

# Cadeia de suprimento e avaliação do ciclo de vida do produto: revisão teórica e exemplo de aplicação

## *Supply chain and product life cycle assessment: theoretical review and example of application*

**Autores/Authors\*:** José Carlos Barbieri<sup>1</sup>  
Jorge Emanuel Reis Cajazeira<sup>2</sup>  
Oziel Branchini

**Palavras-chave:** Avaliação do ciclo de vida, cadeia de suprimento, conceito do ciclo de vida, normas ISO, reciclagem papéis, 6Rs

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é discutir a gestão ambiental sob a perspectiva da cadeia de suprimento e um instrumento criado para sua análise, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). As ações administrativas e operacionais para minimizar os problemas ambientais gerados por processos de produção e consumo serão mais eficazes se considerado o ciclo de vida do produto que se realiza por meio de uma cadeia de suprimento. O tratamento desse tema de modo isolado por uma empresa pode implicar em transferência das pendências para outra fase da produção, o que seria inaceitável, pois os problemas continuam e se acumulam. Inicialmente, serão apresentados o conceito de ciclo de vida e um instrumento para operacionalizar esse conceito, a ACV. Depois, será apresentado um estudo exploratório descritivo sobre exemplo de aplicação da ACV para comparar a fabricação de papéis de fibras virgens e papéis reciclados, em termos de impactos ambientais acumulados ao longo das cadeias de suprimentos, o que permite discutir quanto a vantagens e desvantagens de cada tipo de papel com base nos conceitos apresentados. O estudo mostra os passos seguidos e as dificuldades encontradas, e as possibilidades de se extrair informações valiosas sobre os impactos acumulados na cadeia de suprimento. Mostra, também, que a ACV identifica áreas para melhorias, a fim de reduzir interferências ambientais adversas. Por fim, as limitações e propostas são apresentadas a partir do estudo realizado.

**Keywords:** *concept of life cycle, life cycle assessment, ISO standards, paper recycling, 6R's, supply chain*

### ABSTRACT

*The purpose of this work is to discuss the environmental management from the supply chain perspective and an instrument created for its analysis, the Life Cycle Assessment (LCA). The administrative and operating actions to minimize the environmental problems generated by production and consumption processes will be more effective if the product life cycle accomplished by means of a supply chain is considered. The treatment of this theme separately by a company may involve a transfer of the dependencies to another production stage, which would be unacceptable, as the problems go on existing and tend to accumulate. Initially the concept of life cycle and an instrument to make this concept operational, the LCA, will be presented. Afterwards, a descriptive exploratory study on an example of application of the LCA will be presented, in order to compare virgin fiber paper manufacturing to that of recycled papers in terms of environmental impacts accumulated along the supply chains, which allows discussing the advantages and disadvantages of each paper grade based on the concepts presented. The study shows the steps followed and the difficulties encountered, as well as the possibilities of extracting valuable information on the impacts accumulated in the supply chain. It also shows that LCA identifies areas for improvements, in order to reduce adverse environmental interferences. Finally, the limitations and proposals are presented on the basis of the conducted study.*

### \*Referências dos Autores / Authors' references:

- 1 Fundação Getúlio Vargas – Escola de Administração de Empresas de São Paulo – E-mail: jose.barbieri@fgv.br  
Fundação Getúlio Vargas – School of Business Administration of São Paulo – E-mail: jose.barbieri@fgv.br
- 2 Suzano Papel e Celulose S.A. – E-mail: cajazeira@suzano.com.br  
Suzano Papel e Celulose S.A. – E-mail: cajazeira@suzano.com.br

## INTRODUÇÃO

A busca de processos de produção e consumo não comprometedores da capacidade do meio ambiente em fornecer permanentemente recursos para os humanos desta e das gerações futuras é idéia central do movimento pelo desenvolvimento sustentável. Segundo a visão convencional, certos setores econômicos eram considerados de elevado potencial de degradação ambiental, como, por exemplo, os setores químico, de mineração, siderúrgico, metalúrgico, de curtume, fição e tecelagem; enquanto outros eram vistos como de baixo potencial ou até mesmo amigáveis ao ambiente, tais como confecção de roupas, editoras de publicações, escolas, padarias, bancos e lojas de varejo. Tal entendimento baseia-se no fato de que seus níveis de poluição e de consumo de recursos seriam desprezíveis quando comparados aos primeiros. Essa visão não faz sentido para os objetivos do desenvolvimento sustentável, pois toda empresa faz parte de uma cadeia produtiva e como tal recebe e transfere problemas ambientais constituindo-se num elo de transmissão desses problemas. Uma empresa que, isoladamente, gera impactos ambientais adversos mínimos e que trata sua força de trabalho com dignidade pode estar utilizando insumos produzidos em empresas que degradam o ambiente e utilizam trabalho aviltado. Os poluentes geram prejuízos para além dos locais em que são lançados, e o mau uso de recursos naturais e humanos se propaga pela cadeia produtiva. Desse modo, manter limpo o quintal deixando a sujeira no vizinho não é solução para a questão, que é de natureza global.

A perspectiva da cadeia produtiva é a mais adequada para que as empresas possam dar sua melhor contribuição aos problemas ambientais, pois os produtos que seus clientes adquirem incorporam recursos materiais, energéticos e humanos acumulados ao longo da cadeia, geram impactos ambientais desde seu início e se estendem até os consumidores finais. Enxergar a cadeia produtiva e não apenas o que se passa no interior da empresa é base para o estabelecimento de boas práticas de gestão e de operação empresarial comprometida com o desenvolvimento sustentável.

O objetivo deste trabalho é discutir a gestão ambiental sob a perspectiva da cadeia de suprimento e apresentar um instrumento criado para esse fim, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Inicialmente, será apresentado o conceito de ciclo, bem como a adoção desse conceito no gerenciamento da cadeia de suprimento procurando mostrar o que se entende por uma cadeia de suprimento orientada pelo ciclo de vida. Depois, a ACV será apresentada com ênfase nos aspectos metodológicos estabelecidos em diversas normas de gestão da série ISO 14000. Por fim, será apresentado um estudo exploratório descritivo sobre um exemplo de aplicação da ACV para avaliação do impacto ambiental de produtos que concorrem no mesmo mercado - papel branco e papel reciclado -, analisando vantagens, dificuldades e limitações desse

## INTRODUCTION

*The search for production and consumption processes not jeopardizing the capability of the environment to permanently supply resources for the human beings of the present and future generations is the central idea of the movement for the sustainable development. According to the conventional vision, certain economic sectors were considered to have high potential for environmental degradation, e.g. the chemical, mining, metallurgical, tanning, spinning and weaving sectors, while others were looked at as having low potential, or even as environment friendly, such as ready-made clothes, publishing companies, schools, bakeries, banks, and retail shops. Such an understanding is based on the fact that their levels of pollution and consumption of resources would be negligible when compared to the former. This vision does not make sense for the purposes of the sustainable development, since every company is constituent of a productive chain and as such it receives and transfers environmental problems and thus constitutes a transmission link of these problems. A company who singly generates minimum adverse environmental impacts and treats its labour force with dignity may be utilizing inputs produced at companies degrading the environment and utilizing demeaned labour. Pollutants generate losses beyond the places where they are emitted, and misuse of natural and human resources propagates throughout the productive chain. Thus, to keep one's backyard clean, leaving the dirt at the neighbour's yard is no solution to the issue, which is of global nature.*

*The productive chain perspective is the most suitable one for the companies to be able to make their best contribution to the environmental problems, as the products that their customers acquire incorporate material, energetic, and human resources accumulated along the chain, generate environmental impacts from the beginning and extend to the end consumers. To discern the productive chain instead of just what is happening inside the company is a basis for establishing good practices of company management and operation committed to the sustainable development.*

*The objective of this work is to discuss the environmental management from the supply chain perspective and to present an instrument created for this purpose, which is the Life Cycle Assessment (LCA). Initially the concept of cycle will be presented, as well as the adoption of this concept for the supply chain management, trying to show what is understood by a life cycle oriented supply chain. Afterwards the LCA will be presented, putting emphasis on the methodological aspects established in several management standards of ISO 14000 series. Finally, a descriptive explanatory study on an example of application of the LCA will be presented, intended to assess the environmental impact of products competing on the same market – white paper and recycled paper –, analyzing advantages, difficulties,*

instrumento que tem sido apontado como um dos meios mais promissores para a implementação de programas de produção e consumo sustentável.

### O CONCEITO DE CICLO DE VIDA

De acordo com Fiksel (1997), ciclo de vida é uma sequência de fases relacionadas com um produto, processo, serviço, instalação ou empresa. Esse autor distingue entre ciclo de vida econômico de um produto e processo do ciclo de vida físico. O primeiro é uma sequência de atividades desde a concepção do produto, seu desenvolvimento, lançamento, fabricação, manutenção, reavaliação e renovação. O ciclo de vida econômico de um processo envolve sua concepção, projeto das instalações e equipamentos, construção, operações, manutenção e retirada ao final da sua vida. O ciclo físico de um produto é uma sequência de transformações de materiais e energia que inclui a extração de matérias-primas, fabricação, distribuição, utilização, recuperação de materiais, reciclagem e reuso. O ciclo do processo também envolve a transformação de materiais e energia, sendo que um mesmo processo pode implicar na produção de vários produtos e um mesmo produto pode implicar vários processos.

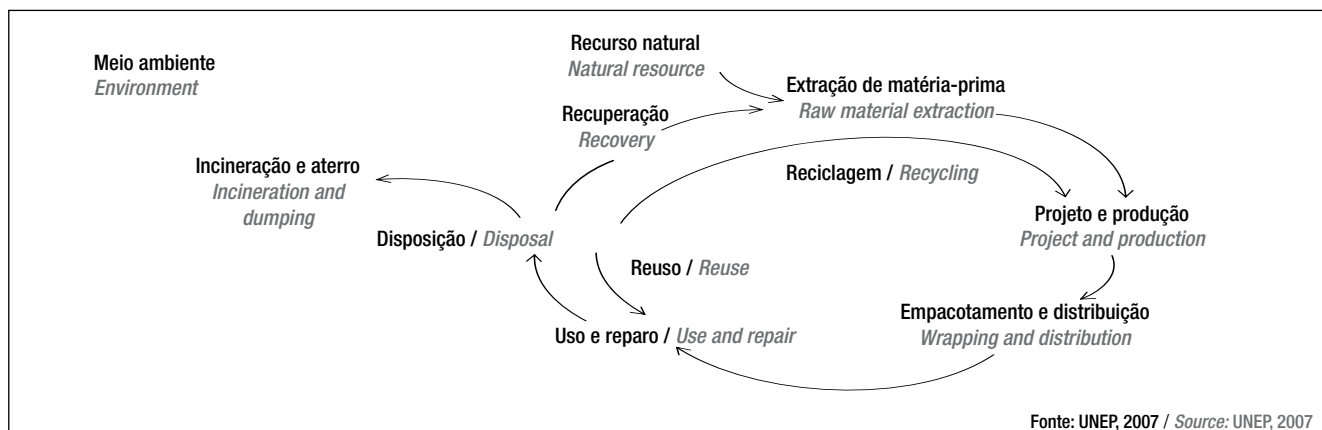
Neste trabalho, o ciclo de vida de um bem ou serviço será entendido como ciclo físico, ou seja, estágios do processo de produção e comercialização desde a origem dos recursos naturais até a disposição final dos resíduos de materiais após o uso, passando pelo beneficiamento, transportes, estocagens, processamento, manutenção e outros estágios intermediários. Esse conceito é também conhecido pela expressão *do berço ao túmulo (cradle to grave)*. O berço é o meio ambiente de onde são extraídos os recursos naturais que serão transformados, e o túmulo é o próprio meio ambiente enquanto destino final dos resíduos de produção e consumo que não foram reusados ou reciclados. A **Figura 1** exemplifica um ciclo de vida genérico, notando-se que o ciclo começa com a exploração do meio ambiente como fonte de matérias-primas, energia, água e uso do solo, e termina com o uso do meio ambiente para a disposição final de resíduos não reaproveitados.

and limitations of this instrument, which has been pointed out as one of the most promising means of implementing production and sustainable consumption programs.

### THE CONCEPT OF LIFE CYCLE

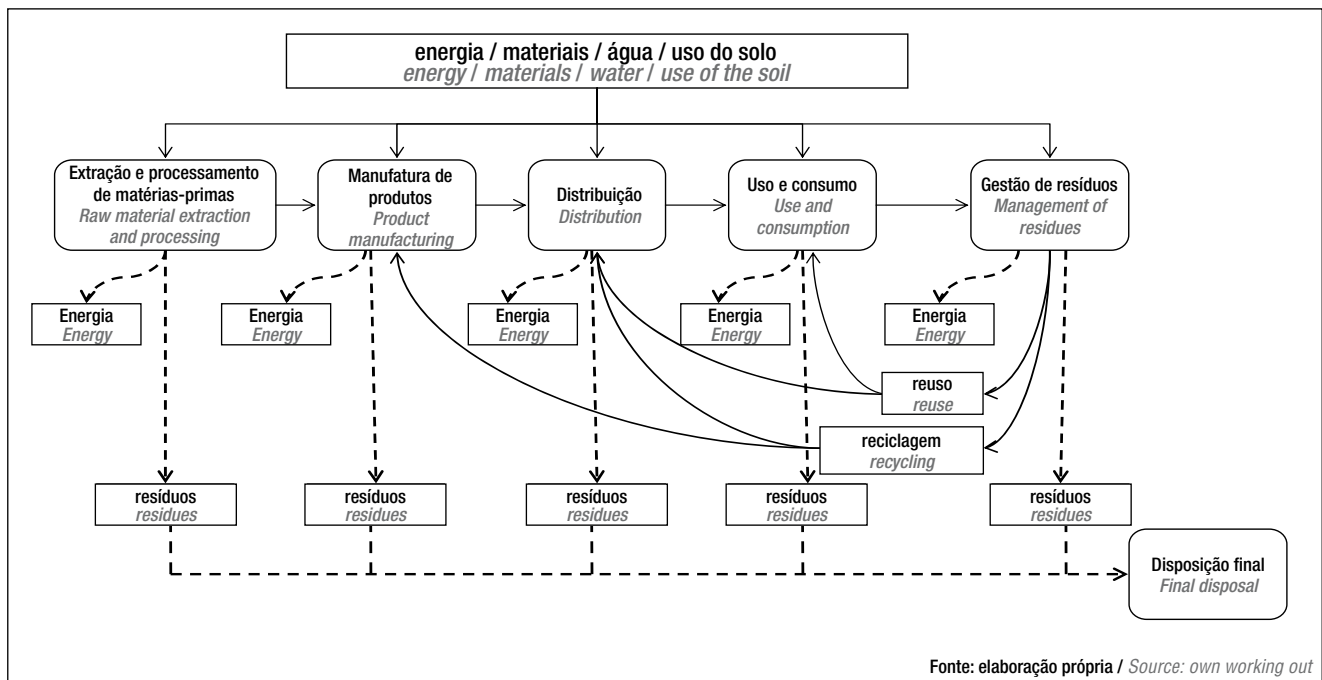
According to Fiksel (1997), life cycle is a sequence of stages related to a product, process, service, installation, or company. That author distinguishes between economic life cycle of a product and process and the physical life cycle. The former is a sequence of activities from the conception of the product, its development, launch, manufacturing, maintenance, reassessment, and renewal. The economic life cycle of a process involves its conception, project of installations and equipment, construction, operations, maintenance, and removal at the end of its life. The physical cycle of a product is a sequence of transformations of materials and energy which includes extraction of raw materials, manufacturing, distribution, utilization, recovery of materials, recycling, and reuse. The cycle of the process also involves transformation of materials and energy, so that the same process may involve the production of several products, and the same product may involve several processes.

In the present work, the life cycle of a good or service will be understood as physical cycle, i.e. stages of the process of production and commercialization from the origin of the natural resources to the final disposal of the material residues after the use, going through improvement, transportation, storage, processing, maintenance, and other intermediate stages. This concept is also known by the expression from cradle to grave, where cradle is the environment which the natural resources to be transformed are extracted from, while grave is the environment itself, considered as final destination of the residues of production and consumption which were not reused or recycled. **Figure 1** exemplifies a generic life cycle, where it can be noted that the cycle begins with the exploitation of the environment as source of raw materials, energy, water, and use of the soil, and finishes with the use of the environment for the final disposal of residues not reused.



**Figura 1. Ciclo de vida genérico / Figure 1. Generic life cycle**





**Figura 2.** Ciclo de vida e suas interações com o meio ambiente: um exemplo / **Figure 2.** Life cycle and its interactions with the environment: an example

Segundo o entendimento acima, o ciclo de vida de um bem ou serviço contempla a totalidade da sua cadeia produtiva, que é um conjunto de etapas consecutivas pelas quais passam e vão sendo transformados os diversos insumos (Dantas, Kertsnetzky, Prochnik (2002). A **Figura 2** mostra esse ciclo por meio de etapas de uma cadeia produtiva. De observar que em cada etapa novos recursos são utilizados e novos resíduos são produzidos. Embora não esteja representado na figura, os transportes entre etapas e dentro delas fazem parte do ciclo de vida, assim como os relacionados com os retornos de materiais para reuso, reparo, reciclagem e remoção dos resíduos.

Para reduzir a necessidade de recursos naturais e de lançamentos dos resíduos não aproveitados é preciso conhecer os impactos ambientais específicos de cada etapa da cadeia produtiva. Como os problemas ambientais são transferidos de uma etapa para outra, é ilusório pensar que podem ser resolvidos adequadamente por uma unidade produtiva de modo isolado. A visão do ciclo de vida permite atuar com mais eficácia tanto sobre os problemas ambientais dos produtos e serviços quanto sobre a concepção e implementação de inovações de produtos e processos com vistas a reduzir os resíduos antes de gerados, e, assim, facilitar a recuperação de materiais pós-consumo.

Apesar do conceito de ciclo de vida referir-se à cadeia produtiva, a sua operacionalização se dá na cadeia de suprimento (*supply chain*). Esta pode ser entendida como uma segmentação longitudinal da cadeia produtiva, onde cada etapa representa uma ou mais empresas que participam de um acordo de produção (Dantas, Kertsnetzky, Prochnik (2002). Mentzer *et al.* (2001) falam de um conjunto de três ou mais

*According to the above understanding, the life cycle of a good or service contemplates the whole of its productive chain, which is a series of consecutive stages which the various inputs go through and as a result of which are gradually transformed (Dantas, Kertsnetzky, Prochnik (2002). **Figure 2** shows this cycle by means of stages of a productive chain. It should be observed that new resources are used and new residues are produced in each stage. Although not represented in the figure, transportation between stages and within them is constituent of the life cycle, as well as that connected with the return of materials for reuse, repair, recycling, and removal of residues.*

*To reduce the need for natural resources and dumping of not reused residues, it is necessary to know the environmental impacts specific to each stage of the productive chain. As the environmental problems are transferred from one stage to the other; it is illusory to think that they can be suitably solved by a productive unit separately considered. The vision of the life cycle allows acting more effectively on both environmental problems of products and services, and the conception and implementation of innovations in products and processes intended to reduce the possibility of residue generation prior to it, thus facilitating recovery of postconsumption materials.*

*Although the concept of life cycle refers to the productive chain, it becomes operational in the supply chain, which can be understood as a longitudinal segmentation of the productive chain, where each stage represents one or more companies participating in a production agreement (Dantas, Kertsnetzky, Prochnik, 2002). Mentzer *et al.* (2001) refer to a set of three or*

organizações ou indivíduos diretamente envolvidos nos fluxos de produtos, serviços, recursos financeiros e informações da fonte ao consumidor. Para Chopra, Meindl (2003), a cadeia engloba todos os estágios envolvidos direta ou indiretamente no atendimento de um pedido de cliente, como fornecedores, fabricantes, transportadores, armazenadores, distribuidores, varejistas e o próprio cliente, assim como prestadores de assistência técnica e qualquer outro que represente etapas do processo de produção e comercialização de produtos e serviços. Assim, gestão da cadeia de suprimento (*supply chain management*) concerne aos esforços para interligar essas etapas a fim de alcançar os resultados desejados, apesar de essa expressão suscitar diferentes interpretações como mostra Sampaio (2007). Esta gestão não se restringe à logística, uma das interpretações usuais. Este autor mostra que para combater tal interpretação o Conselho de Gestão de Logística (*Council of Logistics Management*) mudou para Conselho de Profissionais em Gestão de Cadeia de Suprimentos (*Council of Supply Chain Management Professionals*) e definiu logística como parte do processo do gerenciamento da cadeia de suprimento. Da mesma forma, a gestão da cadeia de suprimento que incorpora o conceito de ciclo de vida não se restringe à logística reversa.

Um modelo de gestão baseado no conceito de ciclo de vida aplica-se, por definição, à cadeia de suprimento e é, portanto, um modelo de gestão da cadeia com foco no cuidado com o ambiente. Esse tipo de cadeia tem recebido diversas denominações, por exemplo, cadeia de suprimento verde (*green supply chain*) ou sustentável (*sustainable supply chain*). A gestão da cadeia de suprimento que leva em conta o ciclo de vida do produto requer conhecimentos quantificados sobre os impactos ambientais pontualmente localizados nas diversas etapas da cadeia, de modo a orientar ações para minimizar ou eliminar tais impactos. Como essas ações são realizadas em diversas áreas da empresa - e mesmo fora dela - com diferentes enfoques, mas com objetivos comuns, elas devem ser orientadas por um modelo de gestão global baseado na idéia de ciclo de vida (*life cycle thinking*), conforme recomendação da Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental (*SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) e PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - 2007). Para efetivar tal modelo, essas instituições recomendam a aplicação dos princípios de gestão conhecidos por 6 Rs, cada um dos quais, na língua inglesa, se refere a uma palavra que começa com a letra r: 1) repensar (*rethinking*) os produtos e suas funções; por exemplo, para que possam ser usados de modo ambientalmente mais eficiente; 2) projetar os produtos para facilitar sua manutenção e reparo (*repair*); 3) projetar os produtos para facilitar o desmanche e reutilizar peças (*reuse*); 4) reduzir (*reduce*) o consumo de energia, de materiais e impactos socioambientais ao longo do ciclo de vida; 5) coletar materiais para reciclagem (*recycle*) e com

*more organizations or individuals directly involved in the flows of products, services, financial resources, and information from the source to the consumer. For Chopra, Meindl (2003), the chain encompasses all stages directly or indirectly involved in filling a customer's order, such as suppliers, manufacturers, transporters, warehouse owners, distributors, retailers, and the customer himself, as well as after-sales service providers and any other one representing stages of the process of production and commercialization of products and services. Thus, supply chain management concerns the efforts made to interconnect these stages, in order to achieve the desired results, although this expression gives rise to different interpretations, as shown by Sampaio (2007). Contrary to one of the usual interpretations, this management is not restricted to logistics. That author shows that to combat such an interpretation the Council of Logistics Management changed to Council of Supply Chain Management Professionals and defined logistics as part of the supply chain management process. Likewise, the supply chain management incorporating the concept of life cycle is not restricted to reverse logistics.*

*A model of management based on the concept of life cycle applies, by definition, to the supply chain and is therefore a model of chain management focused on care taken with the environment. This type of chain has received several designations, as e.g. green supply chain, or sustainable supply chain. The supply chain management taking into account the life cycle of the product requires quantified knowledge about the environmental spot impacts of the various stages of the chain, so as to orient actions to minimize or eliminate such impacts. As these actions are taken in several areas of the company - and even outside it - with different approaches, but with common objectives, they must be oriented by a model of global management based on life cycle thinking, as recommended by SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) and PNUMA (Program of the United Nations for the Environment - 2007). To put such a model into effect, these institutions recommend to apply the management principles known as 6 R's, each of which refers in English to a word beginning with letter R: 1) To rethink the products and their functions; for instance, so that they can be used in an environmentally more efficient way; 2) to design the products so as to facilitate their maintenance and repair; 3) to design the products so as to facilitate dismantling and to reuse some parts; 4) to reduce the consumption of energy, materials, and socioenvironmental impacts along the life cycle; 5) to collect materials for recycling, thus reducing the pressure put on the stocks*

isso reduzir a pressão sobre os estoques de recursos naturais; e 6) substituir (*replace*) substâncias perigosas e tóxicas por outras amigáveis aos ambientes físico, biológico e social.

A abordagem convencional do gerenciamento da cadeia de suprimento enfatiza as ações que gerem integração eficiente entre fornecedores, fabricantes, distribuidores, varejistas e outros membros da cadeia para minimizar seus custos totais, ao mesmo tempo em que proporcionam a usuários ou consumidores finais um elevado nível de serviço (Simchi-Levi *et al.*, 2003). Em uma cadeia de suprimento orientada pelo ciclo de vida dos produtos, as ações para gerenciá-la levam em conta o pensamento baseado no conceito de ciclo de vida (*life cycle thinking*) e faz uso sistemático de instrumentos de gestão decorrentes desse pensamento para implementar os princípios dos 6Rs. Dentre esses, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é considerado um dos instrumentos mais importantes, por ser o que permite conhecer de fato e quantificar os impactos ambientais de produtos e serviços ao longo da cadeia em questão.

### **AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA**

A origem da ACV é controversa. Para Ayres (1995), os precursores da ACV foram as análises de energia líquida - um tema candente da década de 1970 - com um dos primeiros estudos publicado em 1969, referindo-se às necessidades cumulativas de energia de alguns produtos da indústria química. Um dos trabalhos precursores que contemplaram as emissões de poluentes gerados por processos de produção realizado no início da década de 70, comparou a fabricação de garrafas de vidro, de polietileno e de policloreto de vinila (PVC), focando a atenção no desenvolvimento de um modelo de análise denominado: material-processo-produto. Fullana, Puig (1997) e Hoof, Monroy, Saer (2008) consideram que a primeira experiência com esse instrumento de gestão foi um estudo encomendado pela Coca-Cola no final da década de 60, realizado pela empresa de consultoria *Midwest Research Institute*, atualmente *Franklin Associates*. Esse estudo, que recebeu o nome de Análise de Recursos e Perfil Ambiental (REPA, do inglês, *Resource and Environmental Profile Analysis*), comparou diferentes tipos de vasilhames para selecionar aquele que requeria menor quantidade de recursos e liberasse menos poluentes.

Entre as organizações com contribuições importantes para a consolidação desse instrumento de gestão merecem destaques a Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental (USEPA- *United State Environmental Protection Agency*), diversos órgãos ambientais europeus e instituições de pesquisas de várias partes do mundo, como é caso do Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA) no Brasil. Porém, foi a SETAC que teve um papel decisivo no aperfeiçoamento da ACV, criando as bases para a construção de metodologias padronizadas de uso universal. Como se

*of natural resources; and 6) to replace hazardous and toxic substances with others friendly to the physical, biological, and social environments.*

*The conventional approach to the supply chain management puts emphasis on actions generating efficient integration between suppliers, manufacturers, distributors, retailers, and other members of the chain, in order to minimize their total costs, while affording a high service level to end users or consumers (Simchi-Levi *et al.*, 2003). In a product life cycle oriented supply chain, the actions to manage it take life cycle thinking into account and make systematic use of management instruments resulting from this way of thinking to implement the principles expressed by the 6R's. Among them, the Life Cycle Assessment (LCA) is considered to be one of the most important instruments, because it is that allowing one to actually know and quantify the environmental impacts of products and services along the chain in question.*

### **LIFE CYCLE ASSESSMENT**

*The origin of LCA is controversial. For Ayres (1995), the precursors of LCA were the analyses of net energy – a burning issue of the '70s – one of the first studies having been published in 1969, referring to the cumulative requirements of energy of some products of the chemical industry. One of the fore-running works that contemplated the emissions of pollutants generated by production processes, carried out in the early '70s, compared manufacturing of glass, polyethylene, and polyvinyl chloride (PVC) bottles, focusing on the development of a model of analysis called material-process-product. Fullana, Puig (1997), and Hoof, Monroy, Saer (2008) consider that the first experiment with this management instrument was a study ordered by Coca-Cola in the late '60s, conducted by the consultancy *Midwest Research Institute*, at present *Franklin Associates*. That study, called *Resource and Environmental Profile Analysis (REPA)*, compared different types of containers, in order to select that requiring the smallest amount of resources and releasing fewer pollutants.*

*Among the organizations having made significant contributions to consolidate this management instrument, the United State Environmental Protection Agency (USEPA), several European environmental organs, and research institutions of several parts all over the world, as it is the case of the Center of Packaging Technology (CETEA) in Brazil, deserve to be highlighted. However, it was SETAC who had a decisive role in LCA improvement, creating the bases for the construction of standardized methodologies of universal use. As it will*



verá com mais detalhes, a Organização Internacional para a Standardização (ISO-*International Organization for Standardization*) elaborou diversas normas internacionais sobre ACV, constituindo a mais importante fonte de padronização desse instrumento do ponto de vista processual, com a primeira norma pronta já em 1997.

A ACV é um instrumento de gestão ambiental que se aplica a um produto ou serviço específico ou a um conjunto de produtos e serviços próximos substitutos de uma dada empresa. É usada para identificar aspectos ambientais: 1) no nível do produto para determinar as áreas-alvo de melhorias ambientais, por exemplo, aumentar a reciclabilidade dos materiais ou reduzir o consumo de material ou energia; 2) no nível dos componentes para auxiliar a seleção de materiais e fornecedores; e 3) como ferramenta de *benchmarking* para demonstrar a evolução do produto em termos ambientais (Donnelly *et al.*). Conforme Tsoulfas, Pappis (2006), a ACV pode ser vista como um método pelo qual a energia, os materiais consumidos e os diferentes tipos de emissões relacionados a um produto específico são mensurados, analisados e atribuídos ao ciclo de vida completo de um ponto de vista ambiental. Para esses autores, são duas as abordagens de ACV mais frequentes: uma baseada em modelo do processo detalhado com as emissões e resíduos correspondentes e, outra, na contabilização econômica das entradas e saídas usada em modelos que descrevem os fluxos intersetoriais em termos econômicos. Essa é a abordagem normalmente presente ao referir-se a esse instrumento de gestão ambiental, pois quantificar o consumo de materiais e energia e o lançamento de poluentes, localizando-os nas diversas etapas da cadeia, permite agir corretiva e preventivamente sobre processos e produtos para torná-los mais amigáveis ao ambiente. Por isso, a ACV é um instrumento essencial de gestão ambiental centrada em projeto do produto, como Projeto para o Ambiente e Ecologia Industrial (*Design for Environment and Industrial Ecology*), como mostram Graedel, Allenby (1995); Fiksel (1997); Culaba, Purvis (1999); Nielsen, Wenzel (2001) e Donnelly *et al.* (2006), entre outros. A gestão ambiental centrada na produção, como produção mais limpa (P+L), também se beneficia da ACV, como mostram Hoof, Monroy, Saer (2008), pois identificam prioridades para redução de emissões e consumo de materiais e energia.

### **METODOLOGIA DA ACV**

A proliferação de conceitos e métodos adotados por entidades e governos sobre a ACV gera confusão para os que pretendem usar esse instrumento. Avaliações feitas segundo critérios diferentes chegam a conclusões diferentes sobre os impactos ambientais de um mesmo produto, confundindo o público e lançando desconfianças quanto a esse instrumento de gestão ambiental. As organizações

*be seen in more detail, the International Organization for Standardization (ISO) worked out several international standards about LCA and constitutes the most important source of standardization of this instrument from a process-related point of view, with the first standard getting ready as early as 1997.*

*The LCA is an instrument of environmental management applying to a specific product or service, or to a set of close substitute products and services of a given company. It is used to identify environmental aspects: 1) at product level, to determine the target areas of environmental improvements, e.g. to increase the recycling capability of the materials, or to reduce material or energy consumption; 2) at component level, to help select materials and suppliers; and 3) as benchmarking tool, to demonstrate the evolution of the product in environmental terms (Donnelly *et al.*). According to Tsoulfas, Pappis (2006), the LCA can be considered as a method through which the energy, the consumed materials, and the different types of emissions related to a specific product are measured, analyzed, and attributed to the complete life cycle from an environmental standpoint. For those authors, the most frequent approaches to LCA are two: one based on a model of the process detailed with the corresponding emissions and residues, and the other one on economic accounting of inputs and outputs, used for models describing the intersectorial flows in economic terms. This is the usually present approach when referring to this instrument of environmental management, as quantifying the consumption of materials and energy, as well as the emission of pollutants, locating them in the various stages of the chain, allows acting correctively and preventively on processes and products, in order to make them environmentally friendlier. Therefore, LCA is an essential instrument of product design-centered environmental management, as Design for Environment and Industrial Ecology, as shown by Graedel, Allenby (1995); Fiksel (1997); Culaba, Purvis (1999); Nielsen, Wenzel (2001), and Donnelly *et al.* (2006), among other ones. The production-centered environmental management, as cleaner production (CP), also benefits from LCA, as shown by Hoof, Monroy, Saer (2008), who identify priorities for reduction in emissions and consumption of materials and energy.*

### **LCA METHODOLOGY**

*The proliferation of concepts and methods concerning LCA, adopted by entities and governments, generates confusion for those intending to use this instrument. Assessments made according to different criteria come to different conclusions about the environmental impacts of the same product, confusing the public and giving rise to mistrust as to this instrument of environmental management. The*

que atuam ou pretendem atuar em mais de um mercado podem se deparar com a necessidade de usar mais de um método por solicitação de importadores, elevando custos e podendo até inviabilizar negócios. Um dos problemas mais grave é a possibilidade do uso deliberadamente incorreto da ACV para apregoar vantagens ambientais inexistentes nos produtos de uma empresa ou para mostrar desvantagens inexistentes nos produtos concorrentes. Com efeito, uma empresa ou uma associação de empresas de um setor pode encomendar uma ACV de cartas marcadas para valorizar o seu produto em detrimento de outros substitutos próximos para ganhar mercado, aproveitando-se do prestígio que questões ambientais adquiriram ao longo destas últimas décadas. Daí a preocupação da Organização Internacional para a Standardização (ISO) em estabelecer conceitos, diretrizes e requisitos para que a ACV seja um instrumento com credibilidade.

Assim, o Comitê 207 da ISO sobre gestão ambiental criou o Subcomitê 05 para tratar especificamente da ACV enquanto instrumento de gestão, e que já produziu uma série de normas internacionais resumidas no Quadro 1. Todas as normas citadas neste quadro foram criadas especificamente para orientar a ACV, exceto o relatório técnico ISO TR

*organizations acting or intending to act on more than one market may come across the need to use more than one method at the request of importers, which would lead to cost increase and might even make businesses unviable. One of the most serious problems is the possibility of deliberately using LCA incorrectly, in order to proclaim nonexistent environmental advantages of the products of a company, or to show nonexistent disadvantages of competitors' products. In fact, a company or an association of companies of a sector may order an LCA of marked cards to value their product to the detriment of other close substitutes, in order to conquer a larger market share, taking advantage of the prestige that environmental questions gained in the course of these past decades. Hence, the concern shown by the International Organization for Standardization (ISO) to establish concepts, directives, and requisites, for the LCA to be an instrument with credibility.*

*Thus, ISO's Committee 207 about environmental management created the Subcommittee 05 to deal specifically with LCA as management instrument, which has already produced a series of international standards summarized in Chart 1. All standards cited in this chart were specifically created to orient the LCA, except for*

**Quadro 1.** Normas sobre ACVs produzidas pelo TC 207/SC 05 / **Chart 1.** Standards about LCAs produced by TC 207/SC 05

Nº da Norma: Ano Standard No.: Year	Título / Title	Descrição / Description
ISO 14040: 2006 ISO 14040: 2006	Avaliação do ciclo de vida – princípios e estruturas <i>Life cycle assessment – principles and framework</i>	Proporciona os elementos gerais e metodologias requeridas para uma ACV de produtos e serviços <i>It provides the general elements and methodologies required for an LCA of products and services</i>
ISO 14044: 2006 ISO 14044: 2006	Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – requerimentos e diretrizes <i>Environment management – life cycle assessment – requirements and directives</i>	Especifica requisitos e proporciona um guia para a avaliação do ciclo de vida, incluindo exemplos. Incorpora os temas tratados nas normas ISO 14041, 14042 e 14043 <i>It specifies requirements and provides a guide to life cycle assessment, including examples. It incorporates the issues addressed in standards ISO 14041, 14042, and 14043</i>
ISO TS 14048:2002 ISO TS 14048:2002	Avaliação do ciclo de vida – informações sobre apresentação de dados para um estudo de avaliação do ciclo de vida <i>Life cycle assessment – information on data presentation for a study of life cycle assessment</i>	Proporciona informação sobre o formato dos dados para suporte de uma ACV <i>It provides information on the format of the data to support an LCA</i>
ISO TR 14049:2000 ISO TR 14049:2000	Avaliação do ciclo de vida – Exemplos para aplicação da norma ISO 14041 <i>Life cycle assessment – Examples for application of ISO 14041</i>	Ilustra com exemplos como aplicar as normas ISO 14041 <i>It illustrates with examples how to apply ISO 14041</i>
ISO TR 14062:2002 ISO TR 14062:2002	Gestão ambiental - Integração dos aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos exigências e diretrizes <i>Environment management – Integration of environmental aspects into the development of products – requirements and directives</i>	Descreve conceitos e práticas usadas para integrar aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos e serviços <i>It describes concepts and practices used to integrate environmental aspects into the design and development of products and services</i>
ISO TR 14047:2003 ISO TR 14047:2003	Avaliação do ciclo de vida – Exemplos para aplicação da norma ISO 14042 <i>Life cycle assessment – Examples for application of ISO 14042</i>	Ilustra com exemplos como aplicar a norma ISO 14042 <i>It illustrates with examples how to apply ISO 14042</i>

Fonte: elaboração própria com base nas normas citadas / Source: own working out based on the cited standards

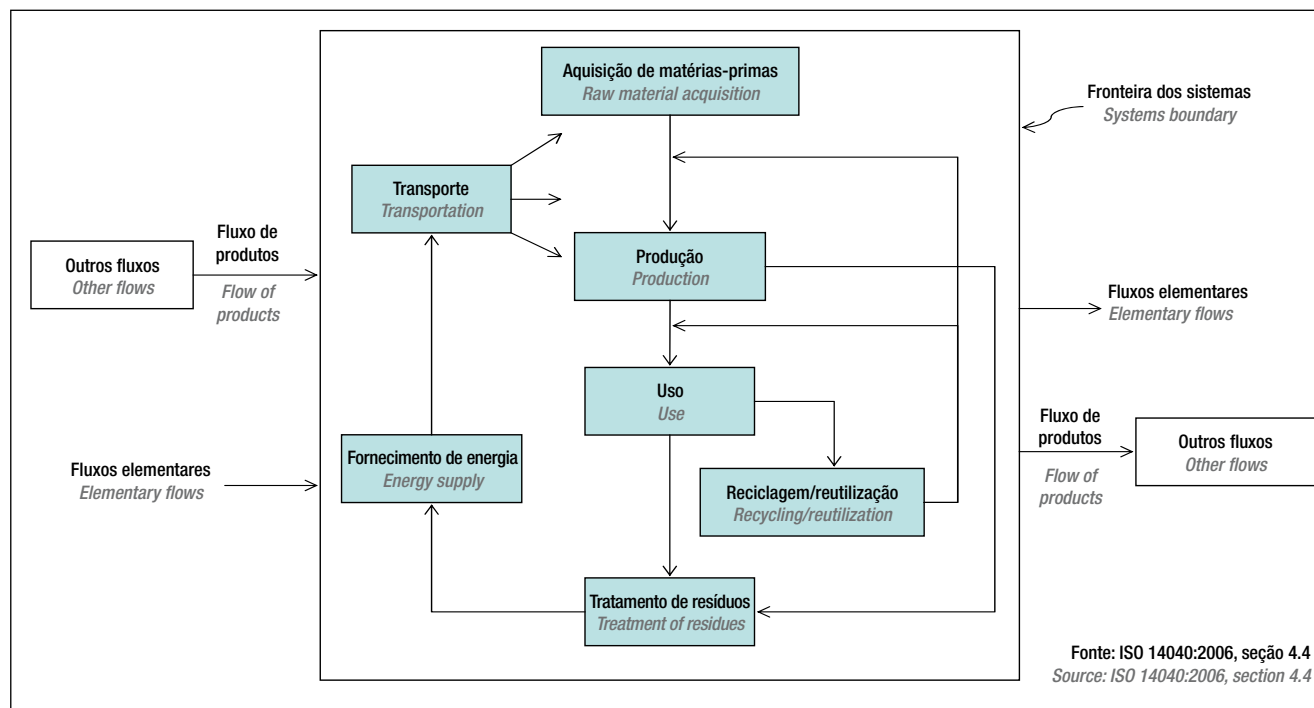


14062:2006, que objetiva fornecer conceitos e práticas para integrar aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos. A ACV é uma fonte importante de novas idéias para melhorar o desempenho dos produtos e processos atuais e para projetar novos com desempenhos melhores. A norma ISO 14040:2006 define ciclo de vida como estágios consecutivos e interligados de um sistema de produto, desde a aquisição de matérias-primas ou sua obtenção a partir de recursos naturais até a disposição final. Define ACV como compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. Sistema de produto é um conjunto de unidades de processos elementares conectadas por fluxos de materiais e energia que realiza uma ou mais funções definidas, conforme exemplificado na **Figura 3**. A descrição de um sistema de produto inclui processos e fluxos elementares, fluxos de produtos que atravessam a fronteira do sistema, ou seja, entradas e saídas do sistema, e fluxos de produtos intermediários dentro do sistema. A definição da fronteira de um sistema de produto é uma questão crucial da ACV, pois ela condiciona os resultados e, portanto, as interpretações decorrentes.

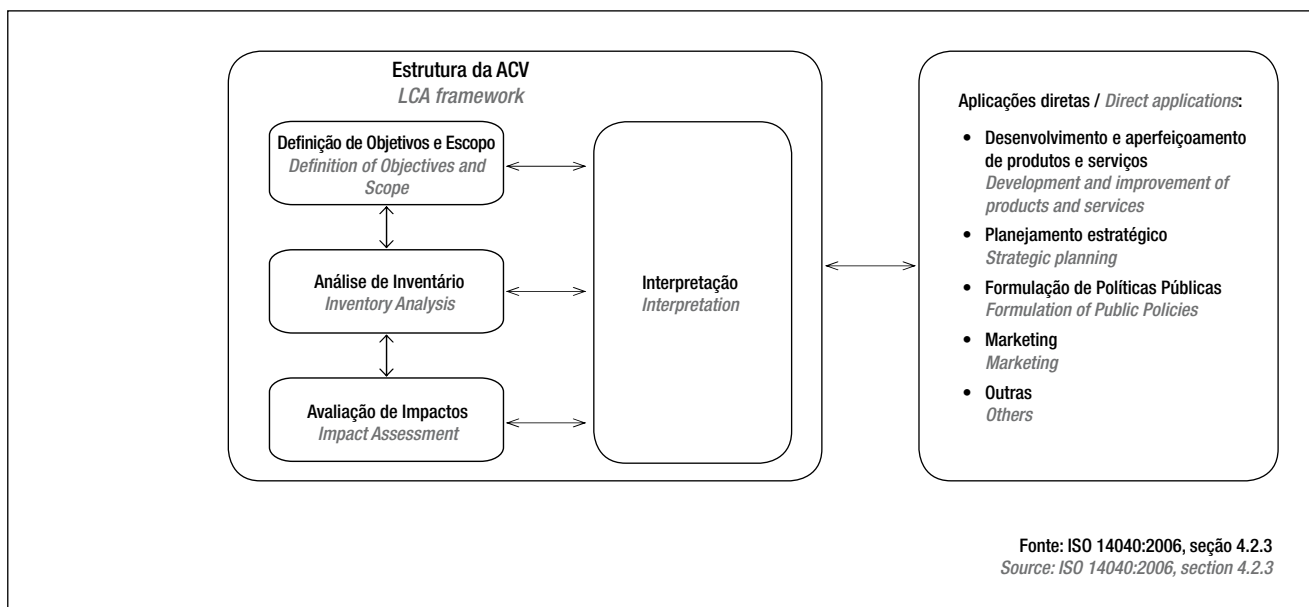
A estrutura da ACV, conforme a norma ISO 14040:2006, é composta por quatro fases interrelacionadas, como mostra a **Figura 4**. De notar que entre as aplicações diretas da ACV está o desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos e serviço, o que remete a buscas por inovações que tragam resultados para a organização e para o meio ambiente, simultaneamente. Por exemplo, a redução da poluição na fonte, ou seja, antes de ser gerada e se transformar em problema para ambiente e empresa, também significa

*the technical report ISO TR 14062:2006, which aims to supply concepts and practices to integrate environmental aspects into the design and development of products. LCA is an important source of new ideas to improve the performance of current products and processes and to design new ones with better performances. ISO 14040:2006 defines life cycle as consecutive and interconnected stages of a product system, from the acquisition of raw materials or their obtention from natural resources, to the final disposal. It defines LCA as a compilation and assessment of the inputs, outputs, and potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle. A product system is a set of elementary process units connected by flows of materials and energy, fulfilling one or several defined functions, as exemplified in **Figure 3**. The description of a product system includes elementary processes and flows, flows of products crossing the boundary of the system, that is, inputs and outputs of the system, and flows of intermediate products within the system. The definition of the boundary of a product system is a crucial issue of the LCA, since it conditions the results and consequently the resulting interpretations.*

*The LCA framework, according to ISO 14040:2006, consists of four interconnected stages, as shown in **Figure 4**. It should be observed that among the direct applications of LCA is the development and improvement of products and services, which refers to searches for innovations yielding results to both organization and environment. For example, reduction in pollution at the source, that is, before being generated and becoming a problem for both environment and company, also means an increase in productivity, as*



**Figura 3.** Sistema de produto, exemplo / **Figure 3.** Product system, example



**Figura 4.** Fases da ACV / *Figure 4. Stages of the LCA*

aumento da produtividade pela melhor utilização dos insumos. A redução dos passivos ambientais proporcionada pela eliminação de fontes de problemas ambientais é outro resultado positivo que as empresas podem colher com as idéias que surgem da ACV. Os resultados intermediários mostram pontos de consumo e de emissões localizados e quantificados, permitindo melhorias por meio de ações específicas. A ACV apresenta dados sobre todos os impactos especificados por categoria de recursos usados - tais como consumo de água e energia - e substância lançada ao meio ambiente, como seriam dióxido de carbono, metano, óxidos de enxofre, etc. Os resultados em dados agregados permitem comparações entre dois ou mais produtos do ponto de vista dos impactos ao meio ambiente.

Uma questão importante, quase sempre negligenciada nos estudos acadêmicos sobre ACV refere-se à necessidade de programas computacionais sofisticados, pois, como mostram Hoof, Monroy, Saer (2008), para realizar a ACV é necessária uma grande quantidade de dados e cálculos repetitivos. Entre os programas existentes mais conhecidos estão o GaBi, (do alemão *Ganzheitliche Bilanzierung*, significando Balanço Integrado) desenvolvido pela empresa de consultoria PE International em parceria com a Universidade de Stuttgart; o Umberto, pela IFU GmbH, uma empresa especializada em informática para gestão ambiental, de Hamburgo; e o SimaPro, desenvolvido por uma empresa holandesa, a Pré Consultants. Muitas empresas e departamentos de instituições de ensino dedicadas ao tema ACV desenvolveram *softwares* específicos disponíveis comercialmente. Dada a variedade de opções existentes, uma questão de ordem prática é a escolha do programa computacional mais adequado para quem for realizar a ACV. Rizo, Navarro (2004) apresentam uma lista de critérios

*a function of better input utilization. Reduction in environmental liabilities, provided by eliminating sources of environmental problems, is another positive result that the companies can achieve through the ideas appearing from LCA. The intermediate results show localized and quantified points of consumption and emission, allowing improvements by means of specific actions. The LCA presents data about all impacts specified per category of resources used – such as consumption of water and energy – and substances cast into the environment, as carbon dioxide, methane, sulphur oxides, etc. would be. The results in the form of aggregated data allow comparisons to be made between two or more products from the point of view of impacts on the environment.*

*An important question, almost always neglected in the academic studies on LCA, refers to the need for sophisticated computer programs, because, as shown by Hoof, Monroy, Saer (2008), a large amount of data and repetitive calculations are required to carry out the LCA. Among the best-known existing programs are GaBi, (from the German expression *Ganzheitliche Bilanzierung*, meaning “integrated balancing”), developed by the consultancy PE International in partnership with the University of Stuttgart; Umberto, worked out by IFU GmbH, a company specialized in information science for environmental management, from Hamburg; and SimaPro, developed by Pré Consultants, a Dutch company. Many companies and departments of educational institutions dedicated to the theme concerning LCA developed specific commercially available softwares. Considering the variety of existing options, an issue of practical order for someone going to carry out the LCA is the choice of the most suitable computer program. Rizo, Navarro (2004) present a list*

para avaliar *softwares* de ACV, dentre eles: facilidade de uso, interface gráfica e elaboração de diagramas de fluxos. Esse último é particularmente importante, pois, como mostrado acima, a descrição de um sistema de produto requer diagramas de fluxos como exemplificado na Figura 3. Um critério não menos importante é a aderência dos programas às normas ISO relacionadas no Quadro 1. Para esses autores, a profusão de dados ambientais necessários para realizar a ACV torna praticamente obrigatório o uso de extensas e completas bases de dados informatizadas. Os critérios para avaliar bases de dados são os seguintes: extensão, transparência, qualidade dos dados e sub-rotinas para entradas de dados. Os programas computacionais, como os citados acima, incluem, em geral, várias bases de dados, o que facilita a fase de avaliação dos impactos. Porém, essas bases foram feitas para certos ambientes específicos, o que torna questionável seu uso em outros ambientes.

### UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA ACV

Um tema recorrente na perspectiva do desenvolvimento sustentável é a reciclagem de materiais usados, apesar de muitas opiniões conflitantes. Em geral, a reciclagem é considerada uma forma de solucionar problemas de poluição ambiental. Horton (1995) vê na reciclagem uma possibilidade de reciclar o próprio capitalismo, uma opinião compartilhada por Vilhena (2009), para quem “a reciclagem é mola propulsora deste novo processo, pois o conceito abrange diversos aspectos técnicos, econômicos e sociais da relação homem vs. meio ambiente”. Outros, como Maimon (1992) e Montibeller-Filho (2008), entendem a reciclagem como a absorção indevida das externalidades negativas (rejeitos e resíduos da atividade produtiva) pela sociedade. Há os que proclamam a reciclagem como um elixir milagroso para os males causados pela degradação ambiental e os que questionam os efeitos sedativos da reciclagem sobre a consciência das pessoas a respeito do consumo desenfreado das parcelas ricas da sociedade. Esses são apenas alguns exemplos de opiniões conflitantes a respeito de tema importante para a gestão ambiental e que faz parte da abordagem do ciclo de vida, comentado anteriormente.

Apesar desse debate, é fato amplamente divulgado que a reciclagem avança no Brasil. Segundo dados do Compromisso Empresarial para a Reciclagem (Cempre), o número de municípios brasileiros dispendo de coleta seletiva passou de 91 em 1984 para 405 em 2008. O papel e papelão representam, em peso, 39% do material coletado, seguidos do plástico, com 22% (Cempre, 2008). O consumo de aparas e papéis usados no Brasil também tem crescido constantemente. Dados da Bracelpa (2008) mostram que 79,5% do volume total do papelão consumido no Brasil em 2007 foi reciclado; em 1992 essa taxa era de 68,2%. Do papel de escritório consumido em 2007, 38,1% retornou à produção

*of criteria to evaluate LCA softwares, among which: ease of use, graphical interface, and working out of flow diagrams. The latter is particularly important, because, as shown above, the description of a product system requires flow diagrams as exemplified in Figure 3. A not less important criterion is the adherence of the programs to the ISO standards listed in Chart 1. For those authors, the profusion of environmental data required to carry out the LCA makes it practically obligatory to use extensive and complete computerized databases. The criteria for database evaluation are as follows: extent, transparency, quality of the data and subroutines for data inputs. Computer programs, such as those cited above, in general include several databases, which facilitates the stage of impact assessment. However, these bases were worked out for certain specific environments, which makes it questionable to use them for other environments.*

### AN EXAMPLE OF APPLICATION OF LCA

*A recurrent theme in the sustainable development perspective is recycling of used materials, in spite of many conflicting opinions. In general, recycling is considered to be a way of solving problems of environmental pollution. Horton (1995) considers recycling as a possibility of recycling capitalism itself, an opinion shared by Vilhena (2009), for whom “recycling is the driving spring of this new process, as the concept encompasses several technical, economic, and social aspects of the relationship man vs. environment”. Others, like Maimon (1992) and Montibeller-Filho (2008), understand recycling as the undue absorption of negative externalities (rejects and residues from the productive activity) by society. There are those proclaiming recycling as a miraculous elixir for the evils caused by environmental degradation, as well as those questioning the sedative effects of recycling on people’s conscience about the unbridled consumption by the rich segments of society. These are just some examples of conflicting opinions about an important subject for the environmental management, which is constituent of the approach to life cycle assessment, as previously commented.*

*In spite of this debate, it is a widely divulged fact that recycling does advance in Brazil. According to data obtained from Cempre (Entrepreneurial Commitment to Recycling), the number of Brazilian municipalities having selective collection available increased from 91 in 1984 to 405 in 2008. Paper and board represent, in weight, 39% of the collected material, followed by plastic, with 22% (Cempre, 2008). The consumption of broke and wastepaper has also constantly grown in Brazil. Data obtained from Bracelpa (Brazilian Pulp and Paper Association) (2008) show that 79.5% of the total volume of board consumed in Brazil in 2007 was recycled; a proportion corresponding to 68.2% in 1992.*



por meio de coleta seletiva e reciclagem, correspondendo a aproximadamente 817 mil toneladas de papel reciclado. O nível de reciclagem de papéis de escritório é menor que o de papelão, e o motivo de tal diferença deve-se ao fato de o papelão poder ser usado diretamente como matéria-prima para a fabricação de papelcartão, cujos requisitos para embalagem não são tão restritivos quanto os necessários para papéis de impressão e escrita (I&E). Sutjipto *et al.* (2008) lembram que fabricação de papel reciclado não é uma tecnologia nova. Já em 1826, na unidade industrial de Neckinger, Estados Unidos, Matthias Koops fabricou papel de I&E com base em polpa de aparas. Mas só no final dos anos 80 é que, devido ao alto custo de manutenção dos aterros, a indústria papelreira foi pressionada para considerar a reciclagem como negócio e não como mera curiosidade. A partir daí a fabricação de papéis reciclados para I&E provocou na sociedade uma discussão sobre os reais benefícios que trariam para o meio ambiente. O uso da ACV pode dar contribuições importantes para esse debate na medida em que contempla o ciclo completo, e não apenas o que acontece após o uso do produto.

De fato, ao focar apenas uma fase do ciclo, pode-se ter visão equivocada. Por exemplo, estudo apresentado pela Esalq-USP mostrou que a produção de papel de I&E 100% reciclado pode gerar um volume de efluentes até seis vezes maior que o papel branco (Vialli, A., 2008). Ainda, certos processos de fabricação de papel reciclado podem consumir mais água, mais produtos químicos e mais energia elétrica do que o papel branco pelo fato da fibra reciclada exigir etapa de dispersão para eliminar impurezas – desnecessária na produção de papel novo –, e possivelmente outra de alvejamento para melhoramento da cor. O estudo mencionado ignora o conceito de ciclo de vida. O argumento de que a fabricação do papel reciclado consome mais água e energia apenas considera o processo de produção industrial e não as demais fases a montante e a jusante, nem a questão do destino final do papel usado, que, se não for recuperado para reciclagem, terá como destino a incineração ou o aterro sanitário. A questão do destino final de papel usado é de grande complexidade, como mostram diversos estudos. Finnveden, Ekvall (1998) mostraram que qualquer que seja o destino final dado ao papel usado, incineração ou aterro, sempre causará impactos ambientais negativos. Além disso, esses autores alertam sobre o uso político da ferramenta ACV no setor de celulose e papel, mediante divulgação de dados parciais ou manipulados para atingir objetivos comerciais.

Outro exemplo de controvérsia é o debate em torno da toalha de papel e dos aquecedores elétricos de ar em sanitários públicos. Os fabricantes de aquecedores sustentam ser esta a melhor opção ambiental, pois poupa árvores. Argumento rebatido pelos produtores

*From the office paper consumed in 2007, 38.1% returned to production by means of selective collection and recycling, which corresponds to approximately 817 thousand tons of recycled paper. The level of office paper recycling is lower than that of board and such a difference is due to the fact that board can be directly used as raw material for manufacturing paperboard, the packing requirements of which are not as restrictive as those concerning writing and printing papers (W&P). Sutjipto et al. (2008) point out that recycled paper manufacturing is no new technology. Already in 1826, at the industrial unit of Neckinger, USA, Matthias Koops manufactured W&P paper from broke pulp. However, it was not before the late '80s that, due to the high cost of landfill maintenance, the papermaking industry was put pressure on, in order to consider recycling no longer as a mere curiosity, but as a business. From then on, recycled paper manufacturing for W&P gave rise in society to a discussion about the real benefits the environment would derive from it. The use of LCA might make important contributions to this debate as it contemplates the complete cycle, not just what happens after the product is used.*

*In fact, when focusing on only one stage of the cycle, the resulting vision may be mistaken. For example, a study presented by Esalq-USP (Agriculture College Luis de Queirós of the University of São Paulo) showed that the production of 100% recycled W&P paper may generate a volume of effluents up to six times as large as that of white paper (Vialli, A., 2008). Furthermore, certain recycled paper manufacturing processes may consume more water, more chemicals, and more electric power than those manufacturing white paper; due to the fact that the recycled fiber requires a stage of dispersion to eliminate impurities – unnecessary when producing new paper – and possibly a further brightening one for colour improvement. The above-mentioned study is ignorant of the concept of life cycle. The argument that recycled paper manufacturing consumes more water and energy only contemplates the process of industrial production, but it does not consider the remaining upstream and downstream stages, nor does it consider the issue of the final destination of wastepaper, which will be either incineration or the sanitary landfill, if it is not recovered for recycling. The question of the final wastepaper destination is of great complexity, as shown by several studies. Finnveden, Ekvall (1998) showed that whichever final destination wastepaper is given – incineration or landfill –, it will always have negative environmental impacts. In addition, those authors alert to the political use of the LCA tool in the pulp and paper sector, which would consist in divulging partial or manipulated data in order to achieve commercial goals.*

*Another example of controversy is the debate over paper towels and electric air heaters in public toilets. The heater manufacturers sustain that this is the best environ-*

de celulose e papel com o argumento de que só usam árvores plantadas e manejadas para esse fim. O uso de aquecedores, na visão ambiental, deveria também considerar as árvores cortadas para a formação de barragens para geração de energia hidroeétrica ou a queima de combustível fóssil em termelétricas. Olhando apenas uma parte do ciclo não é possível definir qual a solução ambientalmente mais vantajosa. Uma questão mais sólida na discussão dos impactos ambientais da fabricação de papéis reciclados refere-se à necessidade de destintamento dos papéis pós-consumo coletados antes de usados como matéria-prima, pois os pigmentos de tintas são contaminantes. Isso fez estudiosos, como Körkkö *et al.* (2008), alertarem para o fato de que o destintamento pode gerar efluentes mais tóxicos que o próprio processo de fabricação de papéis I&E.

Uma visão mais precisa desse debate reconhece que o impacto de um produto não começa e nem termina no final da linha de produção. Cada produto ou sistema de produto possui um ciclo que nasce e morre no meio ambiente, de modo que sua disposição final após consumo ou reaproveitamento é fase desse ciclo, cujos impactos ambientais precisam ser considerados, pois, como em qualquer fase, esta também consome recurso e gera resíduos. Um instrumento para quantificar os impactos acumulados ao longo do ciclo completo é a ACV com base nas normas relacionadas no Quadro 1. Como diz Ayres (1995), somente com a ajuda de um instrumento como a ACV é possível julgar racionalmente quanto a efeitos ambientais de produtos de consumo final competitivos ou dos processos produtivos relacionados. Ainda conforme esse autor, a questão contra ou a favor da reciclagem é um caso específico, cujo julgamento ponderado também depende da ACV. Resumindo, a reciclagem é um dos princípios do pensamento baseado no ciclo de vida, como mostrado anteriormente. É um processo pelo qual os materiais usados e recuperados retornam ao sistema produtivo reduzindo a necessidade de extração de materiais originários do ambiente. Mas, como todo processo produtivo, também gera impactos ambientais negativos em diversas fases de seu ciclo. Em princípio, nenhum produto reciclado é melhor do original em termos ambientais só pelo fato de estar recuperando material. Sem analisar o ciclo dos produtos envolvidos não é possível fazer qualquer afirmação consistente do ponto de vista ambiental.

### **O ESTUDO DE CASO DO PAPEL RECICLADO RECICLATO**

Com o objetivo de compreender melhor a ACV foi realizado estudo da aplicação desse instrumento para comparar um papel reciclado com papel branco produzido de polpa virgem, ambos para E&I. O estudo se constituiu em análise de documentos e relatórios concernentes à ACV, bem como entrevistas com pessoas da empresa que participaram da

*mental option, as it spares trees, which is refuted by pulp and paper producers, who argue that they only use trees planted and managed for this purpose. According to the environmental standpoint, the use of heaters should also consider the trees cut in order to form dams for generation of hydroelectric energy, or burning fossil fuel at thermo-electric plants. When considering just a part of the cycle it is not possible to determine which is environmentally the most advantageous solution. A more consistent question in the discussion about the environmental impacts of recycled paper manufacturing concerns the need for deinking of the postconsumption papers collected before being used as raw material, as the ink pigments are contaminants. This caused scholars, such as Körkkö *et al.* (2008), to alert to the fact that deinking may generate more toxic effluents than the W&P paper manufacturing process itself.*

*A more precise vision of this discussion recognizes that the impact of a product neither begins nor finishes at the end of the production line. Each product or product system has a cycle starting and ending in the environment, so that its final disposal after consumption or reuse is a stage of this cycle, the environmental impacts of which must be considered, because, as with any stage, this one also consumes resources and generates residues. An instrument to quantify the impacts accumulated throughout the complete cycle is LCA, based on the standards listed in Chart 1. According to Ayres (1995), it is only with the aid of an instrument like LCA that a rational judgment is possible as to the effects of competitive final consumption products or the productive processes associated therewith on the environment. Still according to that author, the question against or pro recycling is a specific case, the pondered judgment of which also depends on LCA. Summarizing, recycling is one of the principles of life cycle thinking, as previously shown. It is a process whereby used and recovered materials return to the productive system, reducing the need for extraction of materials originating in the environment. Nevertheless, as every productive process, it also generates negative environmental impacts in several stages of its cycle. In principle, no recycled product is better than the original one in environmental terms only due to the fact that material is being recovered. Without analyzing the cycle of the products involved it is not possible to make any consistent statement from the environmental point of view.*

### **THE CASE STUDY OF RECICLATO RECYCLED PAPER**

*With the purpose of better understanding LCA, a study on the application of this instrument was carried out to compare a recycled paper with white paper produced from virgin pulp, both for W&P. The study consisted in an analysis of documents and reports concerning LCA, as well as interviews with company people who participated*

aplicação. É uma pesquisa qualitativa do tipo descritiva *ex post facto* e exploratória, conforme Köche (2006). Esse tipo de pesquisa é apropriado para identificar a natureza dos fenômenos e suas características essenciais. Conforme Yin (2001), estudos exploratórios podem se valer de levantamentos e análises de arquivos como estratégias de pesquisa. A aplicação da ACV pela empresa ocorreu entre setembro de 2005 e agosto de 2006, e o presente estudo foi realizado em meados de 2008.

O *Reciclato* – nome fantasia e marca de papel de imprimir/escrever produzido com papéis recuperados –, foi o primeiro papel 100% reciclado fabricado em escala industrial no Brasil. Foi desenvolvido pela Suzano Papel e Celulose em 1999. O conceito desse papel sempre foi intrinsecamente associado a fatores socioambientais, incluindo o desenvolvimento de fornecedores não usuais, como as cooperativas de catadores de papel. Em 2002, em parceria comercial com o Banco Real, que viabilizou a produção em larga escala, o *Reciclato* tornou-se referência nacional de inovação sustentável, atualmente produzido na planta Rio Verde, em São Paulo, com produção anual de aprox. 50.000 t. Para entender os impactos do papel reciclado de forma completa, foi realizada uma ACV dos papéis fabricados nessa unidade de Rio Verde, usando a metodologia prevista na norma NBR ISO 14040. Para a concretização da ACV, no que concerne ao inventário e cálculo dos impactos, foi aplicado o programa computacional SimaPro 5, versão Analyst 5.1.002, desenvolvido pela Pré Consultants, um dos mais usados no mundo, como informam Hoof, Monroy, Saer (2008). O programa contém duas bases de dados importantes, uma para realizar o inventário e outra para o cálculo dos impactos ambientais. De acordo com Rizo e Navarro (2004), este *software* é um dos mais completos, pois contém diversos métodos para calcular impactos e uma variedade de bases de dados, e está ajustado para cumprimento das normas ISO 14040.

O método escolhido prevê a definição do sistema de produto, que contém implicitamente um requisito de identificação de subsistemas que irão compor o produto. No caso da produção de papel com fibras virgens, o sistema de produto está ilustrado na **Figura 5**. Note-se que a fabricação de celulose, que incorpora subsistemas de soda cáustica, peróxido de hidrogênio e dióxido de cloro, deve ser considerada tanto em sistemas integrados quanto nos casos em que a produtora de papel não produz a celulose, mas a obtém do mercado. Além disso, devem ser considerados os subsistemas de materiais auxiliares, como amido e agentes químicos, usados como aditivos na fabricação de papel.

O papel *Reciclato* contém cerca de 25% de papel reciclado pós-consumo, ou seja, material usado que seria destinado ao lixo urbano, e 75% de material obtido nas linhas de produ-

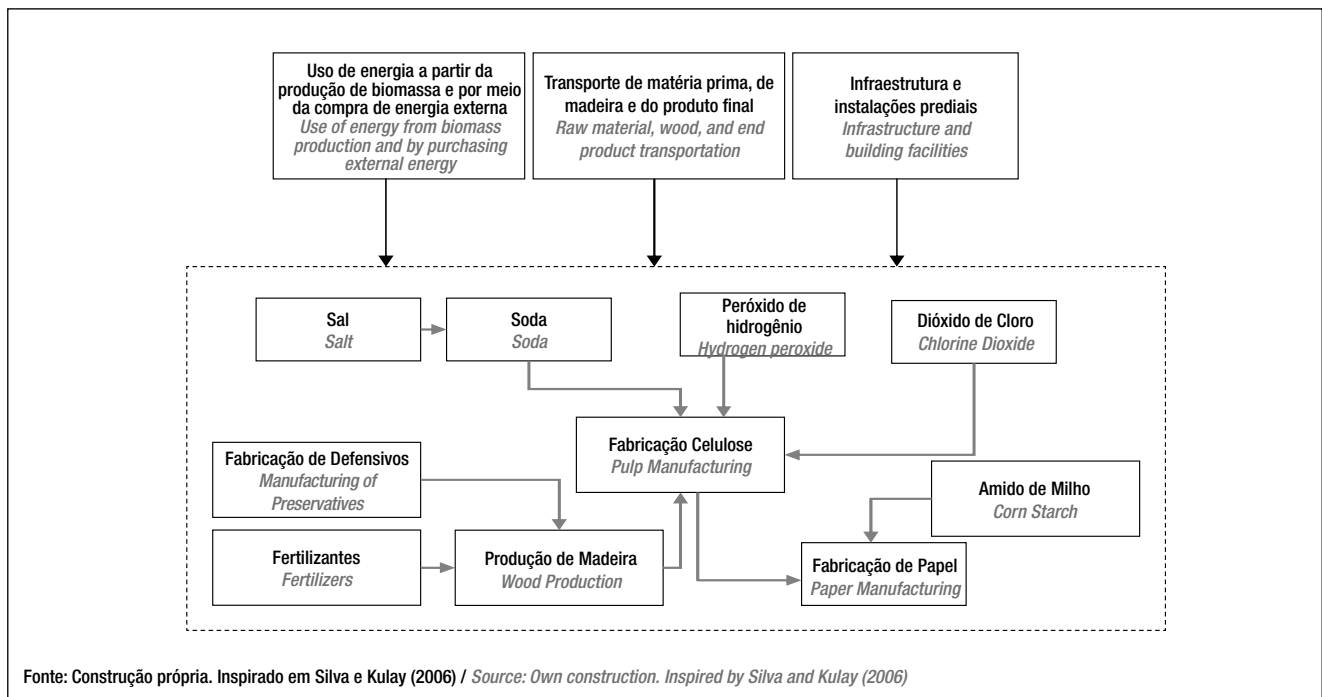
*in the application. It is a qualitative research of descriptive ex post facto and exploratory type, according to Köche (2006). This kind of research is appropriate to identify the nature of the phenomena and their essential characteristics. According to Yin (2001), exploratory studies can avail themselves of surveys and file analyses as research strategies. The application of LCA by the company occurred between September 2005 and August 2006, while the present study was conducted in the middle of 2008.*

*Reciclato – fantasy name and brand of writing + printing paper produced from recovered papers –, was the first 100% recycled paper manufactured on industrial scale in Brazil. It was developed by Suzano Papel e Celulose in 1999. The concept of this paper was always intrinsically associated with socioenvironmental factors, including the development of unusual suppliers, as the paper gatherer cooperatives. In 2002, in commercial partnership with Banco Real, who made large-scale production viable, Reciclato became a national reference of sustainable innovation, at present produced at Rio Verde plant, in São Paulo, with a yearly production of approx. 50,000 t. To thoroughly understand the impacts of recycled paper, an LCA of the papers manufactured at this Rio Verde unit was made, using the methodology foreseen in NBR ISO 14040. The Analyst 5.1.002 version of SimaPro 5 computer program, developed by Pré Consultants, one of the most used ones all over the world, as informed by Hoof, Monroy, Saer (2008), was applied to materialize the LCA as far as impact inventory and calculation are concerned. The program contains two important databases, one of them to carry out the inventory and the other one to calculate the environmental impacts. According to Rizo and Navarro (2004), this software is one of the most complete ones, as it contains several methods for calculating impacts and a variety of databases, and is adjusted to comply with ISO 14040.*

*The selected method foresees the definition of the product system, which implicitly contains a requisite of identification of subsystems which will compose the product. In case of virgin fiber paper production, the product system is illustrated in **Figure 5**. It should be observed that pulp manufacturing, which incorporates subsystems of caustic soda, hydrogen peroxide, and chlorine dioxide, should be considered in both integrated systems and cases in which the paper producing unit does not produce the pulp, but obtains it from the market. Moreover, the subsystems of auxiliary materials, such as starch and chemical agents, used as additives in paper manufacturing, should be also considered.*

*Reciclato paper contains about 25% of postconsumption recycled paper, that is, used material that would be destined to the urban garbage, and 75% of material obtained from*





**Figura 5.** Sistema de produto para papel virgem a base de eucalipto / **Figure 5.** Product system for eucalyptus based virgin paper

ção de papel de outras unidades industriais. O processo de industrialização é basicamente o mesmo do papel branco. A diferença está na composição fibrosa dos produtos; enquanto um tem composição de 80% a 85% de fibras de celulose nova e 15% a 20% de carga mineral, o papel *Reciclato* é composto de 100% fibras de celulose reciclada, e a carga mineral presente é proveniente do próprio material reciclado, sem adições. O seu processo de fabricação percorre as etapas convencionais de desagregação e tratamento das fibras para a obtenção de polpa celulósica reciclada. As etapas de dispersão e destintamento são evitadas mediante utilização de somente aparas próprias brancas, o que reduz sensivelmente o impacto ambiental do processo. O *Reciclato* recebe os mesmos aditivos do papel convencional, com exceção de alvejantes ópticos e corantes, como já explicado.

Como determina a norma ISO 14040:2006, o escopo da aplicação da ACV para papel alta alvura (AAA) e o *Reciclato*, ambos produzidos pela Suzano Papel e Celulose, contemplou o estudo de todas as etapas do ciclo de vida desses produtos, desde a extração de recursos naturais até a disposição final após esgotada sua função. O processo de estabelecimento das fronteiras do sistema de produto que compreende o ciclo de vida do papel AAA foi realizado a partir de algumas premissas técnico-estruturais. Por exemplo: o sistema de produto considera apenas o funcionamento dos processos elementares em condições normais de processo. Portanto, foram desconsideradas situações específicas de parada operacional para manutenções ou serviços. Outra premissa para estabelecer a fronteira do sistema: o levantamento dos aspectos ambientais originários do transporte foi restrito às emissões atmosféricas

paper production lines of other industrial units. The process of industrialization is basically the same of white paper. The difference is in the fibrous composition of the products; while one of them presents a composition of 80% to 85% of new pulp fibers and 15% to 20% of mineral filler, *Reciclato* paper consists of 100% recycled pulp fibers, and the mineral filler present comes from the recycled material itself, without any additions. Its manufacturing process covers the conventional stages of fiber disintegration and treatment, in order to get recycled cellulosic pulp. The stages of dispersion and deinking are bypassed by using only own white broke, which reduces significantly the environmental impact of the process. *Reciclato* receives the same additives as conventional paper, except for optical brighteners and dyes, as already explained.

As determined by ISO 14040:2006, the scope of application of LCA to high-brightness paper (AAA) and *Reciclato*, both produced by Suzano Papel e Celulose, contemplated the study of all stages of the life cycle of these products, from the extraction of natural resources to the final disposal after their function was exhausted. The process of establishing the boundaries of the product system comprising the life cycle of AAA paper was performed on the basis of some technostructural premises. For example: the product system only considers the operation of the elementary processes under normal process conditions. Therefore, specific situations of operation shutdown for maintenance or services were disregarded. Another premise to establish the boundary of the system: the survey of the environmental aspects originating in transportation

cas decorrentes da queima de combustível geradas ao longo dos deslocamentos. Outros aspectos ambientais gerados por conta dessa atividade, como os derivados das atividades de manutenção, não foram considerados.

Prossseguiu-se com a análise do inventário, que consistiu da coleta e tratamento dos dados. Para os dados primários - obtidos diretamente do processo produtivo - utilizaram-se os fluxos de processo desenhados para adequação da empresa às normas ISO 9001:2000 e ISO 14001:2004, assim como os registros de produção, de compra e venda de matérias-primas e da central de aparas. Para os dados secundários foram utilizados os bancos de dados da Bracelpa, dados da literatura técnica, por exemplo, um balanço de massa e energia realizado para a empresa em 2004 pela Jaakko Pöyry Tecnologia, umas das consultoria de engenharia mais conceituadas no setor de celulose e papel. Além disso, na ausência de dados diretos do processo utilizou-se a base de dados contida no programa computacional SimaPro 5 – versão Analyst 5.1.002, usadas para complementar o modelo dentro dos contornos em que foi estabelecido.

A etapa seguinte foi a avaliação do impacto do ciclo de vida com base nos dados coletados, o que foi feito por meio da análise dos potenciais impactos ambientais associados aos aspectos ambientais identificados no inventário. Para isso, foram utilizadas como referência as matrizes de aspectos e impactos ambientais realizadas para adequação aos requisitos normativas da ISO 14001, de onde se selecionaram, por meio do critério de significância, as principais categorias de impactos, tais como: consumo de recursos naturais, agentes cancerígenos, radiações ionizantes, aquecimento global, redução da camada de ozônio, acidificação, acúmulo dos nutrientes nitrogênio e fósforo nos aquíferos e solo, consumo de combustíveis fósseis e toxicidade. A avaliação dos impactos no ciclo de vida baseou-se em ponderação, por meio de aplicação de fatores de impacto agrupados em três categorias: Saúde Humana, Qualidade Ambiental e Consumo de Recursos. Essas categorias foram obtidas pelo agrupamento por similaridade decorrente da correlação entre os dados do inventário - aspectos ambientais - com os impactos ambientais correlatos. Por exemplo: o aspecto ambiental emissão de SO<sub>2</sub> decorrente da oxidação dos gases TRS (Total de Enxofre Reduzido) nos precipitadores eletrostáticos foi classificado como impacto potencialmente nocivo à saúde humana. A categoria Saúde Humana foi formada pelas seguintes subcategorias: agentes carcinogênicos, agentes orgânicos de efeito sobre as vias respiratórias, agentes inorgânicos de efeito sobre as vias respiratórias, mudanças climáticas, radiação ionizante e depleção da camada de ozônio. Qualidade Ambiental foi constituída por acidificação, uso do solo e toxicidade, enquanto Consumo de Recursos, por consumo de recursos minerais e consumo de combustíveis fósseis.

Para cada subcategoria selecionada foi medida a mag-

*was restricted to the atmospheric emissions resulting from fuel burning, generated along the covered distances. Other environmental aspects generated on account of this activity, as those resulting from maintenance activities, were not taken into consideration.*

*The analysis of the inventory came as next step, consisting in data collection and treatment. The primary data – those obtained directly from the productive process – were taken from the process flows designed for company adaptation to ISO 9001:2000 and ISO 14001:2004, as well as from the records of production, purchase and sale of raw materials, and broke central station. The secondary data were obtained from Bracelpa databases and technical literature data, e.g. a mass and energy balance carried out for the company in 2004 by Jaakko Pöyry Tecnologia, one of the most reputable engineering consultancies in the pulp and paper sector. In addition, in case no direct process data were available, the database contained in Analyst 5.1.002 version of SimaPro 5 computer program was used to supplement the model within the contours in which it was established.*

*The following step was the life cycle impact assessment based on the collected data, which was done by means of the analysis of the potential environmental impacts associated with the environmental aspects identified in the inventory. For this purpose, the matrices of environmental aspects and impacts, carried out for adaptation to the normative requisites of ISO 14001, were used as reference, from which the main categories of impacts were selected based on the criterion of significance, such as: consumption de natural resources, carcinogenic agents, ionizing radiations, global warming, reduction in ozone layer, acidification, accumulation of nutrients nitrogen and phosphorus in the aquifers and soil, consumption of fossil fuels, and toxicity. The life cycle impact assessment was based on ponderation, by applying impact factors grouped into three categories: Human Health, Environmental Quality, and Consumption of Resources. These categories were obtained from grouping by similarity, resulting from the correlation between the inventory data – environmental aspects – and the correlative environmental impacts. For example: the environmental aspect represented by emission of SO<sub>2</sub>, resulting from TRS (Total Reduced Sulphur) gas oxidation in the electrostatic precipitators, was classified as an impact potentially harmful to the human health. The Human Health category was formed by the following subcategories: carcinogenic agents, organic agents having effect on the respiratory system, inorganic agents having effect on the respiratory system, climatic changes, ionizing radiation, and ozone layer depletion. Environmental Quality was made up of acidification, use of the soil, and toxicity, while Consumption of Resources, of consumption of mineral resources and consumption of fossil fuels.*

nitidade dos impactos potenciais. Vale mencionar que um mesmo aspecto ambiental pode estar relacionado com uma ou mais categorias ou subcategorias de impacto, por exemplo, as emissões de SO<sub>2</sub> contribuem tanto na acidificação - Qualidade Ambiental - quanto na Saúde Humana. Por isso, para calcular um único indicador de magnitude é preciso o artifício da conversão de todos os valores dos aspectos ambientais em uma única base (Silva, Kulay, 2006). Assim, a avaliação dos impactos ambientais foi obtida dividindo-se os valores dos indicadores pelas emissões totais apuradas. Por conta disso, como produto dos cálculos realizados os impactos ambientais foram expressos na unidade mPt (milipoints). O papel AAA apresentou - em comparação direta com produtos que desempenham a mesma função e cujos bancos de dados consolidados estavam disponíveis nesse programa computacional -, desempenho ambiental bastante favorável. Segundo os dados consultados, os resultados do papel AAA foram comparados com o papel *Paper Wood-free UB250*, de origem holandesa; o *Paper Bleaching ETH U*, cujo banco de dados representa a média do desempenho das indústrias de produção de papel da Suíça; e o *Paper Bleached B*, que traz a média europeia desse segmento (SUZANO, 2.008). O papel AAA apresenta resultados significativamente melhores que os similares estrangeiros, conforme ilustra a **Tabela 1**.

O papel *Reciclato* foi comparado com o papel *Recycling Paper B*, que traz a média europeia desse segmento; com o *Recycling Paper D B250* (1998), que retrata a média das indústrias da Alemanha no ano de 1998; e o *Recycling Paper ND*, que faz o mesmo para o segmento na Holanda (SUZANO, 2008). Os resultados estão indicados na **Tabela 2**. O *Reciclato* apresenta o melhor comportamento em termos totais; com desempenho melhor do que todos em consumo de recursos e pior em qualidade ambiental, sobretudo quanto ao uso do solo, já que os papéis europeus reciclados são feitos em fábricas não integradas, ou seja, compram a celulose de terceiros, o que impacta o uso de recursos (maior uso de combustível no transporte), mas reduz o impacto sobre o solo.

*The magnitude of potential impacts was measured for each subcategory selected. It is worthwhile mentioning that the same environmental aspect may be related to one or more impact categories or subcategories. For instance, SO<sub>2</sub> emissions, while contributing to acidification – Environmental Quality –, also refer to Human Health. For this reason, to calculate a single magnitude indicator it is necessary to use the artifice of converting all values of the environmental aspects to a single basis (Silva, Kulay, 2006). Thus, the environmental impact assessment was obtained by dividing the indicator values by the total emissions found out. On account of this, as a product of the calculations made, the environmental impacts were expressed in mPt (millipoints). AAA paper presented – in direct comparison with products performing the same function and the consolidated databases of which were available in this computer program–, a rather favourable environmental performance. According to the data consulted, the results of AAA paper were compared to Wood-free Paper UB250, of Dutch origin; the Bleaching Paper ETH U, the database of which represents the average performance of the paper production mills of Switzerland; and Bleached Paper B, presenting the European average of this segment (SUZANO, 2.008). AAA paper presents significantly better results than the similar papers from abroad, as illustrated in **Table 1**.*

*Reciclato paper was compared to Recycling Paper B, presenting the European average of this segment; to Recycling Paper D B250 (1998), representing the average of German mills in 1998; and to Recycling Paper ND, doing the same for the Dutch segment (SUZANO, 2008). The results are shown in **Table 2**. Reciclato presents the best behaviour in overall terms, with better performance than all of them in consumption of resources and worse in environmental quality, especially as to the use of the soil, since European recycled papers are manufactured in nonintegrated mills, i.e. they purchase pulp from third parties, which impacts on the use of resources (greater use of fuel for transportation), but reduces the impact on the soil.*

**Tabela 1.** Papel branco AAA vs. similares (em mPt) / **Table 1.** AAA white paper vs. similar ones (in mPt)

Produto Product	Saúde Humana Human Health	Qualidade Ambiental Environmental Quality	Consumo de Recursos Consumption of Resources	Total Total
Paper Wood-free U B250 <i>Wood-free Paper U B250</i>	25,20	2,49	40,70	68,40
Paper Bleaching ETH U <i>Bleaching Paper ETH U</i>	47,10	8,05	38,60	93,70
Paper Bleached B <i>Bleached Paper B</i>	52,70	3,44	15,00	71,10
Papel AAA <i>AAA paper</i>	41,00	4,19	4,78	49,90

Fonte: Suzano Papel e Celulose (2008) / Source: Suzano Papel e Celulose (2008)



**Tabela 2. Papel Reciclato vs. similares (em mPt) / Table 2. Reciclato paper vs. similar ones (in mPt)**

Produto Product	Saúde Humana Human Health	Qualidade Ambiental Environmental Quality	Consumo de Recursos Consumption of Resources	Total Total
Recycling Paper B Recycling Paper B	21,10	1,52	4,82	27,40
Recycling Paper D B250 Recycling Paper D B250	14,70	1,75	14,40	30,80
Recycling Paper ND Recycling Paper ND	6,77	0,62	31,70	39,10
Papel RECICLATO RECICLATO Paper	17,30	2,11	1,35	20,80

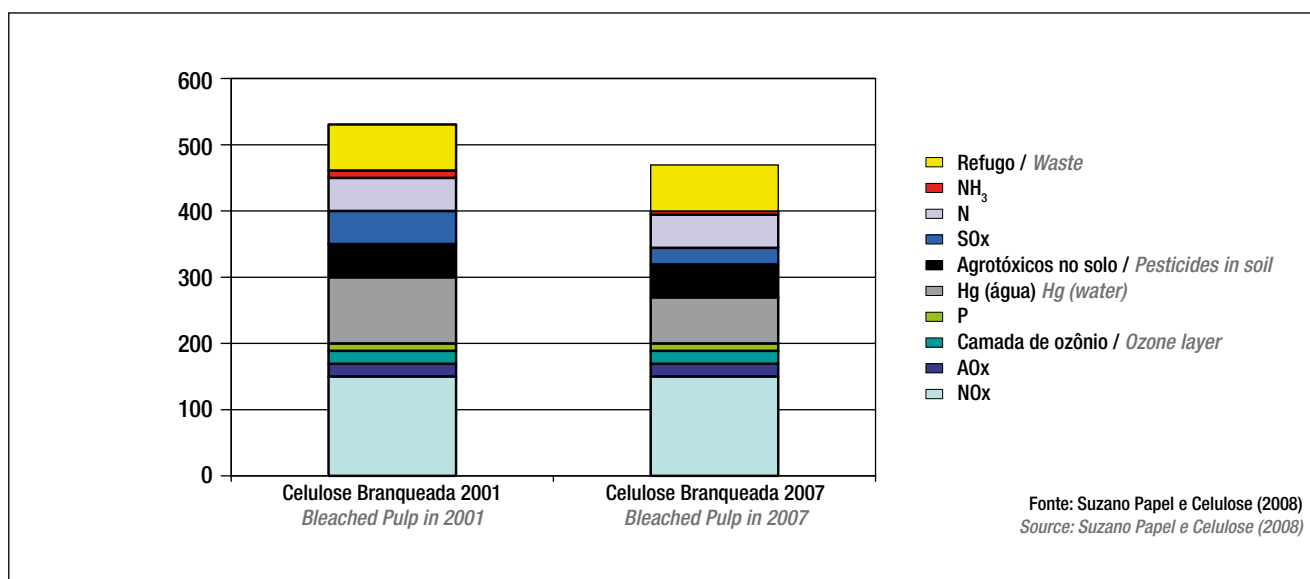
Fonte: Suzano Papel e Celulose (2008) / Source: Suzano Papel e Celulose (2008)

O uso da ACV, conforme a metodologia comentada, mostra que o papel AAA e o papel reciclado são ambientalmente melhores do que o material importado, e que o reciclado é melhor do que o AAA. Ainda, a ACV mostra que o papel reciclado possui menor impacto em consumo de recursos naturais, pois é abatido todo o processo de fabricação das aparas e do material pós-consumo da sua fabricação, e a redução do uso de aterros é significativa. A divulgação desses resultados deve ser cautelosa, para evitar utilização comercial indevida, conforme alertam Finnveden, Ekvall (1998). Além disso, é preciso considerar que só haverá aparas enquanto houver fabricação de papel novo, pois o produto não pode ser reciclado *ad infinitum* como aço, alumínio, cobre e outros metais.

A análise do ciclo de vida pode ser utilizada para o acompanhamento da melhoria contínua do desempenho ambiental e da prevenção da poluição. A **Figura 6** ilustra a melhoria do desempenho ambiental devido a melhorias tecnológicas na planta da unidade Suzano, sendo de observar redução no nível de material particulado e emissão de óxidos de enxofre

*The use of LCA according to the commented methodology shows that AAA paper and the recycled paper are environmentally friendlier than the imported material and that the recycled one is better than the AAA. Further, the LCA shows that the recycled paper has a lower impact on consumption of natural resources, as the whole process of broke and postconsumption material manufacturing is deducted from its manufacturing, and the reduction in the use of landfills is significant. The divulgation of these results should be cautious, in order to avoid undue commercial use, as alerted by Finnveden, Ekvall (1998). Furthermore, it should be considered that broke will only exist as long as new paper is manufactured, as the product cannot be recycled ad infinitum, like steel, aluminum, copper, and other metals.*

*The life cycle analysis can be used to follow the continuous improvement in environmental performance and prevention of pollution. Figure 6 illustrates the improvement in environmental performance due to technological improvements in the plant of Suzano unit, which led to a reduction in the level of particulate material and emission*



**Figura 6. Comparativa ACV para produção de celulose branqueada 2001-2007**

**Figure 6. Comparative LCA for bleached pulp production in the period 2001-2007**

(SOx) provenientes da queima de óleo combustível, isso em função de melhoramentos no processo que resultaram em redução de 15,02% no impacto ambiental total para fabricação de celulose branqueada.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão ambiental, afinada com o movimento do desenvolvimento sustentável, busca cada vez mais ampliar a sua ação atendendo à necessidade imperiosa de enfrentar os graves problemas socioambientais que vêm se agravando com o decorrer dos anos. A perspectiva da cadeia de suprimento, e não da empresa isoladamente considerada, se apresenta como uma linha de frente da gestão ambiental. De forma análoga à gestão convencional, a gestão da cadeia de suprimento ocupa cada vez mais lugar de destaque. A gestão ambiental com essa perspectiva se operacionaliza com a adoção do conceito de ciclo de vida, entendido conforme a expressão “do berço ao túmulo”, o berço sendo o meio ambiente como fonte de recursos naturais, e túmulo o meio ambiente como receptáculo dos resíduos dos processos de produção e consumo. Para isso, é necessário identificar e quantificar os impactos ambientais ao longo da cadeia, o que vale dizer, as etapas envolvidas no processo de produção, distribuição e uso, bem como as etapas dos fluxos reversos associados à recuperação de materiais processados ou usados para reaproveitá-los novamente.

Isso é possível com a aplicação da ACV. Muitos aperfeiçoamentos foram feitos, com destaque para as contribuições da SETAC e do PNUMA. Em meados da década de 80 a ACV foi considerada um instrumento de política pública ambiental da Comunidade Européia. Em função disso, várias grandes empresas com unidades na Europa, tais como Ciba, Electricité de France, Procter & Gamble, Unilever, etc., criaram em 1992 a Sociedade para a Promoção do Desenvolvimento da ACV, conhecida pela sigla SPOLD (do inglês: *Society for Promotion of Life-cycle Assessment Development*), que entre outras contribuições produz estudos para melhorar o instrumento e publica guias para orientar as empresas quanto a seu uso. Recentemente, a SETAC e o PNUMA criaram uma associação internacional com o objetivo de desenvolver e difundir instrumentos de gestão ambiental que considerem todas as etapas do ciclo de vida.

Apesar de tantos avanços e de tantas iniciativas, a gestão baseada no ciclo de vida e seus instrumentos, como a ACV, ainda é pouco utilizada e, em geral, o é apenas pelas grandes empresas. Em parte, isso se deve ao fato de que os instrumentos que contemplam todas as etapas do ciclo de vida são mais complexos dos que os aplicáveis a uma etapa ou a uma empresa, como a auditoria ambiental, por exemplo, que pode ser realizada em uma empresa, uma unidade da empresa ou um local específico. Em parte, isso se deve à

*of sulphur oxides (SOx) resulting from fuel oil burning, as a function of improvements in the process, which resulted in 15.02% reduction in the total environmental impact for bleached pulp manufacturing.*

### FINAL CONSIDERATIONS

*The environmental management, in tune with the movement towards sustainable development, strives more and more to widen its action, meeting the imperative necessity of facing the serious socioenvironmental problems that are aggravating in the course of time. The perspective of the supply chain, instead of a singly considered company, presents itself as a front line of the environmental management. Similarly to conventional management, the supply chain management occupies more and more a prominent position. The environmental management from this perspective becomes operational by adopting the concept of life cycle, understood in accordance with the expression “from cradle to grave”, the cradle being the environment as source of natural resources, and grave the environment as receptacle of the residues from the production and consumption processes. For this purpose it is necessary to identify and quantify the environmental impacts along the chain, which means the stages involved in the process of production, distribution, and use, as well as the stages of the reverse flows associated with the recovery of processed or used materials, intended to use them once again.*

*This is possible by applying LCA. Many improvements were achieved, among which the contributions made by SETAC and PNUMA deserve to be highlighted. In the middle of the '80s, LCA was considered as an instrument of public environmental policy of the European Community, as a function of which several large companies having units in Europe, such as Ciba, Electricité de France, Procter & Gamble, Unilever, etc., created in 1992 the Society for Promotion of LCA Development, known by the abbreviation SPOLD, which among other contributions conducts studies to improve the instrument and publishes guides to orient the companies as to its use. Recently, SETAC and PNUMA created an international association with the purpose of developing and divulging instruments of environmental management considering all stages of the life cycle.*

*In spite of so many advances and so many initiatives, the life-cycle-based management and its instruments, such as LCA, are still little used and in general only large companies have recourse to them. This is partly due to the fact that the instruments contemplating all stages of the life cycle are more complex than those applicable to one stage or one company, as the environmental audit, for instance, which can take place at a company, a unit of the company, or in a specific place. This is partly due*

necessidade de articulações entre os diversos membros da cadeia e formação de bancos de dados relacionados com os aspectos e impactos ambientais. Esse estudo leva tempo, exige equipes multidisciplinares e uma diversidade de dados que, em muitos casos, já implicam em estudos específicos. As ACV relatadas acima demandaram um ano para sua realização. Atualmente, há diversos programas disponíveis a preços descendentes, o que facilita realizar inventário e avaliação dos impactos, que são fases complexas e trabalhosas da ACV. Porém, um importante gargalo está na disponibilidade de bancos de dados apropriados, uma tarefa complexa que requer equipes multidisciplinares e tempo. O uso de bancos residentes em programas computacionais elaborados para uma dada região ou país torna os resultados do estudo questionáveis. Não é por outra razão que essa tarefa tem sido apoiada por governos de vários países, com destaque para Alemanha, Holanda, Suécia, Canadá e Japão, mas lamentavelmente isso ainda não ocorre no Brasil. Outros gargalos relacionam-se com a necessidade de pessoas com formação específica para realizar ACV, e com a visão dos gestores para adotar modelos de gerenciamento que considerem os seis princípios do pensamento baseado no ciclo de vida conhecidos por 6Rs.

O conhecimento dos impactos acumulados ao longo do ciclo de vida de um produto permite aos consumidores fazer comparações fundamentadas para efeito de escolhas e, para os administradores de empresas, estabelecer objetivos e metas de melhorias que considerem a cadeia de suprimento. A ACV é um instrumento apropriado para esses fins desde que usada de modo criterioso, como recomendam organizações promotoras como SETAC, PNUMA, SPOLD, entre outras, assim como as normas da série ISO 14000 referentes ao tema. ▲

*to the need for articulation between the several members of the chain, as well as formation of databases related to the environmental aspects and impacts. Such a study takes time, requires multidisciplinary teams, and a diversity of data, which in many cases already entail specific studies. The above reported LCA's took a whole year to be made. At present there are several programs available at decreasing prices, which makes it easy to carry out inventory and impact assessment, complex and troublesome stages of the LCA. However, an important bottleneck is represented by the availability of appropriate databases, a complex task requiring multidisciplinary teams and time. The use of resident databases in computer programs worked out for a given region or country causes the results of the study to be questionable. It is not for a different reason that this task has been supported by governments of several countries, among which Germany, Netherlands, Sweden, Canada, and Japan deserve to be highlighted, but regrettably this does not yet occur in Brazil. Other bottlenecks are related to the need for people having specific education to carry out the LCA, as well as to the managers' vision to adopt models of management considering all six principles of life cycle thinking known as 6R's.*

*The knowledge of the impacts accumulated along the life cycle of a product allows consumers to draw well-founded comparisons for the purpose of making choices, as well as for company administrators to set objectives and goals in terms of improvements considering the supply chain. The LCA is an appropriate instrument for these purposes, provided that it is judiciously used, as recommended by promoting organizations, like SETAC, PNUMA, SPOLD, among others, as well as the standards of ISO 14000 series concerning the subject. ▲*

## REFERÊNCIAS / REFERENCES

- Ayres, U.R., *Life cycle analysis: a critique. Resources, Conservation and Recycling*, v. 14, p. 199-223, 1.995.
- Bracelpa. *Relatório anual*, 2008. São Paulo, Bracelpa, 2008. Disponível na internet via WWW. URL: <http://www.bracelpa.com.br>. Acesso em 10 de abril de 2009.
- Chopra, S.; MEINDL, P., *Gerenciamento da cadeia de suprimento*. São Paulo, Prentice Hall, 2003.
- Compromisso Empresarial para a Reciclagem – CEMPRE. *Pesquisa Ciclossoft: Radiografando a coleta seletiva*. São Paulo, Cempre, 2008.
- Cubala, A.B.; Purvis, M.R.I., *A methodology for life cycle and sustainability analysis of manufacturing processes*. *Journal of Cleaner Production*, v. 7: p. 439-335, mar., 1999.
- Dantas, A.; Kertsnetzky, J.; Prochnik, V., *Empresa, indústria e mercados*. In: Kupfer, D.; Hasenclever, L., *Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. Rio de Janeiro, Campus, 2002.
- Donnelly, K.; Beckett-Furnell, Z.; Traeger, S.; Okrasinski, T.; Holman, S., *Eco-design implemented through a product-based environmental management system*. *Journal of Cleaner Production*, v. 14: 1357-1367, jun., 2006.



Finnveden, G.; Ekvall, T., *Life cycle assessment as a decision-support tool: the case of recycling versus incineration of paper*. Resources, Conservation and Recycling, v. 24, p. 235- 256, 1998.

Fiksel, J., *Ingeniería de diseño medioambiental: DEF: desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes*. Madrid, McGrawHill, 1997.

Fullana, P.; Puig, R., *Análisis del ciclo de vida*. Barcelona, Rubes Editorial, 1997.

Graedel, T. E.; Allenby, B. R., *Industrial ecology*. New Jersey, Prentice Hall, 1995.

Hoof van B.; MONROY, N.; SAER, A., *Producción más limpia: paradigma de gestión ambiental*. Bogotá, Alfaomega Colombiana, 2008.

Horton, S., *Rethinking recycling: the politics of the waste crisis*. *Capitalism, nature, socialism*, 6(1), Mar., p. 1-19, 1995.

International Organization for Standardization (ISO). *Environment management – life cycle assessment: principles an framework*. Genebra, ISO, 01/07/2006.

Körche, J.C., *Fundamentos de metodologia científica*. Petrópolis, Vozes, 2004.

Körkko, M.; Laitinem, O.; Valhroos, S.; Ammälä, A.; Niimaki, J., *Components removal in flotation deinking*. Progress in paper recycling, v. 10, n. 4: 54-58, 2008.

Maimon, D., *Ensaio sobre economia do meio ambiente*. Rio de Janeiro: Aped/Associação de Pesquisa e Ensino em Ecologia e Desenvolvimento, 1992.

Mentzer, J.T.; DeWitt, W.; Keebler, J.S.; Min, S.; Nix, N. W.; Smith, C.D.; Zacharia, Z.G., *Defining supply chain management*. Journal of Business Logistics, v. 22, n. 2: 1-26, 2001.

Montibller-Filho, G., *O mito do desenvolvimento sustentável*, 3. ed. Florianopolis, Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

Nielsen, P.H.; Wenzel, H., *Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment*. Journal of Cleaner Production, 10: 247-247, 2002.

Rizo, S.C.; Navarro, T.G., *Ecodiseño: ingeniería del ciclo de vida para desarrollo de produtos sostenibles*. Valencia, Alfaomega y Universidad Politécnica de Valencia, 2004.

Sampaio, M., *Diferentes Interpretações do Conceito de Supply Chain Management*. São Paulo, Revista Global, fev., p. 17-23, 2007.

Silva, G.; Kulay, L., *Avaliação do ciclo de vida*. In: Vilela Júnior, A.; Demajorovic, J. (Org.). *Modelos e ferramentas de Gestão Ambiental: Desafios e perspectivas para as organizações*. São Paulo. Editora Senac, 2006.

Simchi-Levi, D.; Kaminsky, P.; Simchi-Levi, E., *Cadeia de suprimentos: projeto e gestão*. Porto Alegre, Bookman, 2003.

Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC); United Nations Environment Program (UNEP). *Por qué adoptar un enfoque de ciclo de vida*. Genebra, SETAC e PNUD, 2007.

Sutjipto E.R.; Li, K.; Pongpattanasuegsa, S.; Nazhad, M.N., *Effect of recycling on paper properties*. Technical articles. Johannesburg, Technical Association of Pulp and Paper Industry of Southern Africa, 2.008.

Suzano Papel e Celulose. *Relatório projeto Análise de Ciclo de Vida: relatório final*. São Paulo, Suzano Papel e Celulose, 2008.

Tsoufias, G.T.; Pappis, C.P., *Environmental principles applicable to supply chains design and operation*. Journal of Cleaner Production, 14: 1593-1602, 2006.

United Nations Environmental Program (UNEP). *Life cycle management: a business guide to sustainability*. Genebra, UNEP, 2007.

Vialli, A., *Reciclar papel pode ter impacto negativo para o meio ambiente*. Estado de São Paulo, São Paulo, 7 mai., 2008. Caderno Economia e Negócios.

Vilhena, A., *Reciclagem: compromissos e benefícios*. São Paulo: CEMPRE. [on line] Disponível na internet.

Yin, R. K., *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre, Bookman, 2001.