

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL: ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA¹

Janine Gomes da Silva²
Maristela Gomes da Silva³

Resumo

Nas últimas décadas, a sociedade humana desfrutou de fantástica diversidade de produtos, derivados dos novos materiais e tecnologias. Entretanto, a extração rápida e desordenada de recursos naturais mundiais para a industrialização de produtos e o beneficiamento de matéria-prima culminou na geração de cargas ambientais sobre o meio ambiente, comprometendo a qualidade de vida das cidades. Perante a gravidade e complexidade dos problemas ambientais, o conceito de desenvolvimento sustentável surge como resposta às crescentes pressões, levando em conta os princípios éticos, sociais, econômicos e ambientais envolvidos. Na vertente ambiental do desenvolvimento sustentável, a Análise do Ciclo de Vida (LCA) caracteriza-se como um dos principais instrumentos de sistemas de gestão ambiental, tendo por meta, estabelecer uma imagem estruturada e holística dos sistemas de produção, permitindo a visualização concreta e mensurável dos potenciais impactos ambientais resultantes de todos os estágios do ciclo de vida do produto, processo ou sistema sobre as atividades humanas, o meio ambiente e as reservas de recursos naturais, auxiliando o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias alternativas de maior eficiência ambiental, a estruturação e implantação de regulamentações e políticas ambientais, conferindo suporte ao planejamento estratégico; a elaboração de programas de *benchmark* e de rotulagem ambiental, assim como o estabelecimento de estratégias de *marketing* comercial, empresarial e ambiental. Baseando-se na metodologia preconizada pela SETAC (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) e pela série ISO 14040, este artigo tem como objetivo apresentar, através de uma revisão literária, os aspectos metodológicos relativos a LCA, assim como as suas principais aplicações e limitações.

Palavras-chave: Análise do ciclo de vida; Aplicações; Limitações; LCA.

¹ 60^o Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, Julho de 2005 – Belo Horizonte/MG.

² Arquiteta e Urbanista, Mestranda do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Espírito Santo. E-mail: janineg@terra.com.br.

³ Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil, Diretora do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Espírito Santo. E-mail: margomes@npd.ufes.br.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais são típicos de uma sociedade industrializada e contemporânea onde a emergente demanda por produtos e serviços provocou um aumento na produção e, por consequência, uma extração rápida e desordenada dos recursos naturais mundiais para a fabricação de subprodutos e beneficiamento de matéria-prima, acarretando impactos ambientais advindos da formação e liberação de resíduos na água, solo e ar, comprometendo a qualidade de vida das cidades.

A alteração do cenário econômico do país, em função da crise do petróleo na década de 70, desencadeou as discussões sobre as questões ambientais, exigindo a integração dos setores, principalmente no contexto do desenvolvimento de produtos, buscando-se sistemas eficazes que aliem o processo de produção à tecnologias compatíveis com as atuais questões ambientais, voltadas para o desenvolvimento sustentável.

Objetivando estabelecer indicadores de sustentabilidade, a metodologia da Análise do Ciclo de Vida – LCA preconiza uma visão holística das consequências ambientais associadas ao ciclo de vida do produto ou do processo desde a sua concepção mercadológica à disposição final, viabilizando análises comparativas entre materiais, processos e sistemas construtivos. Como resultado, caracteriza-se em um potencial instrumento de gestão aplicável à orientação de políticas e práticas ambientais, estruturando opções de gerenciamento de recursos e principalmente, a integração entre a qualidade tecnológica (ISO 9.000) e a qualidade ambiental (ISO 14.000), viabilizando a instituição de melhorias de desempenho tecnológico e ambiental.

Com relação à aplicabilidade, a LCA é amplamente utilizada para o desenvolvimento de produtos ecoeficientes, conferindo suporte ao estabelecimento de estratégias, regulamentações e políticas ambientais direcionadas à instituição de programas de certificação ambiental, elaboração de critérios de *ecolabelling* e *benchmark*, bem como de indicadores ambientais, diretamente relacionados à seleção de opções para projeto e *redesign*, e à otimização de processos de produção, priorizando uma alocação mais adequada de recursos materiais, energéticos, humanos e econômicos. Outras aplicações incluem a elaboração de políticas públicas, governamentais e privadas, traduzindo-se em uma ferramenta suporte para o gerenciamento ambiental em nível global.

2 A ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (LCA): PERSPECTIVA HISTÓRICA

O conceito da análise do ciclo de vida surgiu na Europa e América do Norte na década de 60, fundamentando-se, inicialmente, em inventários de consumo energético e no controle e monitoramento da geração e disposição de resíduos sólidos, principalmente no contexto de materiais para embalagens e processos químicos.

No entanto, no final da década e principalmente após a divulgação do relatório do Clube de Roma (1972), houve um aumento da preocupação com o esgotamento dos estoques naturais, culminando na instituição de estratégias ambientais dirigidas para o gerenciamento do uso de energia e extração de recursos materiais ao longo do ciclo de vida de produtos e processos.

Na crise energética de 1974, o uso da LCA foi bastante difundido na busca de fontes alternativas de energia em substituição ao petróleo. Contudo, as limitações relativas

aos elevados custos envolvidos, a diversidade de padrões e critérios para a aplicação da metodologia, assim como a ausência de bancos de dados amplos e confiáveis resultou em constantes manipulações, influenciando na sua credibilidade perante a comunidade científica.

De 1975 até o início dos anos 80, o interesse por estes estudos diminuiu em função de um final aparente na crise do petróleo, retirando do foco principal as abordagens ambientais referentes a produtos, concentrando-se nas questões de gerenciamento de resíduos sólidos e gestão de resíduos de risco.

O cenário de competitividade econômica do final dos anos 80 motivou as grandes empresas e organizações a optarem por posturas ambientais menos agressivas, fomentando uma diversificação cada vez maior de usos e usuários, atendo-se fundamentalmente, nos sistemas industriais de produção e na perspectiva dos materiais. Como resultado, este processo implicou na fomentação e no desenvolvimento de análises de desempenho ambiental de produtos químicos, plásticos, embalagens e materiais de construção, avaliando-se as questões ambientais relacionadas ao consumo de água, energia e matéria-prima, além da geração e disposição de resíduos sólidos.

No início da década de noventa, verificou-se o envolvimento progressivo de numerosas organizações não-governamentais como a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), a *Environmental Protection Agency* (EPA), a *United State Environmental Protection Agency* (USEPA), a *International Organization for Standardization* (ISO) e a *Society for the Promotion of LCA Development* (SPOLD), operando programas de pesquisas direcionados à padronização e sistematização dos procedimentos metodológicos, atribuindo maior representatividade, credibilidade e acurácia aos estudos.

3 AS FASES DO PRODUTO E A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

No contexto metodológico, mediante as recomendações da SETAC e da série ISO 14040, a LCA compreende as fases de (1) definição dos objetivos e escopo do estudo; (2) análise do inventário; (3) avaliação dos impactos ambientais e (4) interpretação.

A **definição dos objetivos e do escopo** corresponde à primeira etapa da LCA, tendo por premissa, a identificação dos propósitos, assim como das fronteiras do estudo, envolvendo a instituição de limites tecnológico, geográfico e de horizonte de tempo necessários para garantir a análise do sistema de produto (GUINÉE *et al.*, 1993). Caracteriza-se pela subjetividade e conseqüente influência sobre os resultados finais, requerendo uma definição clara e compatível com as aplicações e audiências pretendidas.

A **análise do inventário** corresponde à descrição do sistema produtivo, quantificando e qualificando, em relação à unidade funcional, os *inputs* e *outputs* relativos à extração, o uso de recursos materiais e energéticos e o consumo de água, bem como as emissões advindas dos processos de manufatura, processamento, distribuição e transporte, abrangendo ainda, as etapas de manutenção, ciclos de reciclagens e disposição final, conforme pode ser observado na Figura 1. O balanço entre entradas e saídas do processo gera um perfil ambiental que esclarece as interações com o ambiente permitindo identificar as oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental.

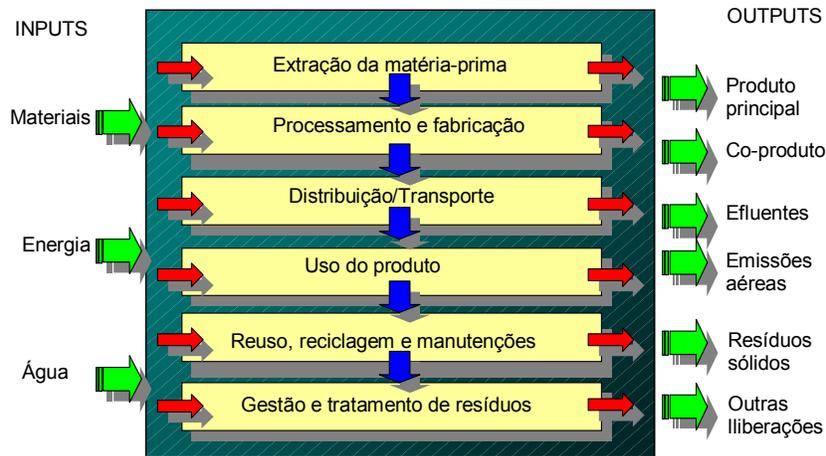


Figura 1. "Inputs" e "Outputs" relacionados ao ciclo de vida de produtos.

A **avaliação dos impactos ambientais** resulta em um processo sistemático de identificar, classificar, caracterizar, e valorar os potenciais impactos sobre o ecossistema, saúde humana e recursos naturais, tendo por objetivo avaliar quantitativa e/ou qualitativamente as cargas ambientais (riscos e impactos) identificadas na fase do inventário (SHEN, 1995). Desta forma, o acompanhamento da vida de um produto é feito do seu "berço ao túmulo", computando-se também, os impactos indiretos ao sistema (HENDRIKS, 2000).

A etapa de classificação traduz-se em um passo qualitativo, onde as substâncias são organizadas e separadas em classes, mediante o efeito provocado sobre o meio ambiente. O resultado desta etapa define o perfil ambiental do sistema, mensurando-se a sua contribuição para o esgotamento dos recursos naturais renováveis e não-renováveis, aquecimento global, dano à camada de ozônio, acidificação, toxicidade, nutrificação, entre outras categorias de impactos, possibilitando a identificação das oportunidades de melhoria de desempenho ambiental (KROZER; VIS, 1998; SILVA; SILVA, 2000).

A caracterização corresponde à fase em que se efetua a análise, quantificação e agregação dos impactos mediante os indicadores ambientais determinados na classificação. As cargas ambientais são mensuradas com a atribuição de fatores de equivalência, onde a pontuação dos efeitos indica os diversos níveis de agressividade sobre o meio ambiente (PAULI; RAIMO, 1997).

Como etapa opcional subsequente, a normalização fornece maiores subsídios para a avaliação dos impactos ambientais, levando em consideração questões geográficas e temporais (PAULI; RAIMO, 1997). O objetivo desta fase é permitir a posterior interpretação e agregação dos dados da avaliação de impactos, mensurando-se a magnitude dos prejuízos ambientais em nível global, regional e local. Como outras etapas inerentes à fase de avaliação de impactos, a valoração é uma forma subjetiva de comparar diferentes categorias de impacto, estando vinculada a valores culturais, políticos e/ou éticos específicos. A ponderação busca classificar, pesar ou, se possível, agregar os poluentes com cargas similares e potencial de equivalência e usa a análise de decisão para ponderar esses potenciais (ISO 14.040, 1997; PAULI; RAIMO, 1997).

No tocante à etapa de **interpretação**, os objetivos traduzem-se em avaliar-se sistematicamente, as necessidades e oportunidades voltadas para a redução dos

impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto, processo ou atividade, permitindo identificar, determinar e relatar as opções que apresentem maior potencial para a redução das cargas do sistema em que o produto encontra-se inserido.

4 APLICAÇÕES DA LCA

A aplicabilidade da LCA encontra-se diretamente relacionada à audiência requerida e ao escopo e objetivos do estudo, sendo largamente utilizada nos segmentos industrial, público e privado.

No contexto industrial, as principais aplicações envolvem o desenvolvimento de produtos, a identificação das oportunidades de melhorias de desempenho ambiental nos processos de projeto e produção, e o gerenciamento ambiental em nível global, possibilitando a instituição de indicadores de sustentabilidade. Adicionalmente, outras atividades podem ser citadas, cabendo destacar a condução de análises comparativas entre produtos e processos de função equivalente; a estruturação e implantação de regulamentações e políticas ambientais, conferindo suporte ao planejamento estratégico; a elaboração de programas de *benchmark* e de rotulagem ambiental, assim como o estabelecimento de estratégias de *marketing* comercial, empresarial e ambiental.

Quanto às aplicações no segmento público, a metodologia é geralmente utilizada frente à instituição de legislações ambientais e programas de prevenção à poluição, cumulando na determinação de critérios para recolhimento de tributos ambientais. Outras esferas de atuação abrangem a estruturação de estratégias voltadas para o planejamento estratégico, urbano e energético, subsidiando a elaboração de programas de *ecolabelling* e de certificação ambiental, além de avaliações de sistemas energéticos e de transportes, e o gerenciamento de resíduos industriais e urbanos.

5 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA

A metodologia da análise do ciclo de vida vem sendo desenvolvida recentemente, não estando ainda consolidada no meio científico, onde as principais limitações referem-se à condução das etapas de construção do inventário, avaliação de impactos ambientais e a interpretação dos resultados, requerendo a redução da complexidade da metodologia, marcada por um elevado nível de especialização, dificultando o tratamento de informações que traduzam as particularidades típicas dos sistemas humanos e ecológicos envolvidos.

Com relação à análise do inventário, apesar da metodologia ser considerada como bem definida e entendida pelo meio técnico, algumas decisões não apresentam respaldo científico, implicando em variações metodológicas. Dentre as principais etapas complexas e subjetivas inerentes à LCI, cita-se a definição das fronteiras do sistema e o estabelecimento da unidade funcional, hipóteses e métodos de alocação e simplificação, onde a ausência de critérios consolidados, aliada à diversidade de interações entre os processos, tornam crítica a definição de princípios e diretrizes aplicáveis à seleção e aquisição de dados, assim como para o uso, revisão e instituição de indicadores de qualidade (NISSEN, 1995; CURRAN, 1996; JENSEN *et al.*, 1997; BURIDARD; CHUBBS; BRIMACOMBE, 2000; BURGESS; BRENNAN, 2001).

Neste contexto, frente à indisponibilidade de inventários que sejam representativos, experiências internacionais têm demonstrado que a quantificação de fluxos ao longo

do ciclo de vida de produtos ainda não alcançou os níveis necessários requeridos para o processo de tomada de decisão, principalmente em função da qualidade e confiabilidade das fontes de dados, freqüentemente incompletos e obsoletos, desconsiderando em muitos estudos os aspectos espaciais e temporais envolvidos, influenciando significativamente os resultados da etapa de valoração dos impactos.

Adicionalmente, a variabilidade da infra-estrutura de produção representa um grande desafio para a LCA, implicando em diferentes níveis de eficiência e desempenho. Sob essa lógica, a inconsistência de dados, motivada por diversas situações geográficas e várias formas de extração e beneficiamento da matéria-prima pode vir a gerar resultados incoerentes e contraditórios, comprometendo a credibilidade e a integridade da análise do ciclo de vida (FAVA *et al.*, 1990).

Como outros pontos críticos, ressalta-se a complexidade na instituição de procedimentos de alocação para co-produtos e materiais com teor reciclável, assim como para processos multifuncionais, marcados pela dificuldade no particionamento dos impactos ambientais advindos das etapas de produção primária, reciclagem e gerenciamento de resíduos, tendo em vista a exportação de funções para outros ciclos de vida (AZAPAGIC; CLIFT, 1999; TRINIUS; BORG, 1999; EKVALL, 2000; EKVALL; FINNVEDEN, 2001; NORRIS, 2003).

Reportando-se à etapa de avaliação de impactos ambientais, considerando que usualmente a LCA se fundamenta na avaliação de impactos potenciais, desvinculados do contexto de inserção, os principais problemas correspondem à agregação de fluxos e emissões em relação às fronteiras espaciais e temporais, ainda que para uma mesma categoria de impacto, e a conseqüente correlação entre os dados do inventário com os potenciais impactos ambientais, cabendo salientar as restrições em quantificar as cargas sobre os recursos renováveis e não-renováveis, uso do solo e toxicidade humana, aquática e terrestre.

Como outras limitações a serem consideradas, perante a inexistência de uma estrutura metodológica e científica padronizada para conferir suporte às etapas de classificação, caracterização e valoração, julgamentos de valores são necessários para a seleção das categorias de impactos, indicadores e fatores de caracterização, assim como para a instituição dos procedimentos de normalização, agrupamento e valoração, tornando cientificamente questionável a real magnitude dos impactos ambientais e conseqüentemente, dos resultados da LCA (FAVA *et al.*, 1992; NISSEN, 1995; VIGON; JENSEN, 1995; CURRAN, 1996; WEIDEMA, 1996; ISO 14.040, 1997; BURIDARD; CHUBBS; BRIMACOMBE, 2000; ISO 14.042, 2000; SILVA, 2002).

Quanto à etapa de interpretação, ante as subjetividades e incoerências intrínsecas aos resultados das etapas de análise do inventário e avaliação de impactos, faz-se necessária a implementação da metodologia visando a melhoria da qualidade das informações em sua obtenção e modelagem, buscando atingir maiores níveis de precisão, consistência e representatividade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos de desenvolvimento de produtos determinam o impacto ambiental durante cada fase do seu ciclo de produção, desde a aquisição de materiais passando pela manufatura, uso, reuso e finalmente o descarte final. Assim, os produtos, processos e serviços afetam o meio ambiente em todos os estágios de seus ciclos de vida e, a sua introdução ao meio ambiente pode originar emissões

aéreas, líquidas ou sólidas que são descarregadas nos diversos ecossistemas, comprometendo a biodiversidade e a qualidade de vida das cidades.

Visando a conciliação entre o meio ambiente e o desenvolvimento tecnológico e industrial, a análise do ciclo de vida tem por principais objetivos, estabelecer uma imagem estruturada e holística dos sistemas de produção, permitindo a visualização concreta e mensurável dos potenciais impactos inerentes aos diversos estágios do ciclo de vida do produto, processo ou sistema sobre as atividades humanas, o meio ambiente e as reservas de recursos naturais desde a sua concepção mercadológica à disposição final, envolvendo os ciclos de reciclagem.

Como resultado, as informações geradas definem o perfil ambiental do sistema, servindo de balizamento na instituição de diretrizes para a planificação de estratégias ambientais, empresariais e tecnológicas, traduzindo-se em uma ferramenta suporte para o planejamento estratégico, assim como para o gerenciamento ambiental de resíduos urbanos e industriais, priorizando possibilidades de melhorias durante as fases produtivas, minimização de perdas e a concepção de produtos de maior durabilidade e desempenho ambiental, fortalecendo a competitividade econômica do mercado.

Entretanto, apesar de ser reconhecida e aceita perante a comunidade científica internacional, o conceito é relativamente recente, principalmente no que se refere à condução das etapas de construção do inventário, avaliação de impactos ambientais e interpretação dos resultados, requerendo a redução da complexidade da metodologia, marcada por um elevado nível de especialização, dificultando o tratamento de informações que traduzam as particularidades típicas dos sistemas envolvidos. Porém, perspectivas futuras apontam para o fortalecimento metodológico com o estabelecimento de critérios normalizados para a seleção e obtenção de dados, assim como para o uso, revisão e definição de indicadores de qualidade, conferindo significativo embasamento técnico e científico à etapa de interpretação e avaliação de melhorias.

Como outros fatores críticos, ressalta-se a existência de controvérsias na instituição de procedimentos de alocação para co-produtos e materiais com teor reciclável, bem como para processos multifuncionais, particularmente no que diz respeito às etapas de produção primária, reciclagem e gerenciamento de resíduos, tendo em vista a exportação de funções para outros ciclos de vida. Assim, perante a diversidade e subjetividade das regras de alocação, é de fundamental importância o desenvolvimento de pesquisas e projetos internacionais voltados à proposição de diretrizes e métodos científicos para a fundamentação destes procedimentos, respeitando as características específicas dos materiais, assim como os ciclos de reciclagem e reutilizações.

No tocante à etapa de avaliação de impactos ambientais, ressalta-se que até o momento, nenhum acordo internacional sobre metodologias específicas e padronizadas encontra-se firmado, onde as principais limitações correspondem à correlação dos dados do inventário com os potenciais impactos ambientais e a conseqüente hierarquização e mensuração da magnitude das cargas sobre o meio ambiente. Portanto, ante a inexistência de uma estrutura metodológica e científica padronizada para conferir suporte às etapas de classificação e caracterização, julgamentos de valores são necessários para a seleção das categorias de impactos ambientais, indicadores e fatores de equivalência, bem como dos procedimentos de

normalização, agrupamento e valoração, tornando cientificamente questionáveis os critérios de precisão, integridade e representatividade dos resultados.

Objetivando atribuir maior acurácia e credibilidade à avaliação de impactos ambientais, ressalta-se a participação de organizações, instituições e centros de referência no desenvolvimento e homologação de métodos de agregação para a etapa de caracterização e valoração dos impactos, assim como na instituição de indicadores ambientais para tornar cientificamente mensuráveis as categorias de recursos renováveis e não-renováveis, uso do solo e impactos ecotoxicológicos, dentre outras, levando em conta a diferenciação temporal e espacial das emissões.

Como outros fatores a serem considerados, tendo em vista a possibilidade de omissão de alguns dados espaciais e temporais, a avaliação de impactos ainda não pode ser apresentada como uma ferramenta para identificar, medir ou prever impactos reais, assim como possíveis impactos futuros, caracterizando-se em uma técnica para analisar resultados comparativos para uma específica unidade funcional, retratando a função ou desempenho relativo ao sistema, contrastando com modelos preditivos como a Avaliação de Riscos e Estudos de Impactos Ambientais, métodos geralmente adotados para complementar às conclusões preliminares da LCA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZAPAGIC, Adisa; CLIFT, Roland. Allocation of environmental burdens in multiple-function systems. **Journal of Cleaner Production**, 1999. n. 7, p. 101-119.

BURGESS. A. A.; BRENNAN. D. J. Application of life cycle assessment to chemical process (Review). **Chemical Engineering Science**, n. 56, 2001, p. 2589-2604.

BURIDARD, Marc; CHUBBS, Scott T.; BRIMACOMBE, Louis, G. Raising the profile of life cycle assessment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE SUSTAINABLE BUILDING, Maastricht, 2000. **Proceedings**. Ed. Chiel Boonstra; Ronald Rovers; Susanne Pauwels. The Netherlands, 2000. p. 147-149. ISBN: 90-75365-36-5.

CURRAN. Mary Ann. **Environmental life-cycle assessment**. New York, McGraw-Hill, 1996. 363p. ISBN 0-07-015063-X.

EKVALL, Tomas. A market-based approach to allocation at open-loop recycling. **Resources, Conservation and Recycling**, 2000. n. 29, p. 91-109.

EKVALL, Tomas; FINNVEDEN, Göran. Allocation in ISO 14041 – a critical review. **Journal of Cleaner Production**, 2001. n. 9, p. 197-208.

FAVA, J. A.; WESTON, Roy F., CONSOLI, Frank; DENISON, Richard; DICKSON, Kenneth; MOHIN, Tim; VIGON, Bruce. Ed. **A conceptual framework for life cycle impact assessment**. Sandestin. Florida, USA. Society of Environmental Toxicology and Chemistry: SETAC Foundation for Environmental Education, Workshop Report, 1992, 160p.

FAVA, J. A.; DENISON, Richard; JONES, Bruce; CURRAN, Mary Ann; VIGON, Bruce; SELKE, Susan; BARNUM, James ed. **A technical framework for life cycle assessments**. Smugglers Notch, Vermont., Society of Environmental Toxicology and Chemistry: SETAC Foundation for Environmental Education, Workshop Report, 1990, 134p.

GUINÉE, J.B.; HAES, H.A.U.; HUPPES, G. Quantitative life cycle assessments of products: goal definition and inventory. **Journal of Cleaner Production**, v.1, n.1, p. 3-13. 1993.

HENDRIKS. CH. F. **Durable Sustainable Construction**. Aeneas Technical Publish, 2000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14040: environmental management – life cycle assessment – Principles and framework**. Switzerland, 1997.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14042: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment**. Switzerland, 2000.

JENSEN, Allan Astrup; ELKINGTON, John; CHRISTIANSEN, Kim; HOFFMAN, Leif; Møller; SCHMIDT, Anders; VAN DIJK, Franceska. **Life cycle assessment (LCA): a guide to approaches, experiences and information sources**, 1997. Report to the European Environmental Agency, TEKNIK Energy and Environment, Søborg. Disponível em: <<http://reports.eea.eu.int/GH-07-97-595-EN-C/en/issue%20report%20No%206.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2003.

KROZER. J; VIS. J. C. How to get LCA in the right direction? **Journal of Cleaner Production** 6, 1998, p. 53-61.

NISSEN, Ulrich. A methodology for the development of cleaner products. **Journal of Cleaner Production**, 1995. v. 3, n. 1-2, p. 83-87.

NORRIS, Gregory. **The many dimension of uncertainty analysis in LCA**. Disponível em: <http://www.athenasmi.ca/papers/downpapers/UncertaintyAnalysis_in_LCA.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2003.

PAULI, M.; RAIMO, P. H. How to benefit from decision analysis in environmental life cycle assessment (LCA). **European Journal of Operation Research**, n. 102, 1997. P. 279-294.

SHEN, T. **Industrial Pollution Prevention**. 1995. P. 143-161.

SILVA, Vanessa Gomes. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. **Revista Qualidade na Construção**. São Paulo: Sinduscon, n 25, ano III, agosto 2000, p. 14-22.

SILVA, V.G.; SILVA, M.G. Análise do ciclo de vida aplicada ao setor de construção civil: revisão da abordagem e estado atual. In: VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2000. **Anais**. Fortaleza: ANTAC, 2000. p. 51-58.

TRINIUS, W.; BORG, M. Influence of life cycle allocation and valuation on LCA results. **International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings**, 1999. n. 01, 9p.

VIGON, Bruce W.; JENSEN, Allan A. Life cycle assessment: data quality and databases practitioner survey. **Journal of Cleaner Production**, 1995. v. 5, n. 3, p. 135-141.

WEIDEMA, Bo Pedersen; WESNAS, Marianne Suhr. Data quality management for life cycle inventories - an example of using data quality indicators. **Journal of Cleaner Production**, 1996. v. 4, n. 3-4, p. 167-174.

Abstract

In the last decades, human society has enjoyed a fantastic variety of products, obtained through the use of both new materials and new technologies. However, the fast and disordered worldwide extraction of natural resources used in products manufacturing has led to a negative environmental load generating risks to life quality in the cities. Faced with the seriousness and complexity of environmental problems, the concept of sustainable development appears as a reply to the increasing pressures, taking into account the ethical, social, economic and environmental principles involved. On the environmental side of sustainable development, Life Cycle Analysis (LCA) has been characterized as one of the main tools in the management of environmental systems, having as its goal, the establishment of a structured and holistic image of production systems, allowing a real and measurable visualization of the potential coming from environmental impacts throughout the entire products life cycle, process or system on human beings activities, the environment and the reserves of natural resources, supporting the development of new products and alternative technologies of better environmental efficiency, the structuring and ambient implantation of regulations and politics, conferring support to the strategic planning; the elaboration of benchmarking programs and ambient labeling, as well as the establishment of commercial strategies, enterprise and ambient marketing. Based on both SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) methodology and ISO 14040 series, this article aims to present, through a literature revision, the methodological aspects related to the LCA, as well as its main applications and limitations.

Key-words: Life Cycle Analysis (LCA), application and limitation of LCA

⁴ *Arquiteta e Urbanista, Mestranda do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Espírito Santo. E-mail: janineg@terra.com.br.*

⁵ *Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil, Diretora do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Espírito Santo. E-mail: margomes@npd.ufes.br.*