

Análise do Ciclo de Vida

Henrique Roberto de Herdani Brino (UTFPR) henriquerhbrino@hotmail.com

Antônio Carlos de Francisco (UTFPR) acfrancisco@utfpr.edu.br

Cassiano Moro Pierkarski (UTFPR) cassianomp89@hotmail.com

Leila Mendes da Luz (UFSC) mendes.leila@yahoo.com.br

Resumo:

Este estudo discute, teoricamente, e descrever a ferramenta Análise do Ciclo de Vida (ACV) e suas fases, bem como, difunde seus benefícios para organizações que buscam um desenvolvimento sustentável. O estudo utiliza as fases de ACV descritas na norma ABNT 14040, visando auxiliar futuras pesquisas que utilizem a ACV como ferramenta para obtenção de resultados ambientais referentes a um produto ou processo, para isso, apresenta um referencial teórico sobre ACV.

Palavras chave: ACV, Sustentabilidade, Ciclo de Vida.

Life-cycle Assessment

Abstract

This study discusses, theoretically, and describe the tool of Life Cycle Analysis (LCA) and its phases, as well as spreading its benefits to organizations seeking sustainable development. The study uses the phases of LCA described in ABNT 14040, to assist future research using LCA as a tool for achieving environmental results relating to a product or process, for it presents a theoretical framework of LCA.

Key-words: LCA, Sustainability, Life-cycle.

1. Introdução

Devido a crescente preocupação com questões ambientais, diversos tipos de organização buscam um desenvolvimento sustentável, que é definido pela Comissão Mundial do Desenvolvimento e Meio Ambiente em 1987 como “atender as necessidades da geração presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades”.

As legislações ambientais tem exigido um maior envolvimento das empresas em relação a conservação do meio ambiente, junto com o mercado consumidor que opta pelo, chamado, produto verde.

Neste contexto, uma visão das variáveis ambientais pode auxiliar as empresas na gestão ambiental de seus produtos. A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta para gestão

ambiental, ela fornece dados de um produto em todo o seu ciclo de vida, de sua origem à seu destino final (SONNEMAN *et al.*, 2004).

Este artigo apresenta um referencial teórico sobre Análise do Ciclo de Vida, visando auxiliar futuras pesquisas que utilizem a ACV como ferramenta para obtenção de resultados ambientais referentes a um produto ou processo.

2. Análise do ciclo de vida (ACV)

A Análise do Ciclo de Vida é uma ferramenta de gestão ambiental e também do Gerenciamento do Ciclo de Vida, no termo em inglês *Life Cycle Management* (LCM), que é uma estrutura de trabalho para analisar e gerenciar o desempenho de sustentabilidade de produtos e serviços. É uma abordagem de negócio que é usada para reduzir as emissões de carbono, resíduos sólidos e poluição da água, entre outros (UNEP/SETAC, 2009). A LCM utiliza diversas ferramentas para atingir esses objetivos, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma delas.

A ACV também serve de base para o gerenciamento do ciclo de vida – LCM (sigla em inglês). O conceito de LCM considera o ciclo de vida do produto como um todo e otimiza a interação entre o projeto do produto, a produção e as atividades do ciclo de vida. Projetar os produtos levando em conta seu ciclo de vida é um dos desafios enfrentados atualmente pelos fabricantes. Assim, os esforços feitos para aumentar a eficiência dos processos ao longo do ciclo de vida não implicam somente em estender a responsabilidade entre as partes envolvidas (COLTRO, 2007, p. 13)

Os estudos de ACV tiveram início com a crise do petróleo na década de 60, que levou ao questionamento sobre o limite de extração dos recursos naturais.

O interesse por estudos de ACV enfraqueceu após a crise do petróleo. Porém, a ACV ressurgiu na década de 80 em decorrência do crescente interesse pelo meio ambiente. A partir de 1990, os estudos de ACV se expandiram muito e foram impulsionados pela normalização proporcionada pela série de normas ISO 14040, com conseqüente aumento do número de estudos, publicações, conferências e congressos, os quais ainda continuam aumentando (COLTRO, 2007, p. 7)

Antes de serem criadas normas para estudos de ACV, muitos estudos, aparentemente iguais, davam resultados diferentes, que muitas vezes eram divulgados e causavam impacto no mercado de produtos (COLTRO, 2007). A instituição que mais contribuiu para a normalização foi a SETAC – *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* com nove conferências internacionais, com pesquisadores líderes na área, entre os anos de 1990 e 1993. Dessas conferências saiu a publicação SETAC *Guidelines for Life Cycle Assessment – a Code*

of practice (CONSOLI *et al.* 1993). Essa publicação orientou os trabalho para a norma internacional ISO - *International Organization for Standardization*.

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) avalia o impacto ambiental de um produto durante todo o seu ciclo de vida, isto é, desde a origem da matéria-prima até a disposição final no meio ambiente. Compreende, portanto, as fases de processamento, produção, embalagem e consumo, (Sonnemann *et al.*, 2004).

De acordo com Coltro (2007) a ACV permite identificar quais estágios do ciclo de vida apresentam contribuição mais significativa para o impacto ambiental do processo ou produto estudado.

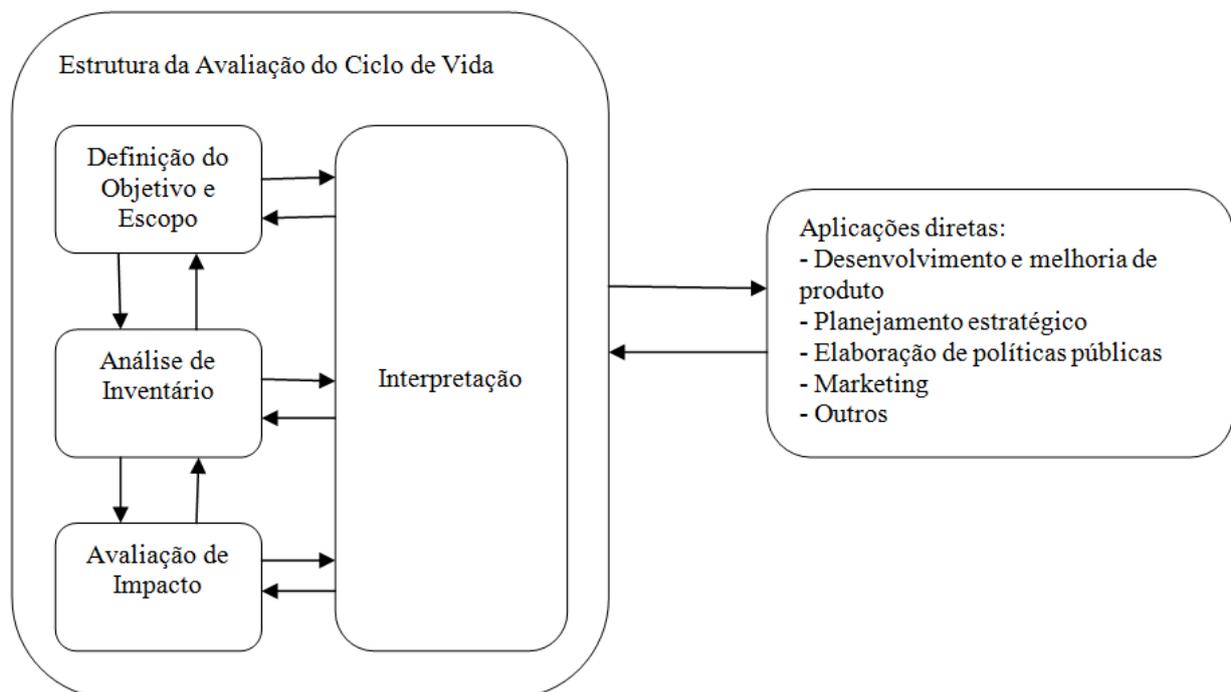


Figura 1: Fases de um estudo de ACV (ABNT, 2009)

A ACV pode ajudar na identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos, na tomada de decisões, na seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição, e no *marketing* – programa de rotulagem ecológica (ABNT, 2009). (Figura 1)

Um estudo de ACV deve incluir:

- Definição de Objetivo e Escopo;
- Análise de Inventário;
- Avaliação de impactos;
- Interpretação de resultados (ABNT, 2009).

Segundo com Coltro (2007) o estudo de ACV é iterativo e, assim, pode ser necessário retrabalhar alguma fase quando informações obtidas em outras fases afetarem tal fase. É comum o trabalho das várias fases paralelamente (Figura 1).

Definição do Objetivo e Escopo. Nesta primeira fase da ACV o objetivo do estudo deve declarar a aplicação pretendida, as razões de se realizar o estudo e para quem se destina os resultados do estudo, é nesta etapa que se define os requisitos da qualidade dos dados. Para assegurar que o estudo seja compatível com o objetivo do estudo o escopo deve ser bem definido. Na definição do escopo devem ser considerados e descritos os seguintes itens:

- As funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas;
- A unidade funcional;
- O sistema de produto a ser estudado;
- As fronteiras do sistema de produto;
- Procedimentos de alocação;
- Tipos de impacto e metodologia de avaliação de impacto e interpretação subsequente a ser usada;
- Requisitos dos dados;
- Suposições;
- Limitações;
- Requisitos da qualidade dos dados iniciais;
- Tipo de análise crítica, se aplicável; e
- Tipo e formato do relatório requerido para o estudo (ISO 14014, 2009).

Coltro (2007) destaca para esta fase a definição da unidade funcional, as fronteiras do sistema, estimativas, limitações, métodos de alocação e categorias de impacto que serão consideradas no estudo. Segundo a autora, “o objetivo e escopo incluem a definição do contexto do estudo ao qual estão associados, a quem e como os resultados serão comunicados” (COLTRO, 2007, p. 9).

Unidade funcional é a unidade de referencia quantitativa à qual estão relacionados os fluxos de entrada e saída (COLTRO, 2007).

Segundo ABNT (2009), A unidade funcional fornece uma base comum para comparações de resultados da ACV, deve ser definida e mensurável. Um sistema pode ter

mais de uma função, a escolha da que será utilizada depende dos objetivos e do escopo do estudo.

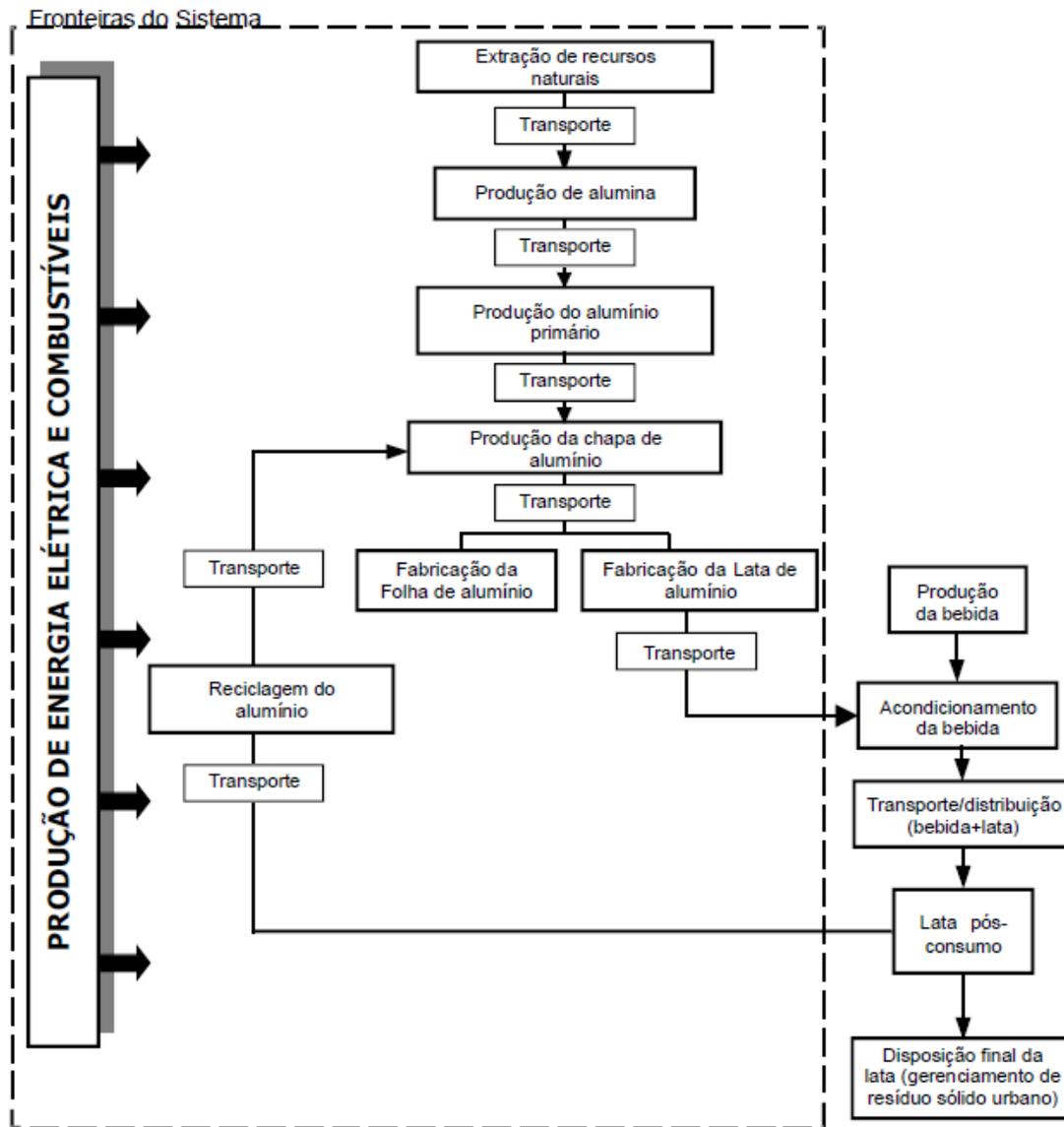


Figura 2: Representação esquemática das fronteiras do estudo (Coltro, 2007, p. 16)

Exemplo: em um sistema de produção de embalagens, a função pode ser a quantidade de embalagens produzidas. A unidade funcional pode ser 1000 kg de embalagens produzidas.

A ACV abrange todo o ciclo de vida, ou seja, todos os estágios da extração da matéria-prima até a disposição final, mas o sistema pode ser delimitado dependendo do objetivo e aplicação dos resultados do estudo (BASTOS; POSSAMAI, 2002). Delimitando o sistema cria-se as fronteiras do sistema.

Um exemplo dessa delimitação é o apresentado por Gatti, Queiroz e Garcia, *in* Coltro (2007), no sistema de reciclagem de latas de alumínio (figura 2).

As fronteiras são estabelecidas na fase de objetivo e escopo do estudo, no entanto, a fronteira final é definida quando foram coletadas informações suficientes na análise de inventário, segundo Coltro (2007). A autora também diz que a fronteira do sistema define todos os processos elementares que serão estudados, e destaca que as fronteiras precisam ser estabelecidas nas seguintes dimensões:

- Fronteiras em relação aos sistemas naturais: entre o sistema técnico e o meio ambiente, início e fim do sistema;
- Fronteiras geográficas: área geográfica do sistema;
- Fronteiras Temporais: passado, presente ou futuro;
- Fronteiras dentro do sistema técnico relacionadas a produção: atividades que constam do ciclo de vida;
- Fronteiras dentro do sistema técnico relacionadas com o ciclo de vida do produto: distribuição da carga ambiental entre os vários produtos.

Segundo Coltro (2007, p.9) “A alocação é o método utilizado para dividir a carga ambiental de um processo entre os diversos produtos nele gerados (co-produtos)”. A autora destaca ainda que a divisão da carga ambiental pode ser feita por alocação física, onde alterações quantitativas nos produtos ou em suas funções são correlacionadas com mudanças nos fluxos de entrada e saída, ou por alocação econômica, essa tem sido utilizada preferencialmente já que a motivação principal da produção é o valor agregado. A autora ainda destaca que quando o ciclo de vida de produtos diferentes são interligados deve-se utilizar critérios de alocação, e ainda

a norma ISSO 14041 (1998) recomenda que a fronteira do sistema seja expandida de modo que os co-produtos sejam incluídos no estudo ou o nível de detalhes do ciclo de vida seja ampliado, o que ajuda na identificação de dados relevantes que são específicos do produto (COLTRO, 2007, p. 11).

O dados tem de atender o objetivo do estudo, a qualidade dos dados aumenta a confiabilidade do estudo. Um estudo de ACV é um resumo de muitos dados de qualidade variável, por exemplo, dados de coletados no sistema e dados tirados de literatura representam realidade de modos bem diferentes. É crucial, portanto, transparência (COLTRO, 2007).

Devem ser definidos os requisitos da qualidade dos dados na fase de objetivo e escopo. Quando o estudo é utilizado para apoiar uma afirmação comparativa e é apresentado ao público deve ser utilizados requisitos de qualidade dos dados. Esses requisitos devem abordar:

- período de tempo coberto;

- área geográfica coberta;
- tecnologias cobertas;
- precisão, completeza e representatividade dos dados;
- consistência e reprodutibilidade dos métodos usados ao longo da ACV;
- fontes dos dados e sua representatividade;
- incerteza de informação (ABNT, 2009).

A ABNT (2009) estabelece que em comparações entre sistemas deve-se usar a mesma unidade funcional e considerações metodológicas equivalentes.

Análise de Inventário. Essa fase consiste na coleta de dados e procedimento de cálculos. Faz-se um balanço de massa e energia, o total do que entra no sistema deve ser igual ao que sai (BASTOS; POSSAMAI, 2002).

A coleta de dados e procedimento de cálculos quantifica as entradas e saídas do sistema. Essa fase fornece informações para a fase de avaliação de impacto. Esse fase constitui-se de um processo iterativo, durante o estudo pode-se ocorrer mudanças nos procedimentos de coleta dos dados, bem como, revisões da fase de objetivo e escopo do estudo (ABNT, 2009).

Nesta fase elabora-se um fluxograma do sistema em estudo, define-se as atividades e/ou processos que serão avaliados, e a fronteira do sistema, conforme mencionado anteriormente [2.3.1.2 fronteira do sistema]. O levantamento de entradas e saídas consideradas relevantes é feito para todas as etapas incluídas nas fronteiras do sistema. Os dados são compilados e as cargas ambientais são calculadas e relacionadas à unidade funcional (COLTRO, 2007).

ABNT (2009) menciona para entradas e saídas: o uso de recursos e liberações no ar, na água e no solo. Coltro (2007) menciona: consumo de recursos naturais e energia, emissões para o ar, água e solo. Saraiva *et al* (2007) menciona: energia, materiais e água, emissões para o ar, resíduos sólidos e líquidos, entre outros.

Segundo Saraiva *et al* (2007) a Análise de Inventário é a base do estudo de ACV. O software Umberto auxilia nesta fase permitindo uma análise de fluxo de entradas e saídas e nos cálculos.

Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV). Segundo ABNT (2009) a Avaliação de Impacto dirige-se à avaliação da significância de impactos ambientais potenciais, associando os dados obtidos na Análise de Inventário com impactos específicos. A escolha dos impactos e da metodologia que serão usadas depende do objetivo e escopo, existe subjetividade nesta escolha, portanto, é necessário que essa fase seja claramente descrita e

relatada, para que haja transparência. Para determinar quando os objetivos foram alcançados pode-se incluir um processo iterativo de análise crítica, pode-se também modificar o objetivo e o escopo do estudo caso não possam ser alcançados.

Essa fase tem como objetivo a compreensão e avaliação da magnitude e significância dos impactos potenciais (BASTOS; POSSAMAI, 2002). Coltro (2007) cita como impactos: acidificação, eutrofização, mudanças climáticas, etc.

Análise dos impactos ambientais: fase onde se identifica os impactos causados pelo produto estudado, identificando os efeitos sobre a humanidade e sobre o meio ambiente da utilização da água, energia, e materiais, classificando os dados do inventário baseando-se em impactos ambientais já conhecidos (Saraiva *et al*, 2007, p. 4).

Alguns elementos que podem ser incluídos nesta fase:

- Classificação – correlação de dados de inventário por categorias de impacto;
 - Caracterização – modelagem dos dados de inventário dentro das categorias de impacto
- e
- Ponderação – possível agregação dos resultados em casos muito específicos e somente quando significativos (ABNT, 2009).

Na primeira etapa da AICV, classificação, os dados do inventário são selecionados e atribuídos a categorias de impacto específicas. Na etapa seguinte, caracterização, os dados do inventário são multiplicados por fatores de equivalência para cada categoria de impacto, como por exemplo 1 kg de N₂O é equivalente à emissão de 296 kg de CO₂ e 1 kg de metano é equivalente a 23 kg de CO₂. Então, todos os parâmetros incluídos na categoria de impacto são somados e é obtido o resultado da categoria de impacto. Esta etapa de caracterização encerra a fase de AICV em muitos estudos de ACV. De acordo com a norma ISSO 14042 (2000), esta é a última etapa dos elementos obrigatórios desta fase (COLTRO, 2007, p.10).

Sobre o elemento Ponderação, Coltro (2007) explica que é o processo de conversão dos resultados a um único número. Os diferentes impactos ambientais ganham pesos na ponderação e é gerado um único número que representa o impacto ambiental do sistema de produto. A autora ainda cita dois outros elementos opcionais:

- Normalização, que é o cálculo da magnitude do resultado do indicador da categoria comparado com um valor de referência.
- Agrupamento, que é o agrupamento das categorias de impactos em conjuntos, podendo também serem classificados como alta, média e baixa prioridade.

No entanto esses últimos não são recomendados para o Brasil por possuírem modelos com base em outros países.

Interpretação. “A etapa de Interpretação consiste na identificação e análise dos resultados obtidos nas fases de inventário e/ou avaliação de impactos de acordo com o objetivo e o escopo previamente definidos para o estudo” (BASTOS; POSSAMAI, 2002, p.3).

Segundo Coltro (2007) a interpretação é o resumo dos resultados da análise de inventário e avaliação de impacto obtidos no estudo.

De acordo com a norma ISO 14043 (2000), na interpretação inclui-se a identificação dos impactos ambientais significativos; avaliação do estudo em relação a sua completeza, sensibilidade e consistência; bem como conclusões e recomendações de implementação de melhorias com a finalidade de reduzir os impactos ambientais significativos.

Segundo Chehebe (1997) os resultados da interpretação do Ciclo de Vida podem tornar-se conclusões e recomendações aos tomadores de decisão. A interpretação “permite identificar e escolher os melhores processos e produtos, ou formas de melhorá-los” (SARAIVA *et al*, 2007, p.4).

3. Conclusão

Este estudo auxiliou na compreensão da ferramenta Análise do Ciclo de Vida, o levantamento bibliográfico descreve o que é e como aplicar essa ferramenta que pode auxiliar grandemente tomadores de decisão na gestão ambiental de seus produtos ou processos.

O presente artigo atinge seu objetivo, fornecendo um material de estudo inicial para futuras pesquisas e difundindo os benefícios para as organizações que buscam um desenvolvimento sustentável.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009.

BASTOS, André Luis Almeida; POSSAMAI, Osmar. Modelo de apoio à decisão para fabricação baseado na avaliação da performance ambiental de produtos e dos objetivos estratégicos da organização. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais. 2002.

CHEHEBE, José Ribamar B. Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark, c1997. xiv, 104 p.

COLTRO, L. (org). Avaliação de Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão. Campinas: CETEA/ITAL, 2007. 72 p.

CONSOLI, F. et al. Guidelines for life-cycle assessment: a code of practice, Pensacola: SETAC, 1993, 73 p.

SARAIVA, Gabriela D. I.; LIMA JUNIOR, José A. T. de; XAVIER, Leydervan S.; PEIXOTO, José A. A. A metodologia da análise do ciclo de vida, apoiada pelo software Umberto, como ferramenta de gestão na perspectiva da sustentabilidade: um estudo de caso. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Anais. 2007.

SONNEMANN, Guido; CASTELLS, Francesc; SCHUHMACHER, Marta. Integrated life-cycle and risk assessment for industrial processes. London: Lewis Publishers, 2004.

UNEP/SETAC. Life Cycle Management: How business uses it to decrease footprint, create opportunities and make value chains more sustainable, 2009. Disponível em:

<<http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1208xPA-LifeCycleApproach-Howbusinessusesit.pdf>>

Acesso em: 29 de janeiro de 2011.