acesso em 29/07/2007.

SANDÉN, B.; KARLSTRÖM, M. **Positive and Negative Feedback in Consequential Life-Cycle Assessment**. Journal of Cleaner Production, Amsterdam, 15 (15): 1469–1481, outubro. 2007.

SCHMIDINGER, A. N. e NARODOSLAWSKY, M. **Life Cycle as an Engineer's tool?** Journal of Cleaner Production, Amsterdam, 15 (15): 1469 – 1481, janeiro. 2008. In: Process Integration, Modelling and Optimization for Energy Saving and Pollution Reduction, 2004.

SEO, E. S. M. e KULAY, L. A. **Avaliação do Ciclo de Vida: Ferramenta Gerencial para a Tomada de Decisão**. Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, São Paulo, 1 (1), agosto, 2006.

SILVA, G. A. e KULAY, L. A. Avaliação do ciclo de vida. *In*: JÚNIOR, A. V. e DEMAJOROVIC, J. **Modelos e Ferramentas de Gestão Ambiental - Desafios e Perspectivas para as Organizações**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

SONNEMAN, G. **Environmental damage estimations in industrial process chains – Methodology development with case study on waste incineration and special focus on human health**. Tese (doutorado) - Tarragona. 332p. Universitat Rovira i Virgili – Espanha. 2002.

SONNEMANN, G.; LEEUW, B. **Life Cycle Management in Developing Countries: State of the Art and Outlook**. The International Journal of Life-Cycle Assessment, Landsberg, 11(1): 123-126, janeiro. 2006.

STANO, L. C. **Avaliação do Ciclo de Vida: Uma Ferramenta que Merece Ser Mais Conhecida**, 2005. Disponível em <http://www.brasilpnuma.org.br/pordentro/artigos_011.htm>; Acesso em 22/11/2007.

TIBOR, T. e FELDMAN, I. **ISO14000 Um Guia para as Novas Normas Ambientais de Gestão Ambiental**. São Paulo: Futura, 1996.

UNB – Universidade de Brasília. **Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <http://www.unb.br/temas/desenvolvimento_sust/>; acesso em 11/11/2007.

VALT, R. B. G. **Análise do Ciclo de Vida de Embalagens de PET, de Alumínio e de Vidro para Refrigerantes no Brasil Variando a Taxa de Reciclagem dos Materiais**. Curitiba, 2004. 193p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal do Paraná, 2004.