

PRODUÇÃO E USO SUSTENTÁVEL DE MATERIAIS: GESTÃO AMBIENTAL E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA¹

Heloisa V. de Medina²

Resumo

O objetivo desse artigo é repensar o ciclo de vida dos materiais de forma sustentável não apenas à jusante onde os impactos ambientais são mais visíveis como nas fases de produção, consumo e descarte final de peças e produtos em fim de vida, mas também na origem desses problemas à montante, ou seja: na extração de mineral e na produção de matérias-primas. Discutem-se alternativas de gestão sustentável de produção e uso dos materiais e ilustrando com exemplos de materiais projetados para reduzir diversos impactos ambientais. São os chamados: “eco-materiais” que vêm reduzindo o consumo energético e de recursos naturais não renováveis, evitando o aumento da poluição do ar, águas e solos, reduzindo o nível das emissões de gases e da geração de rejeitos industriais, resíduos sólidos e efluentes líquidos, decorrentes da produção e do uso de materiais, notadamente os de origem mineral. Este é um trabalho de natureza interdisciplinar que transita entre a ecologia industrial, a gestão ambiental e as áreas de engenharia de produção, metalúrgica e de materiais. Aos sistemas de gestão ambiental da produção de materiais (SGAM) e a análise do ciclo de vida (ACV) são os métodos mais utilizados para tratar a problemática ambiental da produção industrial. Neste trabalho exploram-se os limites desses instrumentos através de estudos de caso e da análise da bibliografia disponível sobre o tema.

Palavras-chave: Materiais; Sustentabilidade; Análise do ciclo de vida

TOWARDS A SUSTAINABLE MATERIALS PRODUCTION AND CONSUMPTION : ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND LIFE CYCLE ANALYSIS

Abstract

This article aims to rethink the Life Cycle of Materials in a sustainable way taking into account not only the consumption and the final disposal phases of industrial products but also the origin of these impacts that are supposed to start at the mineral extraction and raw materials production. It discusses sustainable management alternatives for materials production and consumption illustrated by some examples of eco-materials, and based on a study case on eco-design and materials recycling conducted by the author as part of a pos doctorate project.

Key words: Materials; Sustainability; Life cycle analysis –LCA.

¹ *Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ*

² *Pesquisadora do CETEM -Centro de Tecnologia Mineral-, DSc. em Engenharia de Produção COPPE/UFRJ.*

1 INTRODUÇÃO

Ao contrário do que se pensa comumente, os impactos ambientais dos produtos industriais não começam onde são mais visíveis, ou seja, na fase do consumo quando eles poluem o ar, contaminam águas e solos onde são descartados ao fim de sua vida útil. A origem desses problemas está na verdade na fase do projeto, ou seja, na concepção, no desenvolvimento e na seleção dos materiais. O projeto de um produto vai definir, desde o design, a escolha dos materiais, os processos e técnicas de fabricação, de componentes e peças até da montagem final do produto. Tem-se assim, à montante, a extração de minerais seu beneficiamento e sua transformação em materiais que vão entrar como matéria-prima na produção de bens de consumo, máquinas e equipamentos os quais ao longo como ao fim de suas vidas vão ter que ser descartados ou reciclados. O reaproveitamento dos materiais pela reciclagem ou recuperação energética prolonga o ciclo de vida dos materiais componentes dos produtos representando assim uma forma de poupar recursos naturais não renováveis, cuja exaustão em alguns casos já se anuncia próxima.⁽¹⁾

Na verdade como produtos intermediários os materiais, assim como os impactos ambientais e as mudanças tecnológicas que eles suscitam e difundem, não são facilmente visíveis. Entretanto os inúmeros produtos da vida moderna dos quais tanto dependemos como automóveis, computadores, telefones, embalagens, papéis, combustíveis, fertilizantes, tratores, geradores, turbinas, baterias, robôs, são compostos de materiais, basicamente de origem mineral, tais como: ferro, manganês, cobre, zinco, chumbo, carvão, sílica, talco, caulim entre outros. Essas aplicações são não só diversas como crescentes, devido tanto ao desenvolvimento de novos materiais assim como ao melhoramento dos já existentes.

Reunidos sob o termo eco-concepção ou eco-design, atualmente, os exemplos de desenvolvimento de produtos e materiais orientados para minimizar problemas ambientais como o DFE (Design for Environment) o DFR (Design for Recycling) já se multiplicam pelos diversos setores industriais e empresas no Brasil e no mundo. Aviões, automóveis, eletrodomésticos, pneus ou embalagens e seus materiais constituintes: metais, plásticos, borracha, papel, etc. estão sendo projetados para que se obtenham os melhores resultados possíveis na reciclagem. O aumento da reciclabilidade dos produtos e/ou dos materiais é um objetivo sempre presente no desenvolvimento de projetos.

Segundo essas novas concepções, os projetos serão tão mais eficientes quanto mais permitirem uma recuperação rentável de todos os materiais componentes dos produtos. Portanto, a atividade de projeto integrada, desde a seleção dos materiais até a escolha das técnicas de montagem e desmontagem do produto, é crítica para a viabilidade da reciclagem. Trata-se, portanto, de projetar não só o produto, mas também o chamado hoje de sistema-produto, considerando todo o ciclo de vida desde os inputs (matérias primas e energia) até os "output" (resíduos industriais, componentes e o próprio produto em fim de vida).

De fato não é apenas o produto final que conta mas todo um sistema projeto / produção, que consome energia e materiais em larga escala com impactos diretos e indiretos sobre a economia dos países e a vida das pessoas. A análise do Ciclo de Vida do Produto (ACV) é exatamente a forma mais efetiva de se avaliar os possíveis impactos ambientais causados por um produto, e por sua cadeia produtiva, entendendo-se por "Vida" de um produto todo o período compreendido entre a extração de matérias-primas e seu destino final pós consumo. Inicialmente utilizada numa visão

expost, para mensurar os impactos causados pelos produtos industriais e as formas de energia contidas, a ACV começou a ser aplicada nesse início século de forma ex-ante, ainda na fase do desenvolvimento do projeto. Essa prática difundiu-se entre as empresas de diversos setores não só como resposta à demanda de um mercado consumidor mais consciente e responsável em termos ambientais mas também, e principalmente, para atender a uma legislação ambiental cada vez mais restritiva e globalizada. Nesse sentido pode-se dizer que a atuação normativa e reguladora da União Européia está tendo um papel difusor dessa tendência comparável ao que a Califórnia teve quanto à tomada consciência ambiental nos anos 60/70. As Diretivas e Decisões Ambientais do Parlamento Europeu propostos pela Comissão Européia para o Meio Ambiente vêm tornando os setores de embalagens, automóveis e eletrodomésticos exemplos do uso da ACV e do eco-design como instrumentos das políticas e de estratégias ambientais públicas e privadas. Em relação a Embalagens a Diretiva sobre Eco-embalagens data de 4 de dezembro de 1994, sobre Veículos em fim de Vida e Reciclagem a Diretiva -2000/53/CE⁽²⁾ é de 21 de outubro de 2000, e o Descarte de componentes e produtos eletro-eletrônicos começou a ser regulado em 2002 -2000/96/CE- e foi recentemente atualizado em 2004 com exigências como a eco-declaração ou declaração ambiental na qual seus produtores têm que declarar quais materiais e substâncias entram na composição de seu produto inicialmente às grandes redes de revenda e posteriormente aos consumidores finais.

No estudo de caso que desenvolvi, sobre eco-concepção e reciclagem de materiais, pude constatar que a indústria automobilística não só vem incorporando a ACV em suas atividades de desenvolvimento de novos modelos, mas também vem redirecionando sua política ambiental em relação à reciclagem de forma a promover o mercado de materiais reciclados buscando incorporá-los na produção de novos modelos em volumes crescentes. Além disso, as montadoras vêm hoje atuando junto aos seus fornecedores e produtores de materiais no sentido de desenvolver materiais não apenas recicláveis mas que possam ser efetivamente reciclados, preocupando-se com a viabilização econômica de toda a cadeia da reciclagem. Essa estratégia segundo Lassaertesses⁽³⁾ proporciona não só o aumento da reciclabilidade dos veículos, mas também uma economia de materiais produzidos a partir de matérias primas primárias contribuindo assim para um uso mais sustentável de recursos naturais não renováveis.

Em suma, projetar produtos mais sustentáveis é uma tendência mundial irreversível e a reciclagem desses produtos, tenham eles sido ou não projetados no Brasil, vai exigir um grande esforço de coordenação entre pequenas, médias e grandes empresas e uma boa gestão dessa cadeia produtiva o que poderá gerar empregos e renda em níveis bem superiores aos atuais, além de contribuir para um uso mais sustentável dos nossos recursos naturais não renováveis que fornecem os materiais que estão na base de toda a nossa produção industrial.

2 O CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS

Os materiais são a base constitutiva de todos os produtos industriais, sua seleção nos projetos desses produtos condiciona o nível dos impactos ambientais que os mesmos terão ao longo de sua vida. Eles emprestam suas funções e características aos produtos que podem assim ser classificados, no caso dos produtos ditos ecológicos, segundo seus materiais constitutivos em: recicláveis, biodegradáveis, verdes etc.

Repensar o ciclo de vida dos materiais e reconcebê-lo em bases mais sustentáveis não é, contudo, tarefa simples e nem evidente. Requer conhecimentos e informações múltiplos nem sempre disponíveis e que devem ser buscados caso a caso para cada projeto ou reprojeto de produto no qual se deseja intervir. Ou seja, trata-se de buscar ampliar a oferta de materiais de menor impacto ambiental criando novas opções para designers e engenheiros de projetarem produtos não apenas recicláveis mas também eco-eficientes. A eco-eficiência é o cerne da sustentabilidade no sentido mais amplo. Segundo o WBCSD – World Business Council for Sustainable Development-, os sete elementos associados à sustentabilidade de produtos e serviços são:

1. Desmaterialização ou a redução da intensidade de uso dos materiais;
2. Economia de energia ou redução da intensidade energética de bens;
3. Reciclabilidade ou aumentar a reciclabilidade dos materiais e produtos;
4. Eliminação de substâncias tóxicas em materiais e produtos;
5. Utilização de recursos renováveis e de materiais reciclados;
6. Durabilidade, estendendo o ciclo de vida dos produtos e componentes;
7. Intensificação da prestação de serviços privilegiando o compartilhamento ou consumo coletivo: transportes coletivos, leasing de máquinas e equipamentos.

O conceito de eco-eficiência precisa ser pensado em termos de produção e de consumo de bens e serviços no sentido de um modelo de desenvolvimento sustentável, no tempo e no espaço. Implica, portanto, mudanças sócio-econômicas e culturais que alterem os padrões de produção e consumo da sociedade moderna. Essas mudanças por sua vez requerem compromissos globais de países, grupos econômicos nacionais e multinacionais e demais instituições transnacionais. É preciso que se conceba um sistema integrado de gestão sustentável da produção e do uso de materiais (SGAM) que promova a alteração dos padrões de produção e consumo vigentes. Idealmente esse sistema envolveria intervenções no ciclo de vida dos materiais tal como ele se apresenta hoje para buscar, a cada etapa, eliminar perdas, rejeitos, emissões etc no sentido de uma produção, uso e reciclagem sem retornos ao meio ambiente.

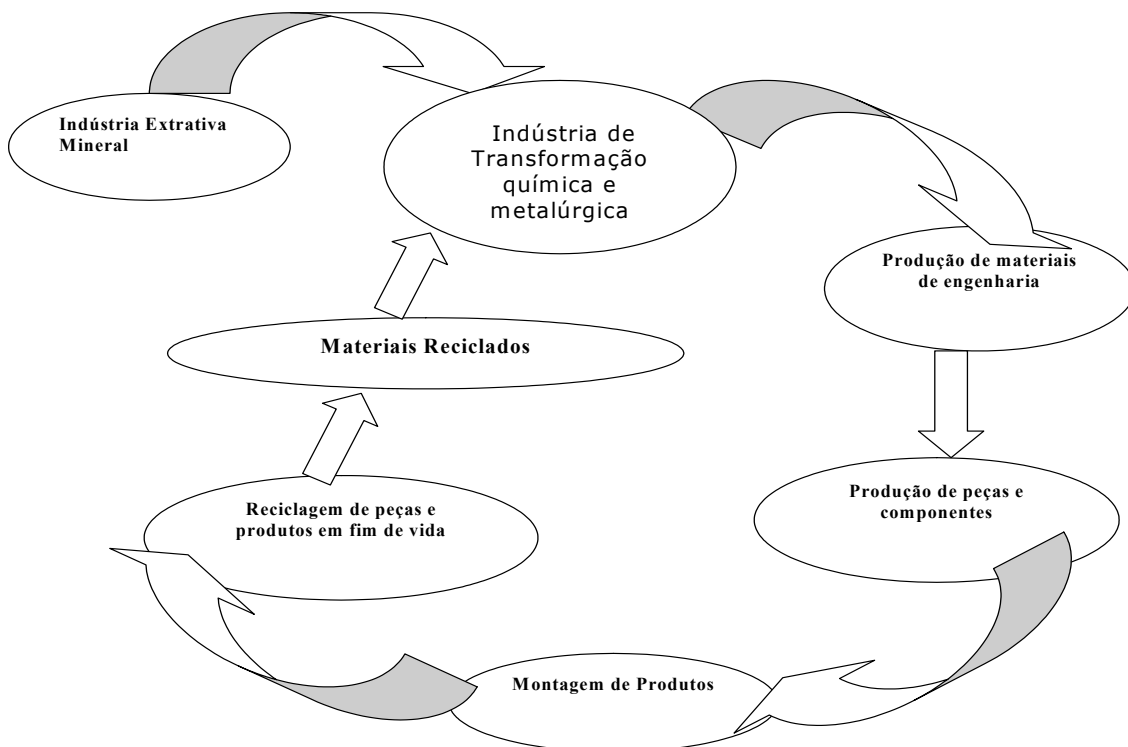
Sustentabilidade é um conceito múltiplo e global. Múltiplo porque envolve quatro dimensões: a ambiental, a técnica e a econômica e a cultural. Global porque abrange desde extração de matérias primas até a reciclagem de produtos em fim de vida. Um produto só pode ser considerado sustentável se os materiais que o compõem tiverem sido selecionados entre as melhores alternativas ambientais para todas as fases de sua vida desde a extração mineral, passando pela produção de materiais, de máquinas e componentes, e do próprio produto, até a recuperação destes na reciclagem de seus componentes e do próprio produto ao final de suas vidas úteis. As melhores alternativas ambientais devem atender simultaneamente aos princípios da sustentabilidade que são:

1. Minimizar consumo energético, de materiais, e geração de rejeitos de produção em todas as fases
2. Maximizar a vida de máquinas, componentes e produtos, com melhor uso dos materiais neles contidos
3. Eliminar substâncias e processos tóxicos ao ambiente e a saúde humana.

Isso significa que uma gestão sustentável da produção e uso de materiais requer um amplo sistema de informações que devem abranger o que Graedel⁽⁴⁾ considera como as cinco grandes fases ou estágios da vida de um produto:

- 1) extração mineral e produção de materiais;
- 2) tratamento de materiais e fabricação de peças;
- 3) embalagem, distribuição e vendas;
- 4) uso ou consumo;
- 5) descarte ou reciclagem.

O ideal seria fechar o ciclo de produção e uso dos materiais numa reciclagem que recuperasse o total dos materiais contidos nos produtos em fim de vida e com uma qualidade que permitisse seu re-inserção total no sistema produtivo. Já existe propostas nesse sentido como a de Bellmann e Kahrr⁽⁵⁾ que a partir de um estudo sobre reciclagem de veículos em fim de vida propõem maximizar o aproveitamento econômico dos materiais através da transição de um fluxo de materiais linear aberto tal como que se verifica ainda hoje para um fluxo circular fechado. Generalizando esse esquema para o fluxo total de materiais na economia pode-se antever seu fechamento como a seguir onde a extração de matérias primas primárias só ocorreria em função de um aumento do nível geral de produção, ou seja, pelo crescimento do mercado mundial. Assim em uma situação de equilíbrio, onde se mantêm o nível atual da atividade industrial, toda a produção seria feita a partir de matéria prima secundária ou materiais reciclados como mostra a Figura 1.



Fonte: Elaboração da autora e extraído de MEDINA 2005⁽¹⁾

Figura 1. Fechando o Ciclo dos materiais pela Reciclagem

A busca da reciclagem em ciclo fechado já vem fazendo parte da estratégia ambiental de diversos setores como papel, embalagens de metal, principalmente alumínio, e até automóveis. Nosso estudo constatou que no setor automobilístico europeu a Diretiva Européia sobre veículos em fim de vida⁽²⁾ já estabelece a meta de reciclabilidade para veículos comercializados a partir de 2015 em 95%, fixa percentuais de redução contínua de redução de substância tóxicas e preconiza a utilização de materiais reciclados em veículos novos. Essa e outras diretivas ambientais do Conselho Europeu aprovadas pelo Parlamento Europeu adotam o princípio do poluidor pagador responsabilizando assim as montadoras pelos impactos ambientais dos veículos em fim de vida. É claro que essa responsabilidade as montadoras dividem com os produtores de autopeças e de materiais.

Contudo, as exigências das legislações ambientais precisam ser traduzidas em critérios técnicos para serem incorporados ao projeto de novos automóveis. Isso exige um trabalho contínuo de equipes de apoio ao projeto compostas por especialistas de diversas áreas que atuam interna e externamente às montadoras. Exemplo desse trabalho é o caso do projeto EDIT (Eco-design Interactive Tool) coordenado pela Federação Francesa de Plasturgia, que visa criar ferramentas de eco-concepção específicas para o setor automobilístico, tais como um software que rastreia as substâncias contidas nas auto-peças ao longo de todo seu ciclo de vida permitindo uma melhor valorização via reciclagem ao fim de sua vida útil.⁽⁶⁾ Outro exemplo no setor automobilístico, desta vez ligado a uma montadora, é o software OPERA (Overseas Project for Economic Recycling Analysis) utilizado pela Renault, e alguns de seus fornecedores, para analisar os fatores que afetam a reciclabilidade de uma peça ou de um material. O depoimento de Jorôme Vidalie da empresa de plástico francesa INOPLAST dá um testemunho do pioneirismo e liderança da Renault em matéria de coordenação de um programa voltado para eco-concepção junto a seus fornecedores.

“Enquanto outras montadoras nos pedem informações sobre substâncias tóxicas ou nocivas contidas nessa ou naquela peça a Renault vai mais longe e entra no domínio da eco-concepção.”... “já fazem seis meses que estamos utilizando o software deles (OPERA) em fase de observação para que possamos estabelecer um base de dados sobre as diferentes soluções (alternativas para composição de materiais plásticos).Pode-se imaginar que no futuro, os critérios ambientais serão determinantes, se bem que atualmente os critérios econômicos e de qualidade continuam sendo decisivos.”³

3 ECO-CONCEPÇÃO E ECO-MATERIAIS

Eco-concepção, do francês “éco-conception” ou do inglês “eco-design”, é uma nova forma de projetar produtos integrando variáveis ambientais as tradicionais variáveis técnicas, econômicas do projeto como: qualidade, desempenho, segurança, custos e prazos. Segundo Tischner:⁽⁷⁾

³ Recyclage Récupération Magazine, N°33, 17 setembro 2004, destaque à p. 10, ISSN II56-962X, tradução da autora.

“Eco-design is sometimes referred to as Clean Design or Design for Environment – DFE- or Sustainable Design, which means that the term is not yet clearly defined or well known. ... Sustainable design is more than eco-design “as it integrates social and ethical aspects of the product’s life cycle alongside environmental and economic considerations.”

Aplicado a eco-concepção aplicada a materiais surgiu, segundo Halada e Yamamoto,⁽⁸⁾ no início dos anos 90 a partir de discussões entre especialistas em materiais que, dentro de uma visão “holística”, enfatizavam os aspectos positivos da evolução recente dos materiais em relação ao meio ambiente e cunharam o termo eco-materiais. Essa visão valoriza nos novos materiais as contribuições que trouxeram ao tratamento de efluentes, recuperação de rejeitos, economia de energia e de recursos naturais, processos mais limpos de tratamento de materiais, e de reciclagem, enfim destaca os aspectos ambientalmente positivos destes. Ao criarem o termo a intenção foi fazer com que esses materiais, novos, avançados, ou melhorados, fossem reconhecidos por sua contribuição à manutenção ou à recuperação do equilíbrio ecológico do Planeta. Os mesmos autores⁽⁸⁾ classificam e exemplificam essas contribuições em 4 principais vertentes:

1. Os materiais para a proteção do meio ambiente ex : catalisadores e filtros de ar, de óleo e de combustíveis e filtros industriais para captar partículas tóxicas emitidas por atividades industriais diversas.
2. Os materiais para geração de energia em sistemas alternativos tipo células fotovoltaicas para energia solar, pilhas à combustível, sistemas de armazenamento de energia etc.
3. Os materiais concebidos para terem menor impacto ambiental e cujo projeto foi orientado pela ACV dos materiais atualmente em uso no mercado. Os exemplos são os plásticos biodegradáveis, todos os materiais recicláveis e os materiais de menor consumo energético (que gastam menos energia para serem produzidos).
4. Substituição de substâncias tóxicas ou prejudiciais à saúde humana em processos de produção e ou tratamento de materiais por processos mais limpos utilizando substâncias naturais não tóxicas.

A ACV teve um papel fundamental no desenvolvimento dos eco-materiais permitindo a detecção de problemas ou limitações nos materiais tradicionais e a busca de soluções no sentido de reduzir os impactos ambientais indesejáveis. Eles passam a oferecer assim uma maior gama de escolha de materiais a serem selecionados no desenvolvimento de projetos de novos produtos. Os autores definem essa concepção orientada pela ACV como sendo uma forma multi-critério de se projetar os materiais que permite o estabelecimento de parâmetros técnicos nas diversas fases do projeto de produto desde a concepção inicial dos materiais até sua reciclagem final.

A ACV auxilia a identificação de oportunidades de melhorias do sistema produto-material-processos de fabricação, que levam à otimização do desempenho ambiental do produto. Essa abordagem proporciona uma visão global da questão ambiental em toda sua pluralidade realizando checkpoints em todos os estágios da vida do produto a saber:⁽⁹⁾

1. Produção: extração de minerais, produção de matérias e produtos finais;
2. Consumo: Venda e uso e manutenção dos produtos;
3. Fim de Vida: reciclagem ou descarte de produtos ou componentes usados.

Para todas essas fases a ACV possibilita que se conheça não apenas os impactos ambientais que podem acontecer, mas também sob quais cenários socioeconômicos e tecnológicos eles vão ocorrer e ainda em que medida eles podem ser evitados ou minorados. (É nesse sentido que a ACV vem sendo usada na eco-concepção de produtos e de materiais. Uma vez feito o inventário de todos os materiais existentes possíveis de serem utilizados em uma dada função de um produto pode-se conceber um material alternativo que tenha a mesma função mas um balanço ambiental mais favorável, que seja mais leve ou mais econômico em termos energéticos ou mais reciclável ou ainda biodegradável, dentre outras vantagens possíveis.

No caso da reciclagem todos os setores fortes consumidores de materiais tem se voltado para essa opção. No setor automotivo, por exemplo, todos os conceitos e métodos de projetar como DFR e ACV já estão hoje presentes na estratégia ambiental das montadoras e de seus principais fornecedores.⁽¹⁰⁾ Eles têm desenvolvido diretrizes gerais e mesmo preconizações técnicas para a concepção de novos veículos tendo em vista sua reciclagem final. Essas diretrizes, segundo Coulter et al. 1996, citados em Medina e Gomes,⁽⁹⁾ nos casos da Chrysler e da GM, possuem muitos pontos em comum se diferenciando apenas em alguns detalhes. Os autores destacam que ambas as empresas recomendavam, já no início dos anos 90, que seus projetos focalizassem :

- 1) Na seleção de materiais a redução da diversidade de materiais e evitem plásticos não compatíveis,
- 2) Na seleção de técnicas de junção (soldagem, colagem, encaixes etc) a redução da diversidade de técnicas, e a utilização de encaixes quando possível e evitem adesivos contaminantes que degradam o material.
- 3) No projeto de sistemas e componentes prevejam a desmontagem para reciclagem preferencialmente mecânica em vez de manual, que é mais demorada e cara, inviabilizando economicamente a reciclagem.

4 CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES FINAIS

Pode-se dizer que o desenvolvimento recente de novos materiais foi, em grande parte, motivado pelo desafio de se fazer uma produção industrial sustentável e competitiva em âmbito mundial. A diversificação dos materiais e das fontes de energia possíveis para a concepção de novos produtos auxiliou em muito a redução dos impactos ambientais destes, seja preventivamente seja na recuperação desses materiais e energia na reciclagem de componentes e de produtos em fim de vida. A expressão "*hyperchoix de matériaux*", em francês, ou "*materials overchoice*" em inglês, surgida no final dos anos 80, nunca foi tão adequada como nesse início de século para definir a tendência atual na produção e no uso de materiais. Do mais simples ao mais complexo, a escolha de materiais a cada projeto de novo produto ou re-projeto de um produto que se queira fazer vem se tornando cada vez mais complexa e múltipla.

Nesse cenário a ACV vem sendo incorporada aos métodos e técnicas de projeto das empresas e a pesquisa e desenvolvimentos tecnológicos notadamente no campo dos materiais, mas também em inovações e melhorias de processos na busca da sustentabilidade ambiental global. Assim a partir tanto dos exemplos extraídos da literatura quanto dos obtidos através de observação direta da no estudo realizado pode-se constatar que:

- O aumento da reciclabilidade dos produtos e/ou dos materiais é um objetivo sempre presente, mas nem sempre facilmente alcançado;
- No projeto de novos produtos, a seleção dos materiais e a escolha de processos de tratamento de materiais é crítica para a viabilidade da reciclagem;
- A legislação ambiental incentiva a P&D de eco-materiais, mas não garante mercado para eles;
- A consciência ambiental é importante, mas não suficiente para criar mercados para materiais ecologicamente corretos;
- A Gestão sustentável dos materiais requer amplos sistemas de informações em todos os níveis;
- SGAM deve intervir no ciclo de vida dos materiais no sentido de fechá-lo promovendo a reintrodução de matérias primas secundárias na produção de novos produtos

Agradecimentos

À Capes pela bolsa de pós-doutorado no exterior, França, de fevereiro de 2004/2005 que permitiu a realização desse estudo.

Ao Diretor de Engenharia de Materiais da Renault, M. Gerard Maeder, pela colaboração e ao Diretor do CREIDD Centre d'Etudes Interdisciplinaires de l'UTT – Université de Technologie de Troyes pela acolhida desse estágio.

REFERÊNCIAS

- 1 **Medina, H. V.**, “A Análise de Ciclo de Vida aplicada a Pesquisa e Desenvolvimento de Ecomateriais “ capítulo 5 em A Avaliação do Ciclo de Vida: a ISSO 14040 na América Latina, organizadores: Pires A C., Paula, M. C. de S. e Villas Boas R. C., no prelo editora UNB, Brasília, 2005.
- 2 **European Directive 2000/53/EC** of the European Parliament and of the Council, of 18 September 2000, on end-of life vehicles, in Official Journal of the European Communities, October 21st, 2000.
- 3 **Lassartesses R.** "Quelle Politique d'Intégration de Matières Recyclées dans les véhicules neufs : Processus et Résultats de Renault, contribution présentée aux Journées Professionnelles organisées par l'ADEME, à la Maison de la Chimie, Paris, le 20-21 octobre 2004, (disponible no site <http://www.ademe.fr>)
- 4 **Graedel T. E.**, “Streamlined Life-Cycle Assessment”, EUA, New Jersey, Prentice Hall, cap.2, 306 p, 1998.
- 5 **Bellmann K., Khare A.** “Economic issues in recycling end-of-life vehicles”, in Technovation, Elsevier Science Ltd., vol. 20, pp. 667-690, 2000.
- 6 **Abrassart C. et Aggeri F.** "La Naissance de l'Eco-conception : du cycle de vie du produit au management environnemental", Responsabilité et Environnement Annales des Mines, série trimestrielle des Annales des Mines, éditions ESKA, Paris. (internet : www.annales.org), pp.41-63, N 25, janvier 2002 apud **Medina, H. V.**, “A Análise de Ciclo de Vida aplicada a Pesquisa e Desenvolvimento de Ecomateriais “ capítulo 5 em A Avaliação do Ciclo de Vida: a ISSO 14040 na América Latina, organizadores: Pires A C., Paula, M. C. de S. e Villas Boas R. C., no prelo editora UNB, Brasília, 2005.
- 7 **Tischner, U.** 2005 “Sustainable Product Design”, presented at 3° International Congress of Design Research, 12 to 15 October, Rio de Janeiro, Brasil.
- 8 **Hadala K., and Yamamoto R.**, "The Current Status of Research and Development on Ecomaterials around the World”, **MRS Bulletin**, p. 871-879, November, 2001.
- 9 **MEDINA H.V. de, e GOMES D.E.B.**, “A indústria automobilística projetando para a reciclagem”, in CDRom Anais do 5 Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, realizado na UNB, Brasília, entre 10 e 13 de outubro de 2002.
- 10 **Georgen L. R., Doki, C., Casa F., Neis A.M., Ferraresi G.**, “Análise do Ciclo de Vida – Ferramenta para Avaliação de Performance Ambiental de Produtos, Processos e materiais Referentes à Industria Automobilística”, **Anais do Congresso SEA**, São Paulo, Brasil, 2001.