

## FUNDAMENTOS DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

**Luciana Maichaki Marcal (UTFPR)**  
lu.marcal@hotmail.com

**Antonio Carlos de Francisco (UTFPR)**  
acfrancisco@terra.com.br

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

**Cassiano Moro Piekarski (UTFPR)**  
cassianopiekarski@gmail.com



*O presente estudo teve como objetivo descrever a metodologia da ACV, bem como os benefícios que a ferramenta poderá agregar, suas limitações e softwares que podem ser utilizados para auxiliar neste tipo de estudo. Para isso foi realizada uma pesquisa bibliográfica, documental, qualitativa e exploratória, sendo abordado conceitos relacionados as fases da ACV - definição do objetivo e escopo, análise de inventário de ciclo de vida, avaliação de impacto do ciclo de vida e interpretação da ACV - benefícios, limitações e softwares utilizados. A ACV ainda apresenta algumas limitações por ser uma metodologia complexa que necessita de uma ampla base de dados, recursos financeiros e tempo da equipe destinada ao estudo. No entanto, também pode apresentar muitos benefícios para a organização, podendo ser aplicada para auxiliar na tomada de decisão, trazendo vantagem competitiva para a mesma.*

*Palavras-chaves: Análise do Ciclo de Vida, meio ambiente, impacto ambiental*

## 1. Introdução

O meio ambiente vem sendo afetado devido aos impactos causados pelos produtos e processos industriais, sendo que estes podem ser apenas locais ou até mesmo globais. Segundo a UNEP (2003), dependendo de sua dimensão, esses impactos podem ocasionar toxicidade humana, formação de foto-oxidante e até alterações climáticas e destruição de ozônio estratosférico.

Estes fatores vêm ganhando grande importância atualmente, e a pressão pela busca por processos e produtos que causem menor impacto sobre o meio ambiente vem se intensificando, devido a exigências governamentais como também da própria população. Isso tem feito com que as empresas tenham necessidade de inserir cada vez mais a preocupação com questões ambiental no desenvolvimento de suas atividades. Devido a esses fatores as organizações estão buscando ferramentas que contribuam para tomadas de decisões, auxiliando na diminuição de impactos causados por seus produtos e processos, assim utilizando como um diferencial competitivo para sua organização.

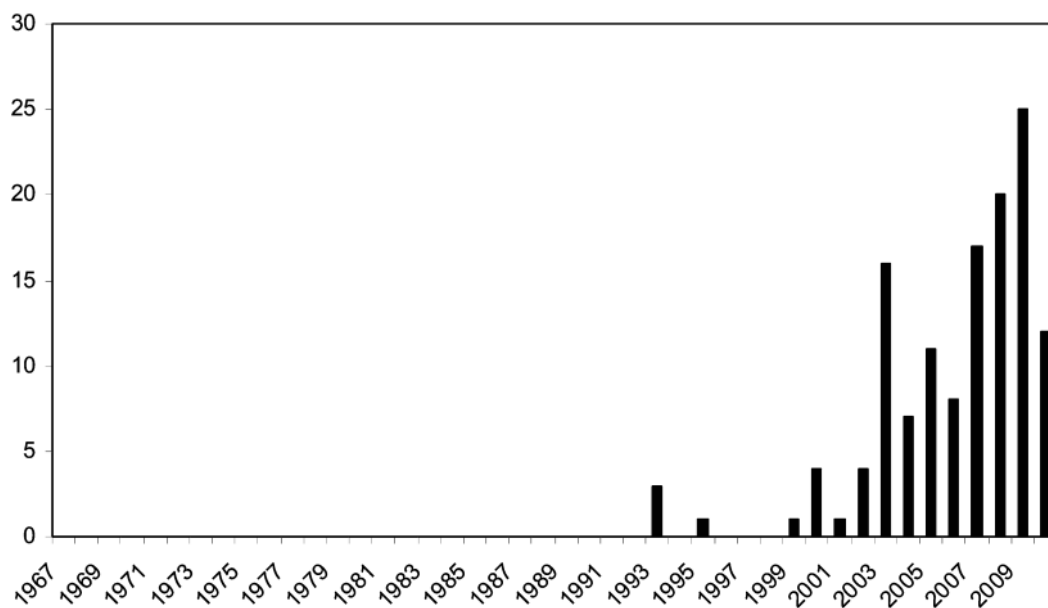
Existem várias ferramentas que podem dar às organizações esse suporte, no entanto, nesse trabalho será discutido a respeito da ACV (Análise do Ciclo de Vida). Um estudo que não traz apenas melhorias para o meio ambiente como também benefícios para a própria organização. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo descrever a metodologia da ACV, bem como os benefícios que a ferramenta poderá agregar, suas limitações e *softwares* que podem ser utilizados para auxiliar na análise. Para isso foi realizada uma pesquisa bibliográfica, documental, qualitativa e exploratória, considerando como base para a descrição da metodologia descrita pela ISO 14040 e ISO 14044.

## 2. Referencial Teórico

De acordo com Hunt e Franklin (1996), o primeiro estudo de Análise de Ciclo de Vida (AVC), em inglês "Life Cycle Assessment" (LCA), foi realizado para a companhia Coca-cola, em 1969. Com o objetivo de observar as emissões e resíduos gerados pelas embalagens de suas bebidas. Pesquisa gerida pelo "Midwest Research Institute" (MRI). Havendo também uma pesquisa, em 1972, pelo mesmo Instituto, para investigar se os impactos eram menores com a utilização de garrafas reutilizáveis no lugar de utilizar latas e garrafas descartáveis. Envolvendo no estudo as indústrias de aço, vidro, alumínio, plástico e papel.

Após alguns estudos realizados houve uma falta de interesse por este tipo de estudo, mas em 1990, percebe-se um aumento na procura por estudos de ACV, principalmente na Europa e Estados Unidos. Nesta década começam os “workshops” e fóruns a respeito de ACV, começando também a serem propostas mudanças e melhorias na metodologia utilizada (FAVA, 1991). A Figura 1 mostra a evolução de citações em artigos referentes à ACV.

Figura 1 - Evolução de citações de ACV



Fonte: Guinée et al (2010)

Observando a Figura 1, percebe-se um crescente aumento em relação a preocupação com a questão ambiental o que fez com que aumentasse o número de trabalhos desenvolvidos referentes a ACV, tendo em vista, que esta metodologia pode auxiliar na identificação dos impactos ambientais causados pelos produtos para poderem ser implementadas melhorias no perfil ambiental do produto. O tópico a seguir traz algumas considerações sobre a metodologia empregada para a realização da ACV.

### 3. Metodologia: Análise do Ciclo de Vida

Segundo Robles Junior e Bonelli (2006), todo produto causa algum tipo de impacto no meio ambiente, não apenas quando ocorre seu descarte, mas durante todo seu ciclo de vida. Começando pela extração da matéria prima, transmitindo ao meio ambiente poluições, resíduos e emissões.

Visando reduzir os impactos ao meio ambiente, a Análise do Ciclo de Vida é um estudo baseado em uma ampla base de dados do produto destinado ao estudo. Com grande

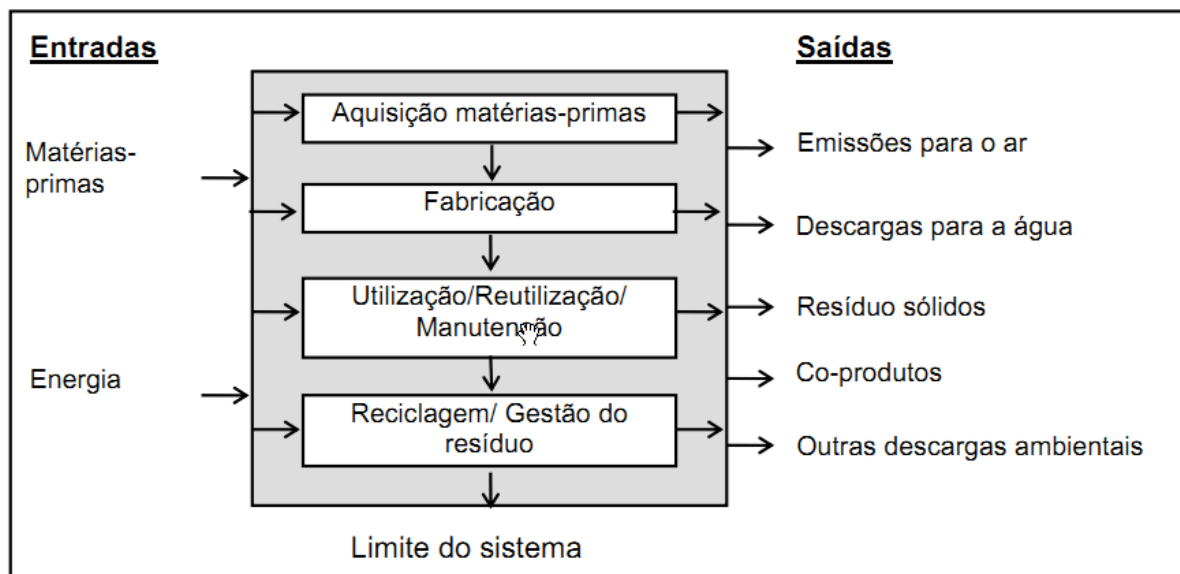
possibilidade de aplicação, auxiliando, por exemplo, como comparação entre um ou outro produto, onde o setor de vendas pode utilizar o produto com menos impactos ambientais como quesito de desempate (SANTOS, 2002).

Visando melhorar a compreensão e aplicação da ACV, atualmente no Brasil, são consideradas as seguintes normas:

- ISO 14040: 2009 Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura;
- ISO 14044: 2009 Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Orientação;

Sendo que num estudo de ACV deve ser observado as diretrizes contidas nas normas descritas. Este é um processo no qual se analisa desde as matérias-primas utilizadas até seu descarte final. Analisando todas as entradas e saídas do sistema como mostra a Figura 1 (USEPA 2001):

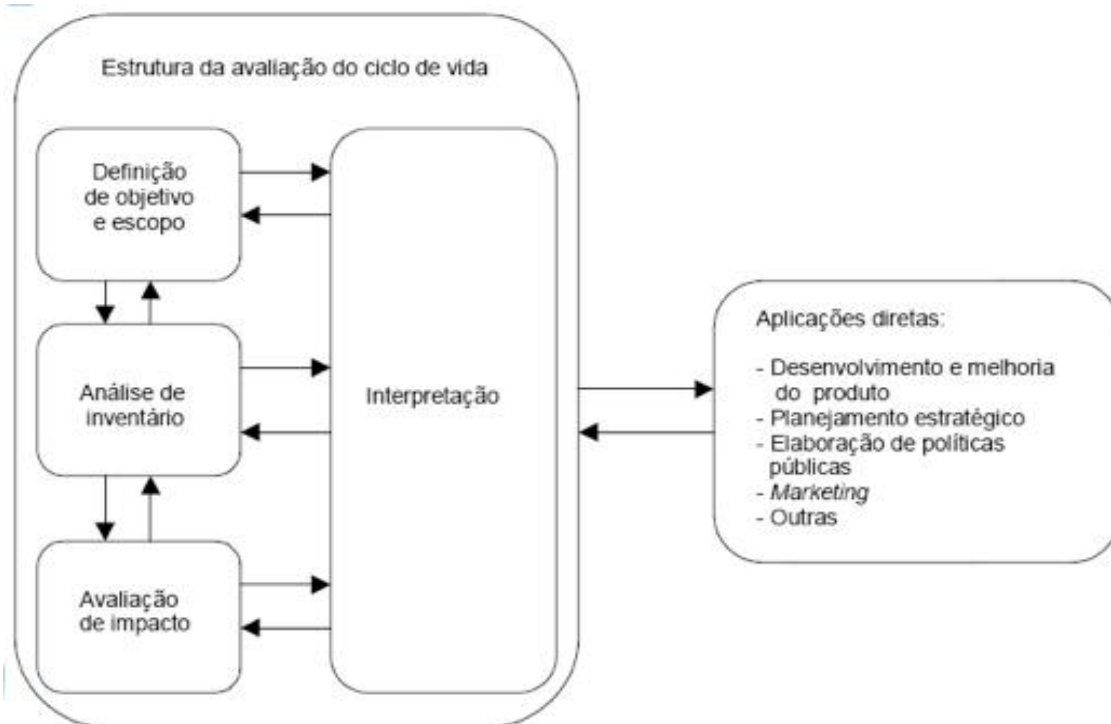
Figura 1 – Estágios do ciclo de vida do produto



Fonte: ABNT (2009b)

Segundo Coltro (2007) a ACV é uma metodologia que aborda as questões ambientais complexas, gerando números que permitem a tomada de decisões em bases ao seu objetivo. Para a aplicação da ACV é necessário seguir quatro etapas conforme apresentado na Figura 2 (ABNT, 2009a).

Figura 2 – Fases da ACV



FONTE: ABNT 2009

Na primeira etapa, Definição do Objetivo e Escopo, são definidas as finalidades do estudo e sua amplitude, na segunda fase de Análise de Inventário, é realizada a coleta de dados sobre o sistema do produto, onde são expostas as entradas e saídas relevantes para o estudo. Logo na terceira fase da Avaliação de Impacto, os dados e as informações obtidos da Análise de Inventário são associados a impactos ambientais específicos, de modo que o significado destes impactos potenciais possa ser avaliado. Então, para terminar a análise, na fase de Interpretação, é necessário relatar os resultados alcançados na segunda e terceira etapa, interpretando-os de acordo com os objetivos definidos previamente no estudo (COLTRO, 2007).

### 3.1. Fase 1 - Definição de Objetivo e Escopo

De acordo com a aplicação almejada deve-se definir o objetivo e o escopo do estudo como primeiro item, sendo de extrema importância. É declarado de maneira consistente o público alvo, os motivos do estudo e a aplicação almejada. Porém é possível ocorrer mudanças, no escopo, no decorrer da análise, caso perceba-se a necessidade de reajuste (ABNT, 2009b).

Segundo Xavier (2004), depende do escopo estabelecido a abrangência e as delimitações da análise, conforme as funções do sistema do produto. Com o objetivo de identificar as

informações que se tornam necessárias para o estudo, decorrente dos impactos causados. Tendo alguns processos elementares que devem ser considerados como, aquisição de matéria prima, entradas e saídas da manufatura, a utilização de combustíveis, eletricidade e calor em sua produção, disposição finais dos resíduos restantes, manufatura de materiais auxiliares e a própria distribuição do produto (ABNTE,2009b). Para então determinar o relatório requerido, descrevendo os principais dados obtidos.

Com escopo já determinado a próxima etapa da ACV a ser realizada é a análise de inventário.

### **3.2. Fase 2 - Análise de Inventário de Ciclo de vida**

Nesta segunda etapa de análise de inventário, envolve o banco de dados selecionado para a pesquisa, em relação ao produto, utilizando cálculos para quantificar as entradas e saídas, que irão constituir a base para a avaliação de impactos ambientais, como resultado final, atribuindo também o uso de recursos que afetam o ar, a água e o solo. Como já dito, por ser um método iterativo, à medida que forem alcançados novos dados estes são agregados no estudo, aumentando o conhecimento do sistema ou até mesmo ampliando as limitações (ABNT, 2009a).

Segundo Passuelo (2007), a análise de inventário deve abranger a preparação para a coleta das informações pertinentes ao estudo, a coleta de banco de dados em si, sua devida validação e a associação dos dados relevantes. Assim, primeiramente na preparação para a coleta é realizada a definição de quais dados serão primários e secundários, a organização de tabelas para os dados e a preparação da equipe que a realizará.

A coleta de dados deve ser feita quantitativamente e qualitativamente. Sendo um processo que demanda muitos recursos, tanto financeiro como da própria equipe que o está realizando. Podendo haver algumas restrições que devem ser documentadas no relatório final. Os principais dados que são requeridos pela pesquisa são: aspectos ambientais no geral, como emissões atmosféricas e descartes em água e solo, produtos, co-produtos e resíduos realizados pelo sistema e entradas de energia, matéria - prima e toda entrada física (ABNT, 2009a).

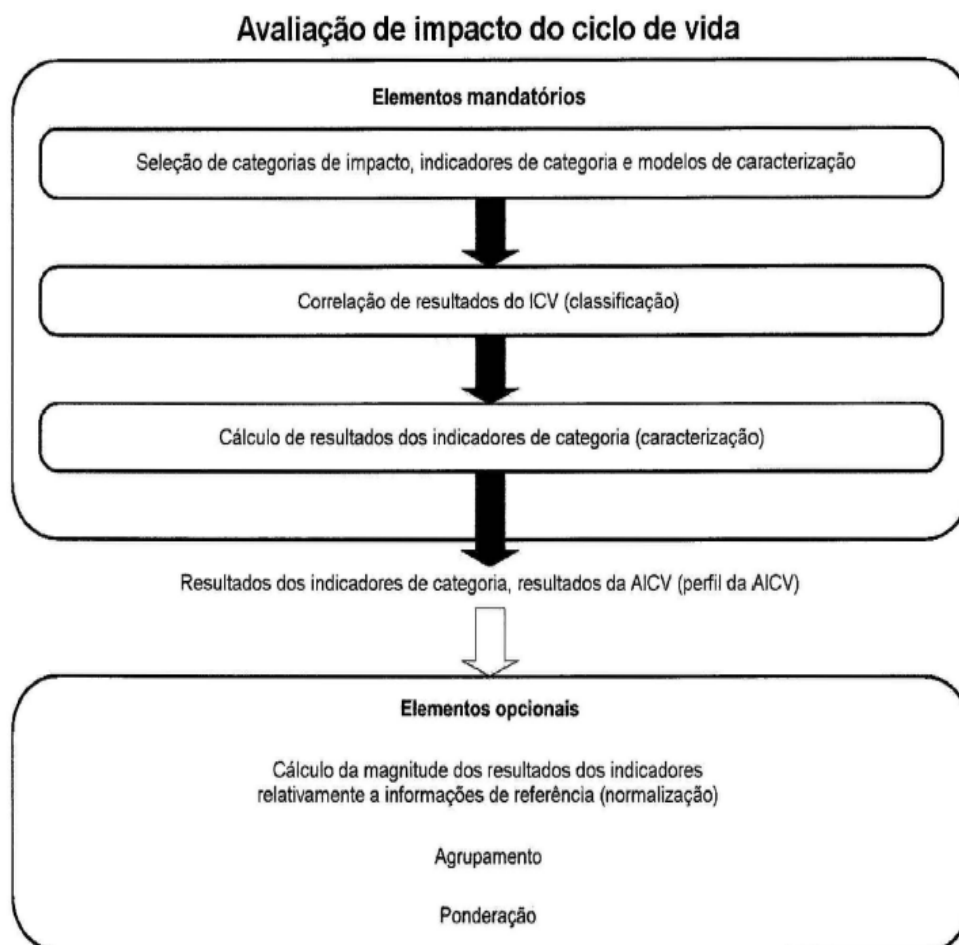
Para Chehebe (1997), esta etapa de coletas de dados pode ser executada por meio de questionários elaborados e encaminhados às empresas que possam estar envolvidas no estudo, ou seja, empresas que produzem ou utilizam do produto em análise.

### **3.3. Fase 3 - Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)**

Nessa terceira etapa são utilizados os dados obtidos da fase anterior, de análise de inventário. Os dados selecionados e quantificados serão classificados por categorias com o intuito de relacionar os dados com impactos ambientais, tentando um melhor entendimento de tais impactos.

Segundo a ABNT (2009) a separação por categorias de impacto é vantajosa e imprescindível por uma série de razões, como por exemplo, cada elemento pode ser definido de maneira clara e objetiva, havendo também a opção de considerar cada elemento separadamente no decorrer do estudo, a avaliação poderá ser efetuada para cada elemento e toda e qualquer operação poderá ser claramente discutida e determinada separadamente. No entanto seu nível dependerá totalmente do objetivo do estudo, declarado na primeira etapa. Os elementos desta fase são demonstrados na Figura 3:

Figura 3 – Elementos da fase da AICV



Fonte: ABNT (2009a)

Tais impactos podem ser apenas locais, como também pode ser em dimensão global, assim podendo originar problemas até mesmo a saúde humana. Principais impactos que podem ser ocasionados quando existe uma grande dimensão são alterações climáticas, destruição de ozônio estratosférico, extração de recursos abióticos, extração de recursos bióticos. Já quando ocorre impacto de menor dimensão, ou seja, local pode ocorrer toxicidade humana, ecotoxicidade, formação de fotos - oxidantes e complicações nas terras (UNEP, 2003).

No estudo para dividir os elementos em suas devidas categorias, pode haver com que um elemento tenha característica de mais de uma categoria. Para isso, é utilizada a seguinte regra: mecanismos paralelos, quando dados são dependentes entre si e mecanismos seriais, quando não são dependentes (ABNT, 2009b).

Depois de selecionado cada elemento em sua categoria, é necessário realizar a caracterização dos elementos. Transformando-os em unidades comuns e associando os elementos de mesma categoria para obter um único indicador das categorias de impacto. Para enfim ponderar cada categoria, conforme o objetivo do estudo, como se entende necessário.

### **3.4. Fase 4 – Interpretação da ACV**

A última etapa da metodologia tem como principal objetivo apresentar as conclusões e resultados do estudo. Fornecendo resultados de maneira consistente com o objetivo inicial. Descrevendo todas as limitações e recomendações que podem ser realizadas, para um menor impacto (ABNT, 2009b).

Segundo Ferreira (2004) existe três etapas na fase de interpretação:

- a) Identificar todos os pontos significativos com base nos resultados obtidos nas fases anteriores;
- b) Verificar os dados se estão completos e disponíveis. Avaliar, também, a confiança dos resultados obtidos;
- c) Fazer conclusões e verificar se estão consistentes, se não tiverem retornar as fases anteriores;

Na interpretação é possível comprovar a confiabilidade do estudo e dos dados selecionados, obtendo um relatório preciso e satisfatório, com indicações e recomendações claras. No entanto, contido no relatório também as limitações que foram encontradas ao longo do estudo.



#### **4. Benefícios da utilização da ACV**

A ACV pode trazer inúmeros benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a organização. Os resultados encontrados com o estudo serão de grande relevância para: observar os processos ao longo de todo o seu ciclo de vida; obter uma decisão ambiental mais precisa sobre os processos ou produtos a escolher, possuindo diversas comparações de processos de fabricação para o mesmo produto, como por exemplo, um produto utiliza mais energia que o outro, fazendo a escolha do que utiliza menor quantidade de energia, fará um menor impacto ao meio ambiente e diminuirá os gastos da própria empresa (ABNT, 2009b).

A realização da análise em questão, baseada pelas normas ISO 14040 e ISO 14044, propiciam a avaliação dos impactos ambientais pertinentes a um produto, avaliando os ganhos e perdas ambientais, bem como, identificar o balanço de massa e energia vinculadas ao ciclo de vida do produto. Pode-se também, comparar tais impactos em diferentes categorias específicas, como ambientais, saúde humana e uso de recursos, entre dois ou mais produtos semelhantes.

Como todo estudo, a ACV possui benefícios, mas também tem algumas limitações que podem ser detectadas no decorrer do estudo, podendo afetar a confiabilidade do resultado final obtido.

#### **5. Limitações da aplicação ACV**

A metodologia da ACV é um tanto quanto complexa, apresentando algumas limitações, pois exige recursos financeiros, uma ampla base de dados e também um vasto tempo destinado ao estudo. Requisitos que se tornam essenciais para o estudo (SANTIAGO, 2005).

Sua metodologia também é iterativa, ou seja, suas etapas podem ser modificadas ao longo do estudo, se necessário. Dessa forma a cada etapa avançada na análise a etapa anterior deve ser revisada. No entanto as modificações realizadas devem ser documentadas e justificadas.

Portanto para uma melhor confiabilidade do estudo, assim ajudando a minimizar possíveis falhas que possam ocorrer no decorrer da análise. É possível fazer a utilização de *softwares*, para auxiliar no armazenamento de informações que serão utilizadas na base de dados e a visualização dos mesmos.

## 6. Softwares utilizados

Com o objetivo de minimizar as falhas no estudo, estão sendo desenvolvidos e aprimorados *softwares*, que auxiliam tanto no armazenamento quanto na visualização do banco de dados, se tornando mais clara e fácil sua visualização. Obtendo também relatórios mais precisos e cálculos mais confiáveis (RODRIGUES et al, 2008).

De acordo com Rodrigues, 2008, os softwares mais utilizados são, GaBi, Umberto, SimaPro, Team e LCA. São eles que, no momento, estão contribuindo de maneira positiva para uma maior e melhor confiabilidade do resultado final da análise. Disponibilizando base de dados, relatórios e cálculos sucintos.

## 7. Considerações finais

O estudo da ACV pode agregar muitos benefícios para a organização como: observar os processos ao longo de todo o seu ciclo de vida; obter uma decisão ambiental mais precisa sobre os processos ou produtos a escolher, possuindo diversas comparações de processos de fabricação para o mesmo produto, entre outras. Mas como também o benefício de identificar e buscar possibilidades de diminuir os impactos causados por seus produtos e processos ao meio ambiente.

Mas para obter resultados confiáveis é indispensável realizar as quatro etapas (Definição de objetivo e escopo, Análise de inventário do Ciclo de Vida, Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida e Interpretação da ACV) do estudo com precisão conforme descrito pelas normas ISO 14040 e 14044.

No entanto o estudo apresenta algumas limitações, pois esta análise necessita de uma ampla base de dados, recursos financeiros e tempo da equipe destinada ao estudo. Mas para minimizar essas limitações e aumentar a confiabilidade do resultado final é possível fazer o uso de *softwares* que auxiliam no armazenamento e visualização dos dados.

Contudo é possível perceber que a ACV pode contribuir para a tomada de decisão nas organizações que realizam a análise, como também force indicativos que podem ser considerados para reduzir os impactos ao meio ambiente, gerando benefício para ambos e vantagem competitiva para a organização.

## REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR ISO 14044: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura*. Brasil, 2009b.

CHEHEBE, J. R. B. (1997); “**Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**”. Rio de Janeiro: Qualitymark.

COLTRO, L. *Avaliação de Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão, 2007*. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/42837176/ACV-Como-to-de-Gestao-CETEA>>. Acesso em: 10 de abril 2012.

FAVA, J., DENISON, R., JONES, B., CURRAN, M., VIGON, B., SELKE, S. e BAMUM, J. *A Technical Framework for Life-Cycle Assessment*. SETAC – Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental, 1991.

PASSUELO, A. C. B. (2007); **Aplicação da Avaliação do ciclo de vida em embalagens descartáveis para frutas: estudo de caso**. 2007. 148f. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROBLES JUNIOR, A.; BONELLI, V. V. (2006); “**Gestão da qualidade e do meio ambiente: enfoque econômico, financeiro e patrimonial**”. São Paulo: Editora Atlas.

RODRIGUES, C. R. B.; ZOLDAN, M. A.; LEITE, M. L. G.; OLIVEIRA, I. L. de. **Sistemas Computacionais de apoio à ferramenta, Análise de Ciclo de Vida do Produto (ACV)**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

SANTIAGO, L. **Projeto Brasileiro de Inventário do Ciclo de Vida para a competitividade da indústria brasileira**, 2005. Disponível em : <[http://acv.ibict.br/fases/limitacoes.htm/document\\_view](http://acv.ibict.br/fases/limitacoes.htm/document_view)>. Acesso em: 14 de abril 2013.

SANTOS, L. M. M. dos. (2002); “**Avaliação ambiental de processos industriais**”. Ouro Preto: ETFOP.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *Evaluation of Environmental Impacts in Life Cycle Assessment*, 2003.

USEPA, 2001. **U.S. Environmental Protection Agency and Science Applications International**.

XAVIER, J. H. V.; PIRES, A. C. **Uso Potencial da Metodologia da Análise de Ciclo de Vida (ACV) para a Caracterização de Impactos Ambientais na Agricultura**. Cadernos de Ciência e Tecnologia, v. 21, n. 2, 2004.

HUNT, R.; FRANKLIN, E. **LCA - How it Came About. Personal Reflections on the Origin and the Development of LCA in the USA.** International Journal of Life Cycle Assessment , v.1 n.1, 1996.

GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P.; BUONAMICI, R.; EKVALL, T.; RYDBERG, T. **Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future.** Environmental Science e Technology, v.45, n. 1, 2010.