

MONITORANDO A PERFORMANCE AMBIENTAL DO PROCESSAMENTO DE POLÍMEROS ATRAVÉS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

L. V. Dalla Valentina

UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina

R. T. P. Hinz

UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina

SOCIESC – Sociedade Educacional de Santa Catarina

Rua De Marseille, 715, Saguacu – Joinville – SC – CEP:89221-070

roberta_pires@sociesc.com.br

A. C. Franco

UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina

RESUMO

A preocupação constante com a qualidade ambiental deve ser uma responsabilidade coletiva, o que inclui a adoção de práticas de produção e consumo sustentáveis. O objetivo deste artigo é realizar uma reflexão sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), como uma ferramenta para o desenvolvimento sustentável do meio ambiente. Informações relativas a ACV foram levantadas para conscientizar o meio empresarial e científico quanto à aplicação desta ferramenta no propósito de preservar o meio ambiente e ainda diminuir os custos operacionais, de forma a obter produtos com melhor relação custo-benefício, através de processos e operações com desempenhos ambientais desejáveis. Particularmente no caso dos polímeros provenientes de recursos naturais não-renováveis, os quais geram produtos que podem ser, na maioria dos casos, facilmente reciclados, é imprescindível ter-se uma conscientização ambiental para elaborar planejamentos adequados que envolvam todo ciclo industrial.

Palavras-chave: Ciclo de Vida, Desenvolvimento sustentável, Polímeros.

INTRODUÇÃO

A sociedade encontra-se hoje num vasto crescimento econômico, gerado pelo aumento vertiginoso da demanda de produção de bens e consumo, com base na extração ilimitada de recursos naturais, renováveis ou não, sem considerar as intervenções e os impactos causados ao meio-ambiente.

Desta forma, há de se desenvolver uma consciência ambiental, que envolva o acesso a informações, cultura, desenvolvimento tecnológico e até mesmo fatores políticos e econômicos.

A preocupação com a preservação do equilíbrio ambiental tem sido motivo para vários encontros, debates e acordos há décadas; porém, decisões efetivas precisam ser providenciadas para garantir o desenvolvimento deste século.

Os polímeros provenientes da extração e refino do petróleo, recurso natural não-renovável, devem ser gerenciados, levando em consideração o uso adequado dos recursos empregados, incluindo a capacidade de recuperação dos mesmos. Assim, a conservação destes recursos e os impactos ambientais gerados, provenientes do processamento de polímeros, devem ser avaliados, de tal forma que seja feita uma análise de adequação, vinculada às tecnologias empregadas e a qualidade necessária do produto final, incluindo ainda os custos associados, independente do processo ou do polímero em questão.

Sob este âmbito, faz-se necessário conciliar uma relação benéfica junto ao meio-ambiente, de forma a definir e aplicar estratégias para garantir o desenvolvimento sustentável das empresas envolvidas com a transformação de polímeros.

A proposta para este artigo é realizar uma análise sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), como uma ferramenta imprescindível para o desenvolvimento sustentável do meio ambiente.

Tal interesse está focado nos polímeros, uma vez que estes se encontram nas mais diversas formas e estão ganhando cada vez mais espaço no mercado, além do que, podem ser considerados como um indicador de desenvolvimento e sofisticação tecnológica de um país⁽¹⁾.

O processamento de polímeros, fazendo uso de matérias-primas a partir de recursos naturais não renováveis, gerando produtos dos quais podem ser na maioria dos casos facilmente recicláveis ou reutilizáveis, podem ser melhor trabalhados. Para tanto, há de se elaborar planejamentos adequados com foco também na preservação dos recursos empregados.

Uma das formas de englobar todos esses aspectos é considerar os impactos ambientais durante a “vida” de um produto (do berço ao túmulo), da aquisição de matérias-primas à produção, uso e disposição⁽²⁾. E é justamente isto que a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) propõe: estabelecer uma sistemática que quantifica os fluxos de energia e material empregados para produção de um determinado produto em toda sua cadeia. Nestes fluxos, devem ser considerados os consumos, as extrações e, se possível, as reposições destes insumos adquiridos, eliminação, minimização e destinação correta dos resíduos gerados durante o processo de manufatura, assim como a disposição final do produto acabado após sua vida útil, não esquecendo da embalagem, do transporte e de outros fatores que estão agregados a este produto ou serviço.

De acordo com a Norma NBR ISO 14040⁽³⁾ a ACV, é a análise de todos os estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, a qual está dividida em quatro etapas: definição do objetivo e escopo, análise do inventário, avaliação de impacto e interpretação dos dados e resultados.

Considerando esta idéia, pode-se afirmar que a Avaliação do Ciclo de Vida é uma ferramenta de apoio para tomada de decisão quanto aos aspectos e impactos ambientais, contribuindo para práticas sustentáveis de produção e consumo, através do monitoramento e gerenciamento ecológico de todos os recursos empregados e de todos os resíduos gerados, durante a cadeia produtiva do processamento de polímeros.

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A implementação de práticas e metodologias, que atendam as exigências legais e de mercado em relação ao meio ambiente, devem seguir padrões reconhecidos e recomendados. Com a finalidade de se manter a ética e a

confiabilidade dos resultados, surgiram normas voltadas para questões ambientais. Como é o caso da ISO 14040, que serve como diretriz para melhorar o Sistema de Gestão Ambiental das organizações, através de requisitos para conduzir e relatar os estudos de Avaliação do Ciclo de Vida, podendo ser usada como ferramenta de apoio ao planejamento estratégico dos negócios.

A abordagem do desenvolvimento de produtos ou serviços, considerando os conceitos de Ciclo de Vida (*Life Cycle Thinking*), pode subsidiar o processo de planejamento das empresas transformadoras de polímeros. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) estuda a complexa interação entre um produto e o ambiente, utilizando para tanto a avaliação de aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados ao ciclo de vida do produto⁽⁴⁾. Esta metodologia foi desenvolvida para que o eco-desenvolvimento e o desenvolvimento sustentável fossem atingidos, e se preocupa com a preservação ambiental aliada ao desenvolvimento tecnológico. Ela tem como principal objetivo, transformar os fluxos de materiais de forma cíclica e ecológica, onde o processo engloba desde a captação dos recursos naturais até o descarte final, considerando aspectos como, reciclagem e reaproveitamento (ver Figura 1).

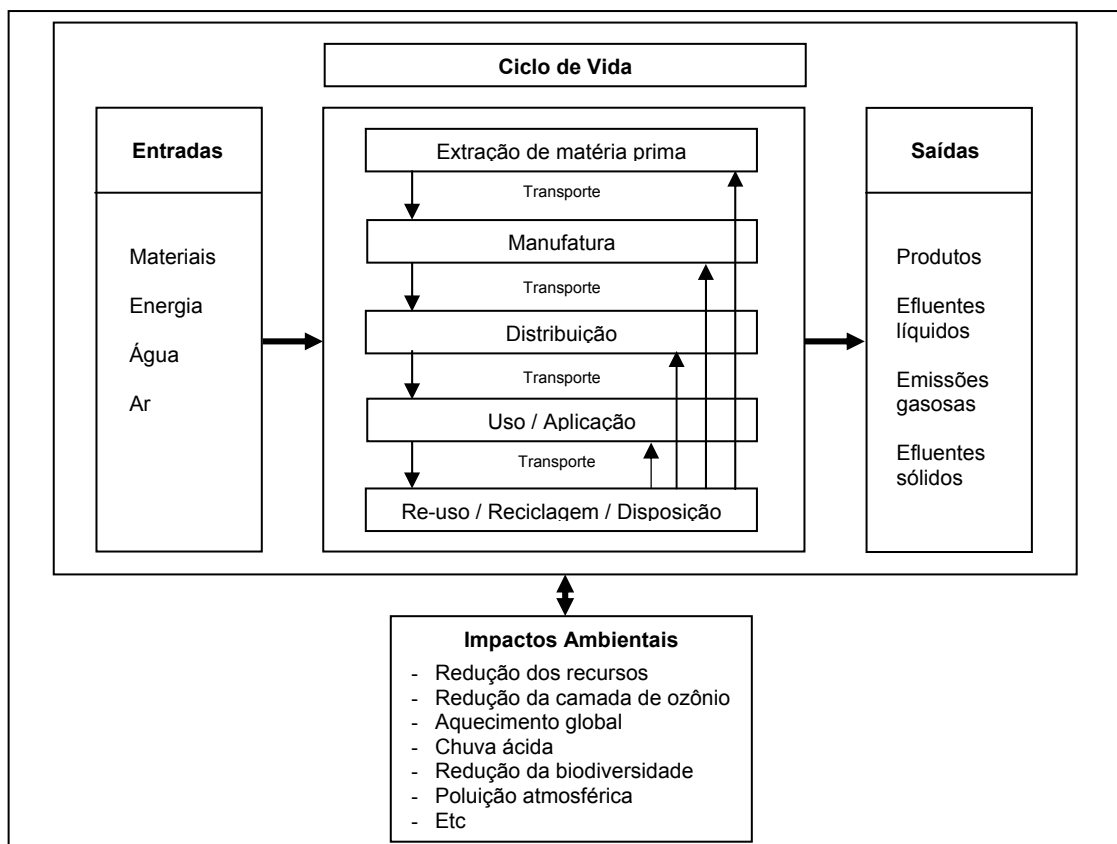


Figura 1 Impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos produtos
 Fonte: Adaptado de O'Neil⁵

A Avaliação do Ciclo de Vida foi estruturada em quatro etapas fundamentais, (ver Figura 2):

a) determinação do objetivo e do escopo: engloba a delimitação do sistema relacionado ao produto,

b) análise do inventário: estabelece as categorias dos dados, preparação, coleta e validação destes dados, quantificando as necessidades de energia e matérias-primas, resíduos sólidos, líquidos e gasosos, e outros danos ou perdas durante a vida de um produto,

c) avaliação do impacto: seleciona e define as categorias ambientais incluindo, classificação e caracterização dos impactos ambientais existentes;

d) interpretação: identifica e avalia a integridade, a sensibilidade e a consistência das informações.

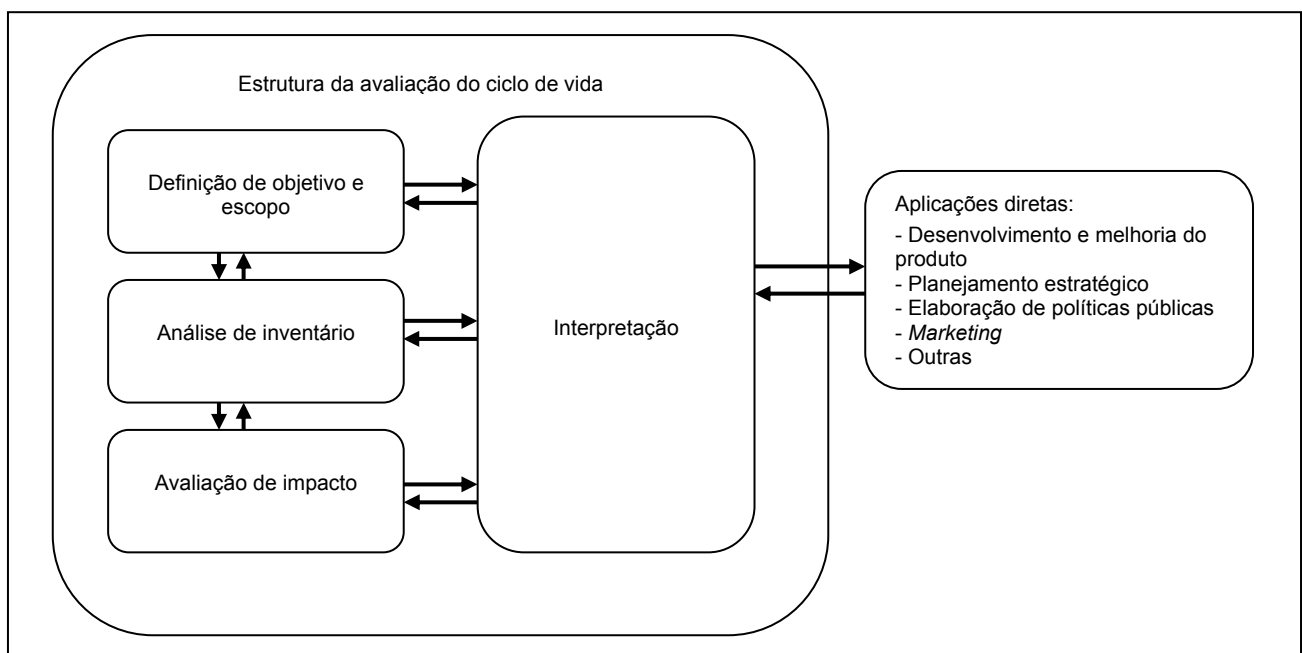


Figura 2 Fases de uma ACV
Fonte: Norma NBR ISO 14040³

As conclusões obtidas após a análise dos resultados possibilitam a identificação de pontos críticos do ciclo de vida do produto que necessitam de melhorias, permitindo a implementação de estratégias de produção, como a substituição e recuperação de materiais e a reformulação ou substituição de processos, visando a preservação ambiental⁽⁶⁾.

ANÁLISE CRÍTICA

Percebe-se que a sustentabilidade do planeta está comprometida, em função do aumento progressivo da produção em massa, e por conseqüência do aumento dos impactos gerados pelos resíduos dessa produção, assim como a impossibilidade de reposição dos recursos naturais envolvidos. Chega-se, então, à conclusão que a demanda de matérias-primas (incluindo os recursos naturais) e a quantidade significativa de resíduos gerados são incompatíveis com a capacidade de reposição desses recursos pela natureza e da absorção dos resíduos dessa produção pelo planeta.

Zanin e Mancini⁽⁷⁾ reforçam que os polímeros experimentaram, ao longo da segunda metade do século XX, uma evolução espetacular, tanto nas propriedades e características que apresentam, quanto nas inúmeras aplicações que se encontram na vida diária. Setores como os de utilidades domésticas, construção civil, brinquedos, calçados, além daqueles que empregam tecnologias mais sofisticadas, como os da saúde, eletroeletrônicos, aviação e automóveis, vêm ampliando, a cada ano, a utilização de polímeros em seus produtos. A diversidade de segmentos, onde os polímeros estão presentes, aponta uma tendência de crescimento, principalmente daqueles que estão em franca expansão, como o de telecomunicações, justificando assim a idéia de que os polímeros estão de fato associados às questões relativas ao avanço tecnológico da sociedade.

Um dos primeiros passos para se atingir o desenvolvimento sustentável é reconhecer que se trata de uma responsabilidade coletiva, com ações para melhorar o ambiente global e que inclui a adoção de práticas de produção e consumo mais sustentáveis.

Existem três condições imprescindíveis para que o desenvolvimento sustentável ocorra⁽⁸⁾:

- a) a velocidade de uso da fonte renovável não deve superar a velocidade de regeneração,
- b) a velocidade de uso da fonte não renovável não deve superar a velocidade de desenvolvimento do substituto renovável;

c) a emissão de poluentes (ou de resíduos) não deve superar a capacidade de absorção do ambiente.

Sendo assim, as empresas transformadoras de polímeros precisam desenvolver estratégias para diminuir ou otimizar a utilização de materiais e energia para garantir os recursos naturais necessários ao seu funcionamento. Através da eco-eficiência, essas empresas podem adotar um estilo gerencial mais competitivo, inovador e ambientalmente responsável, pensando na organização como um sistema que faz parte de uma cadeia produtiva, encontrando tecnologias mais limpas e projetando produtos o mais ecologicamente correto possível.

Sob este aspecto, é preciso repensar sobre as empresas transformadoras de polímeros, em torno das questões ambientais, pois sua sobrevivência competitiva pode estar ameaçada pelas exigências necessárias à preservação ambiental, que já está instalada de forma definitiva e universal.

Inovar através de soluções técnicas que harmonizem o produto/processo, sua empresa e o meio ambiente é imprescindível para o desenvolvimento tecnológico. Em relação aos polímeros, isto pode se tornar um problema complexo, enquanto são fáceis de se processar e podem ser utilizados para os mais diversos fins, por outro lado, podem trazer problemas técnicos e econômicos para reciclagem, inviabilizando a recuperação do produto. Tecnicamente, no caso dos polímeros de engenharia, por exemplo, esses acabam perdendo suas propriedades originais e assim nem sempre poderão ser reutilizados para as mesmas funções. Economicamente, por sua inúmera gama de composição e uso, apresentam volumes específicos por polímero inviáveis a reciclagem, ou o processo de reciclagem poderá ser complexo o suficiente, exigindo que o material passe por várias etapas encarecendo o polímero reciclado, em função de que nem todos os produtos poliméricos foram projetados para o desmonte, outros apresentam contaminantes químicos, o que dificulta a separação e a recuperação para reciclagem.

Com este enfoque, O'Neil⁽⁵⁾ afirma que ao se projetar um produto, deve-se considerar alguns aspectos, entre eles, todas as características ambientais envolvidas no produto e no sistema onde o mesmo será utilizado, incluindo os impactos ambientais associados ao processo de manufatura e a disposição final.

O metabolismo das sociedades industriais e o grau de intervenção destas nos sistemas naturais como forma de garantir os recursos necessários para o seu funcionamento podem gerar custos ambientais insustentáveis a longo prazo. Uma política de desenvolvimento sustentável das sociedades industriais deve centrar-se em estratégias para diminuir os fluxos material e energético, o que implica uma concentração de esforços ao nível estratégico, em alternativa a políticas ambientais de natureza setorial⁽⁹⁾.

Uma consequência necessária desta análise em nível dos polímeros é a necessidade de considerar todo o ciclo de vida de um produto, englobando: o projeto, a realização do produto e a disposição final dos materiais. Justamente a Avaliação do Ciclo de Vida fornece uma metodologia de projeto, produção, utilização, manutenção e reciclagem de materiais e produtos, tendo como objetivo a otimização da utilização dos recursos, e a minimização dos impactos ambientais.

A Avaliação do Ciclo de Vida deve ser feita a partir da definição técnica do processo envolvido para transformar dos polímeros em produtos. Envolve uma gestão ambiental aplicada “do berço ao túmulo”, identificando os aspectos ambientais em todos os elos da cadeia produtiva e consumo, desde a exploração do petróleo bruto até o uso final do produto acabado, passando pelo transporte, embalagem, reciclagem e destino final dos resíduos. Esta identificação, é obtida através do levantamento de dados quantitativos sobre aspectos ambientais importantes, tais como emissões, consumo de recursos e geração de resíduos⁽¹⁰⁾.

Durante o estudo da ACV, para se obter resultados confiáveis e realizar uma interpretação correta, a qualidade dos dados é outro aspecto que não pode ser desconsiderado. Krozer⁽¹¹⁾ afirma que o estudo da ACV depende em grande parte dos dados de inventários, os quais devem ser coletados com a maior qualidade possível.

A norma NBR ISO 14040³ sugere que estes dados abordem: a cobertura temporal, a cobertura geográfica, a cobertura tecnológica, a precisão, completeza e representatividade dos dados, a consistência e reprodutibilidade dos métodos usados ao longo da ACV, as fontes de dados e sua representatividade e a incerteza da informação.

A ACV pode apresentar algumas peculiaridades, que devem ser analisadas e superadas. As etapas de um estudo de ACV propostas pelas normas ISO ressaltam a importância da definição clara e objetiva do escopo e objetivos do estudo, pois, caso contrário, o estudo pode se tornar complexo o suficiente tornando-o inviável. Outro ponto a se destacar é a quantidade de dados necessários e a confiabilidade dos mesmos, pois envolvem toda cadeia produtiva extrapolando os limites da organização em si, engloba informações oriundas de fornecedores e clientes, que nem sempre disponibilizam estes dados. Outra questão relevante é a discrepância que pode haver entre dois estudos diferentes, mesmo sendo referente ao mesmo polímero e ao mesmo processo de transformação. Assim a comparação entre produto/empresa deve ser realizada com extremo cuidado e transparência, para garantir a credibilidade dos resultados.

CONCLUSÃO

A preocupação ambiental mostra uma trajetória que cresce mundialmente a cada dia, e traduz uma nova atitude para produção e consumo, que leva a um novo modelo econômico, na tentativa de recuperar a qualidade de vida e preservar a sobrevivência humana, o que está levando o homem a buscar o desenvolvimento sustentável de suas operações.

A Avaliação do Ciclo de Vida surgiu da necessidade de se estabelecer uma metodologia confiável, que facilitasse a análise e a comparação dos impactos ambientais entre as atividades de uma empresa, incluindo seus produtos e processos. A partir dessa metodologia, pode-se verificar que a prevenção à poluição torna-se mais racional, econômica e efetiva do que uma ação na direção dos efeitos gerados.

Mas é preciso considerar que a Avaliação do Ciclo de Vida é uma metodologia completamente adaptável e uma técnica iterativa, que varia de acordo com o escopo e os objetivos estabelecidos, incluindo as limitações de fronteira do sistema em análise, a medida que os dados e informações são coletados, vários aspectos do escopo podem ser alterados para atingir o objetivo original do estudo.

A Avaliação do Ciclo de Vida pode desempenhar um papel crítico dentro das empresas transformadoras de polímeros, ao propiciar a elaboração de um inventário das entradas e saídas de cada fase do processo produtivo, cujos resultados servem para aumentar o grau de auto-conhecimento da empresa e podem ser utilizados como ferramenta auxiliar para otimização dos recursos.

Os materiais poliméricos, oriundos da transformação do petróleo, podem causar ao ambiente impactos cujas principais formas estão nos extremos de sua cadeia produtiva: o esgotamento de matéria-prima não renovável e o acúmulo de resíduos de difícil degradação. Através da ACV, o entendimento dos aspectos ambientais ligados aos polímeros, auxilia na identificação dos impactos e estabelece as prioridades de ação, afastando o enfoque tradicional *end-of-pipe* para proteção ambiental.

De forma geral, os polímeros são considerados grandes vilões ambientais, pois podem demorar séculos para se degradar e ocupam grande parte do volume dos aterros sanitários, interferindo de forma negativa o equilíbrio ambiental⁽¹²⁾.

De acordo com o IBICT⁽¹³⁾, a ACV pode prover as mudanças tecnológicas fundamentais na produção e nos produtos, em parte devido ao efeito multiplicador ao longo da cadeia de produção, inclusive no uso otimizado de energia e de materiais, com a redução de material depositado em aterros.

Portanto, a ACV, constitui-se uma forte tentativa de integração da Qualidade Tecnológica do Produto, da Qualidade Ambiental e do Valor Agregado para o consumidor e para a sociedade, podendo representar uma mudança estratégica importante para as empresas⁽¹⁴⁾.

REFERÊNCIAS

1. Instituto Nacional do Plástico (INP). **Nobreza do Plástico. 2005.** Disponível em: <http://www.inp.org.br/fiquepordentro/artigos/nobreza.htm> acesso em: 03 de novembro de 2005.
2. FELICIANO, Flávia Andréa. MACIEL, Fabiano. **Qualidade e a ISO 14000.** Coordenador BALLESTERO-ALVAREZ, María Esmeralda. **Administração da qualidade e da produtividade: abordagem do processo administrativo.** São Paulo: Atlas, 2001.
3. NBR ISO 14040 – Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios de estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

4. CHEHEBE, José Ribamar B. O Ciclo de Vida dos Produtos. **Revista da Confederação Nacional da Indústria**, p. 22-27, fev. 1998.
5. O'NEIL, T. J. **Life cycle assessment and environmental impact of polymeric products**. Rapra Technology. United Kingdom. 2003.
6. VALT, Renata Bachmann Guimarães. **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**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
7. ZANIN, Maria e MANCINI, Sandro Donnini. **Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia**. São Carlos:EDUFSCar, 2004.
8. Daly, Herman. **Commentary: Toward some operational principles of sustainable development**. Ecological Economics. Washington State University Sustainable Development Sourcebook. 1990. Disponível em: <http://www.wsu.edu/~susdev/Daly90.html> acesso em: 22 de agosto de 2005.
9. DIOGO, A. Correia. MARGARIDO, Fernanda. BORDADO, J. C. **O sistema produtivo: Tecnologias relevantes no metabolismo da economia**. Universidade Técnica de Lisboa. 2004. Disponível em: <http://seminarios.ist.utl.pt/04-05/des/html/sessoes/sessao6.shtml> acesso em: 01 de junho de 2005.
10. ANDRADE, Hubmaier. **Avaliação do ciclo de vida de produtos: transparência na gestão ambiental das empresas**. Editoria: Paula Sarcinella, 2003. Disponível em: http://www.ecoviagem.com.br/ecoartigos/def_ecoartigos.asp?codigo=4613 acesso em: 07 de maio de 2005.
11. KROZER, J.; VID, J.C. **How to get LCA in the right direction?** Journal of cleaner production, v. 6, 1998, p. 53-61.
12. SPINACE, Márcia Aparecida da Silva; PAOLI, Marco Aurélio de. **A tecnologia da reciclagem de polímeros**. Revista Química Nova, Vol. 28, No 1, 65-72, 2005. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP. Recebido em 10/10/03; aceito em 18/6/04; publicado na web em 12/11/04. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n1/23041.pdf> acesso em: 28 de junho de 2005.
13. IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. **Inventário do ciclo de vida para a competitividade ambiental da indústria brasileira**. Brasília. 2005.
14. CHEHEBE, José Ribamar. **Análise do Ciclo de Vida dos Produtos: Ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro. Qualitymark Editora, 1998.

MONITORING THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF THE POLYMERIC PROCESSING THROUGH THE LIFE CYCLE ASSESSMENT

ABSTRACT

The constant concern with the environmental quality should be a collective responsibility, what includes the adoption of production practices and sustainable consumption. The objective of this paper is to make a critical analysis of Life Cycle Assessment (LCA), as a tool for the sustainable environmental development. Information from ACV were looked for to become aware the business and scientific way as for the application of this tool in the purpose of preserving the environment and still to reduce the operational costs, in way to obtain products with better relationship cost-benefit, through processes and operations with desirable environmental actings. Particularly the polymers coming from no-renewed natural resources, which generate products can be, in most of the cases easily recycled, it is indispensable have an environmental understanding to elaborate an appropriate plannings that involve every industrial cycle.

Key-words: Life Cycle, Environmental Preservation, Polymer.