

©Copyright, 2006. Todos os direitos são reservados. Será permitida a reprodução integral ou parcial dos artigos, ocasião em que deverá ser observada a obrigatoriedade de indicação da propriedade dos seus direitos autorais pela INTERFACEHS, com a citação completa da fonte. Em caso de dúvidas, consulte a secretaria: interfacehs@interfacehs.com.br

ORIENTAÇÕES CONCEITUAIS PARA ELABORAÇÃO DE INVENTÁRIOS DE CICLO DE VIDA

Luiz Alexandre Kulay¹; Emilia Satoshi Miyamaru Seo²

¹ Professor do Centro Universitário Senac e pesquisador do Grupo de Prevenção da Poluição GP2 da EPUSP
luiz.akulay@sp.senac.br

² Professora do Centro Universitário Senac e pesquisadora do IPEN/CNEN-SP

RESUMO

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica capaz de avaliar o desempenho ambiental da função exercida por um produto, processo ou serviço ao longo de seu ciclo de vida; ou seja, desde a extração de recursos junto à natureza, até sua disposição junto ao ambiente, que ocorre após o uso a que este bem se destina haver se esgotado. Para tanto, a metodologia ACV se compõe de quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação. Nesse arranjo, segue-se à formulação dos propósitos e premissas do estudo a etapa de elaboração do Inventário de Ciclo de Vida (ICV), cujo produto final consiste de uma lista de aspectos ambientais que circulam através das fronteiras do sistema de produto na forma de correntes de matéria e de energia de entrada e saída. O ICV é elemento decisivo para que um estudo de ACV atinja seus propósitos. Nesse quadro, diversos aspectos de ordem operacional devem ser considerados a fim de conferir o rigor que a iniciativa predispõe. O presente estudo se ocupa de discorrer e de conjecturar sobre os procedimentos, características e premissas tanto de fundo conceitual, como prático, a serem considerados para efeito de elaboração do ICV.

Palavras-chave: ACV, Inventário de Ciclo de Vida; ICV; aspectos conceituais e operativos

INTRODUÇÃO

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica capaz de avaliar o desempenho ambiental da função desempenhada por um produto, processo ou serviço ao longo desde a extração de recursos junto à natureza, até a sua disposição - ou descomissionamento – destes, após sua aplicação haver comprovadamente se esgotado. Em termos operacionais bastante simplistas, tal abordagem depreende a identificação de todas as interações ocorridas entre o bem ou serviço e o meio ambiente ou outros sistemas antrópicos, ao longo dos estágios que compreendem seu ciclo de vida, bem como, uma avaliação da magnitude dos impactos, também de fundo ambiental, gerados em função dessas mesmas interações. Em virtude de tais características, o simpósio conduzido pela Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) – entidade precursora no desenvolvimento da ACV em termos de difusão da técnica, formação de competências e, sobretudo, de consolidação de seus elementos metodológicos - ainda na década de 1990, estabeleceu como premissas para realização de um estudo dessa natureza (SETAC, 1993):

- Fornecer uma imagem, tão fiel quanto possível, de quaisquer interações existentes com o meio ambiente;
- Contribuir para entendimento da natureza global e interdependente de conseqüências ambientais das atividades humanas;
- Gerar subsídios capazes de definir os efeitos ambientais dessas atividades; e
- Identificar oportunidades para melhorias de desempenho ambiental.

Assim, é possível subdividir as aplicações triviais a que se destina uma ACV em duas grandes vertentes (SETAC, 1993):

- Identificação de oportunidades de melhoria de desempenho ambiental; e
- Comparação ambiental entre produtos que cumprem funções equivalentes.

Na primeira vertente, a ACV atua empreendendo a busca dos principais focos de impactos ambientais proporcionados por um sistema de produto. Ao término de sua aplicação, o praticante terá estabelecido a contribuição do sistema em estudo para as diversas categorias de impacto ambiental. De posse desse diagnóstico, planos de ação voltados à minimização dos mesmos poderão ser estabelecidos.

Na aplicação da ACV para efeito de comparação de produtos, são avaliados aspectos ambientais – e seus impactos associados – para diferentes formas de atender a

uma mesma função. A utilização da ACV com esse viés encontra maior apelo junto a organizações empresariais desejosas de demonstrar a supremacia ambiental de seus produtos sobre os de seus concorrentes diretos, com o intuito de conquistar novos mercados. Além disso, quando efetuada confrontando o desempenho ambiental de um ou mais produtos contra certo padrão já preestabelecido, a ACV pode servir para a elaboração de rótulos e declarações ambientais. O fato de a ACV constituir uma técnica eficiente para a elaboração de diagnósticos ambientais disponibiliza sua aplicação para atividades estratégicas de uma organização, tais como projeto de novos produtos e reavaliação de produtos já consagrados. Nessa aplicação, a ACV se presta à seleção de opções de projeto, em particular no que se refere à busca de novos materiais, formas de energia alternativas e implementação de melhorias de processo visando minimizar perdas e conceber produtos menos agressivos ao ambiente.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Segundo a norma ABNT NBR ISO 14040:2006 a metodologia de aplicação de uma ACV se compõe, em termos de estrutura, por quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação. O referido arcabouço metodológico aparece representado a seguir no esquema indicado na Figura 1 (FAVA, 1991; ABNT NBR ISO 14040:2006).

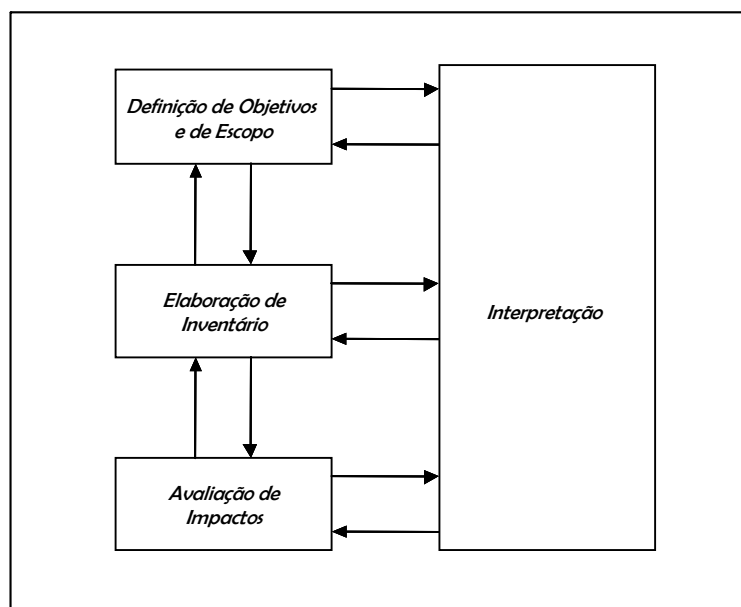


Figura 1. Estrutura metodológica da Análise de Ciclo de Vida (ACV) tal como esta aparece representada na norma ABNT NBR ISO 14040:2006

Fonte: FAVA (1991); ABNT NBR ISO 14040:2006 (ABNT, 2009)

Dentro de uma ordem lógica, uma ACV se inicia pela etapa de Definição de Objetivos e Escopo, etapa esta que tratará de definir as premissas iniciais para realização do estudo.

A definição de objetivos estabelece a razão principal para a condução do estudo, sua abrangência e o público-alvo a que os resultados se destinam.

Na definição do escopo são considerados aspectos metodológicos de ordem executiva para a condução do estudo, como os parâmetros função, unidade funcional e fluxo de referência do produto, o processo de fixação de fronteiras, os critérios para a alocação de cargas ambientais, bem como as categorias de impacto a serem usadas na etapa de nome correspondente (ABNT NBR ISO 14040:2006).

Por ocasião do estabelecimento do escopo, é importante considerar aspectos de caráter geográfico, temporal e tecnológico do sistema de produto – ou seja, a porção do espaço sobre a qual se dará a aplicação da metodologia – para efeito de refino das fronteiras e seleção de informações a serem utilizadas posteriormente no inventário.

De uma maneira simplificada, a norma ABNT NBR ISO 14040:2006 estabelece que o conteúdo mínimo do escopo de um estudo de ACV deve referir-se a três dimensões: onde iniciar e parar o estudo do ciclo de vida que corresponderia à extensão da ACV; quantos e quais subsistemas incluir – ou seja, a largura da ACV - e o nível de detalhes do estudo - sua profundidade. Na prática, o delineamento da fronteira do sistema deve ser realizado com bastante acuidade, pois deve levar em consideração os recursos financeiros disponíveis e o tempo, ou seja, existem certas tensões entre a precisão e a praticidade. Portanto, devem-se adotar procedimentos que tornem o estudo gerenciável, prático e econômico, sem que sejam, no entanto, descuidados aspectos que confirmem confiabilidade ao modelo.

Segue-se à formulação dos propósitos e premissas do estudo a etapa de elaboração do Inventário de Ciclo de Vida (ICV), cujo produto final consiste de uma lista de aspectos ambientais que circulem através das fronteiras do sistema de produto na forma de correntes de matéria e de energia de entrada e saída. Os valores apontados no ICV são determinados em função da quantidade selecionada para prover o cumprimento, pelo produto, processo ou serviço em estudo, de determinada função.

A partir dos resultados gerados pelo inventário é então possível realizar a Avaliação de Impactos Ambientais, o que fará associar os aspectos ambientais

relacionados ao produto, processo ou ao serviço em estudo a categorias de impactos ambientais.

Como apresenta o texto da norma ABNT NBR ISO 14040:2006, a avaliação de impacto se constitui dos seguintes elementos operativos:

- Classificação – onde os dados do inventário são agrupados nas diversas categorias de impacto selecionadas antes, na etapa de Definição de Escopo. São exemplos dessas últimas Mudanças Climáticas, Destruição da Camada de Ozônio, Acidificação, Toxicidade Humana, e Exaustão de Recursos Naturais.

- Caracterização – que se encarrega de expressar os aspectos ambientais previamente classificados em seus impactos correspondente. Essa operação se dá por meio da aplicação de índices de conversão denominados fatores de equivalência. O produto da caracterização consiste do Perfil de Impactos Ambientais do produto, a partir do que será possível comparar o potencial dos impactos do objeto sob análise.

São também considerados procedimentos da Avaliação de Impactos – ainda que em caráter facultativo – a Normalização e a Valoração, cuja aplicação se destina à consolidação do perfil de cargas ambientais em um índice único.

Completa a ACV a etapa de Interpretação, que consiste da identificação e análise dos resultados obtidos nas fases anteriores de inventário e avaliação de impacto. A interpretação compreende as seguintes etapas (ABNT NBR ISO 14040:2006):

- Identificação das questões ambientais mais significativas com base nos resultados da análise do inventário ou ACV;
- Avaliação que pode incluir elementos tais como a checagem da integridade;
- Sensibilidade e consistência; conclusões, recomendações e relatórios sobre questões ambientais significativas.

3. INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA – CONCEITO E ASPECTOS INTRODUTÓRIOS

Após ter sido concluído o processo de Definição dos Objetivos e do Escopo para um estudo de ACV, o praticante da técnica estará pronto a dar início à segunda etapa do método denominada, elaboração do Inventário de Ciclo de Vida (ICV). A norma ABNT NBR ISO 14044:2009 conceitua este processo como fase da ACV na qual ocorre a

compilação e a quantificação de entradas e de saídas de e para um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida.

A terminologia “entradas e saídas” refere-se às correntes de matéria e de energia que circulam através das fronteiras que estabelecem os limites do sistema de produto em estudo. Muitas literaturas especializadas em ACV atribuem a essas mesmas quantidades o nome de aspectos ambientais, termo que na retórica normativa pode ser entendido como elemento das atividades, produtos e serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente.

De maneira simplista, integram, portanto a categoria de aspectos ambientais correntes de matéria – na forma de recursos naturais ou sintetizados via ação antrópica, e de energia – de mesmas procedências – que entram no sistema de produto pelas fronteiras.

No mérito das saídas, aparecem relacionados produtos, subprodutos e rejeitos, sendo estes últimos subdivididos em emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos e rejeitos energéticos. Assim sendo, pode-se dizer que elaboração do ICV se incumbe, então, de produzir um conjunto de dados organizados sob a forma de um inventário, capazes de expressar em termos quantitativos os aspectos ambientais associados a um sistema de produto (REBITZER, et al., 2004).

Antes de discutir os conteúdos executivos da elaboração do ICV, vale enfatizar que, dada a forma de estruturação da técnica de ACV, o processo empregado para a construção de um ICV deverá ocorrer de forma iterativa, sempre seguindo como referência os objetivos e o escopo previamente definidos, ainda que durante o desenvolvimento do estudo, esses passem por revisão. Um Inventário de Ciclo de Vida (ICV) será dado por concluído após terem sido cumpridos os seguintes procedimentos operativos:

- A) Coleta de Dados; e
- B) Tratamento dos Dados.

Na seqüência, passam a ser apresentados e discutidos elementos, características e peculiaridades diversas que permeiam a execução de tais ações. Para tanto, emprestar-se-á o embasamento teórico fornecido pela norma ABNT NBR ISO 14044:2009, editada com propósito único de proporcionar orientações necessárias à elaboração do ICV.

3.1 Coleta de Dados

A Coleta de Dados consiste do levantamento das informações necessárias à realização do ICV. Esta operação é, no entanto, precedida de uma etapa preparatória em que certas considerações de fundo teórico são feitas a fim de conferir consistência e rigor à atividade que será desempenhada (JENSEN, 1997; REBITZER et. al., 2004). É neste momento que algumas das premissas enunciadas na etapa de Definição de Objetivos e de Escopo são empregadas. O Quadro 1 traz relacionados os critérios importantes a serem obedecidos para Coleta de Dados.

- A) Cobertura Temporal;
- B) Cobertura Geográfica;
- C) Cobertura Tecnológica; e
- D) Critérios de Qualidade dos Dados.

Quadro 1: Critérios previstos na etapa de Definição de Escopo relacionados à Coleta de Dados

Fonte: Adaptado de SILVA & KULAY (2006)

Discorre-se a seguir, ainda que de maneira sucinta sobre cada elemento supracitado.

3.1.1 Cobertura Temporal

A chamada Cobertura Temporal determina o período cuja situação de mercado é descrita pelos dados. Nesse contexto, fatores como idade, extensão do período e frequência, são considerados são definidos para efeito de coleta de dados.

A maioria dos especialistas no tema é de opinião que para a realização de um estudo de ACV será consistente se acaso a coleta de dados compreender uma série histórica de cinco anos. No entanto, essa sugestão pode ser reavaliada à luz de ocorrências de ordem técnica que promovam alterações nas condições de operação dos processos, tais como: implantação de novos sistemas de controle, instalação de unidades de tratamento e de recuperação de rejeitos, mudanças na conduta de atuação em termos de gestão, ou mesmo uma revisão do conceito tecnológico da instalação (CURRAN, 1996; BAUMANN & TILLMAN, 1997; ISO, 2006).

Mesmo que alterações de fundos diversos imponham melhorias na forma de o sistema de produto interagir com ambiente, é condição essencial que a coleta de dados ocorra apenas quando o sistema antrópico em questão tiver atingido condições regulares de funcionamento.

Quanto à extensão, recomenda-se que a Cobertura Temporal compreenda uma série histórica mínima de um ano. Em princípio, tal prazo é suficiente para absorver – sem riscos de falseamento de resultados – anomalias das condições regulares como flutuações de produção, desvios operacionais, paradas programadas ou emergenciais, e suas respectivas repartidas.

3.1.2 Cobertura Geográfica

O critério de abrangência – ou, Cobertura Geográfica como é mais conhecido no vocabulário convencional da ACV – dispõe sobre a amplitude geográfica a ser considerada no estudo para efeito de coleta de dados.

Cuidados adicionais nesse mérito devem ser tomados para situações em que os limites do sistema de produto ultrapassam fronteiras entre nações. Nesse contexto, caso os dados não puderem ser coletados junto aos países em que as etapas operacionais do sistema de produto se desenvolvem, há dois caminhos possíveis a seguir: uso de informações provenientes de outras fontes, resguardadas suas integridade e consistência; ou uso de abordagem qualitativa dos impactos decorrentes dessas atividades (BAUMANN & TILLMAN, 1997; ISO, 2006).

3.1.3 Cobertura Tecnológica

Terceira classe de critérios para a coleta de dados a Cobertura Tecnológica observa, como o próprio título predispõe, o viés tecnológico dos subsistemas e processos elementares. Assim sendo, esta trata de representar o “mix” de tecnologias em uso, de acordo com o escopo e com as coberturas geográfica e temporal. Alternativas selecionadas de maneira trivial nesse mérito são apresentadas no Quadro 2. Em certas circunstâncias as alterações tecnológicas podem ser recentes e assim, os dados disponíveis necessitem de representatividade, como caso discutido para cobertura temporal (BAUMANN & TILLMAN, 1997).

Para situações de tal natureza, um levantamento de dados conduzido junto a plantas que operam processos homólogos àquele sob avaliação poderá fornecer estimativas com nível razoável de confiabilidade; entretanto, uma análise crítica dos mesmos deve ser conduzida preliminarmente à sua aceitação.

- A) Adoção de tecnologia com maior frequência de instalação no setor;
- B) Uso da tecnologia a partir da qual sejam obtidas maiores taxas anuais de produção;
- C) Média ponderada do setor que se dedica ao processamento do bem em estudo (ou que pratica o processo, ou realiza o serviço sob avaliação pela ACV);
- D) Adoção da melhor tecnologia disponível; ou
- E) Seleção da pior tecnologia em operação no momento, para casos de estudos que visam definir a linha de base em termos de desempenho ambiental.

Quadro 2: Critérios usuais para aplicação de Cobertura Tecnológica

Fonte: Adaptado de SILVA & KULAY (2006)

3.1.4 Critérios de Qualidade dos Dados

A consistência dos resultados gerados pela ACV é diretamente influenciada pela qualidade os dados por ela empregados. Por conta disso, a norma ABNT NBR ISO 14040:2006 estabelece cinco critérios para tratamento dessas informações. O Quadro 3 mostra não apenas tais condicionantes, mas também apresenta a função que cada um destes efetua para efeito de elaboração do ICV.

O uso de critérios auxilia em muito à delimitação do espaço amostral da coleta de dados. Não obstante, dada a importância da qualidade dessas informações para o sucesso do estudo, sugere-se que após a conclusão dessa aplicação, indicadores estatísticos sejam aplicados no sentido de aferir respectivamente a precisão, completeza, representatividade, e reprodutibilidade da amostra. Como regra geral, dados primários têm preferência sobre dados secundários. No entanto, os objetivos definidos para o estudo podem influenciar tal decisão.

- A) PRECISÃO: medida da variabilidade dos dados;
- B) COMPLETEZA: porcentagem de fontes de coleta de dados primários em relação ao número potencial de fontes;
- C) REPRESENTATIVIDADE: avaliação qualitativa do grau com que o conjunto de dados reflete a população real (refere-se às coberturas geográfica, temporal e tecnológica);
- D) CONSISTÊNCIA: avaliação qualitativa do nível de uniformidade com o qual o método é aplicado aos diferentes componentes;
- E) REPRODUTIBILIDADE: avaliação qualitativa da capacidade de um estudo permitir a um executante reproduzir os resultados por ele atingidos partindo-se de informações sobre a

Quadro 3: Critérios de Qualidade de Dados

Fonte: Adaptado de SILVA e KULAY (2005)

Nessas situações, recomenda-se, entretanto, que uma análise crítica dos valores seja conduzida, a fim de minimizar o erro potencial introduzido pela decisão de se usar dados de processos equivalentes como fonte de informações.

Um estudo de ACV deve, acima de tudo, ser transparente quanto às premissas, às práticas e aos procedimentos assumidos por conta de sua realização.

Caso esse objetivo seja alcançado, uma equipe de praticantes da técnica que esteja de posse de um estudo já realizado deve ser capaz de atingir os mesmos resultados, valendo-se apenas desses conteúdos. Para medir essa capacidade, deve ser utilizado um indicador denominado reprodutibilidade.

3.2 Preparação para a Coleta de Dados

O estabelecimento do escopo de uma ACV define, entre outros aspectos, os subsistemas e processos elementares que deverão constituir o sistema de produto em estudo.

Tendo em vista que o procedimento de coleta de dados gera grande quantidade de informações – provenientes de diversas fontes e sob as mais distintas condições – é de fundamental importância que uma preparação prévia a atividade de coleta desses dados seja realizada de forma a garantir uma interpretação uniforme e consistente do sistema a ser estudado. Segundo Rebitzer et. all. (2004) a preparação para a coleta pode ser dividida em três atividades principais:

- Elaboração de um fluxograma com nível de detalhamento suficiente para poder representar os subsistemas e processos elementares que compõem o sistema de produto;
- Preparação de formulários para a coleta de dados e
- Definição de critérios de exclusão de aspectos ambientais.

O objetivo da elaboração de um diagrama de blocos – ou até, para determinadas circunstâncias, um fluxograma – dos elementos constituintes do sistema de produto é permitir ao praticante uma visão global do objeto de análise, assim como de suas inter-relações tanto com o meio ambiente, quanto com outros sistemas ligados a ele.

O nível de detalhamento estabelecido para a confecção desse diagrama será determinado tanto em função dos objetivos estabelecidos para o estudo, quanto pelas fontes de dados disponíveis para sua realização. Isso, mesmo que apenas dados secundários venham a ser empregados no estudo.

Quando uma ACV é elaborada com o intuito de fornecer elementos para definição das estratégias ambientais de uma organização, é necessário que o fluxograma do sistema de produto disponha do maior nível de detalhamento possível, ainda que, quanto à sua extensão, este se restrinja tão somente às atividades desenvolvidas pela própria corporação.

Por outro lado, se o estudo for realizado com o propósito de identificar oportunidades de melhoria de desempenho ambiental em todas as etapas que compõem o ciclo de vida de um produto o fluxograma deverá ser mais amplo, não necessariamente dispondo, porém, de tantas informações.

Afora o fluxograma geral do sistema de produto, podem também se fazer necessários diagramas individualizados para cada um de seus subsistemas, criados com a finalidade de detalhar ao máximo as operações e correntes que os compõem.

Considerando-se tão somente o objetivo a que se destina a coleta de dados, ou seja, quantificar os aspectos ambientais selecionados para certo sistema de produto, é possível perceber o elevado grau de complexidade que cerca essa atividade. Portanto, é conveniente que além dos diagramas anteriormente mencionados, sejam preparados ainda formulários de coleta de dados, também denominados de "checklists" (SILVA, YOKOTE e RIBEIRO, 2002).

O formulário para coleta de dados é um recurso usado para que o registro das informações ocorra de maneira organizada, a fim de que essas possam ser recuperadas e disponibilizadas rapidamente caso seja necessário.

O formulário de coleta é, em essência, uma tabela em que são listados e quantificados aspectos ambientais constantes em cada subsistema ou processo elementar, expressos sob a forma de correntes de entrada e saída que circulam através das fronteiras internas do sistema. Além da quantidade do aspecto ambiental selecionado deve ser ainda apontada no “checklist” a unidade de medida para as condições em que se realiza o estudo (SONNEMAN, 2002).

A ABNT NBR ISO 14044:2009 recomenda que além dos valores das correntes, o formulário deva trazer indicações sobre a fonte de informação do dado, critérios de qualidade, e indicadores estatísticos selecionados para o estudo.

Quaisquer referências quanto ao uso de recursos naturais pouco convencionais, assim como, de critérios de alocação que se façam necessários devem também ser apontados.

Os formulários de coleta de dados são concisos para evitar possíveis atrasos quanto ao recebimento de respostas; além disso, é fundamental fazer-se uso de clareza e de objetividade em sua elaboração, afim de que erros de interpretação e ambigüidades sejam cometidos.

Finalmente, esses documentos devem ser concebidos de forma a conter campos livres, nos quais serão feitos registros de situações especiais como eventuais irregularidades ocorridas durante o transcorrer da coleta (SONNEMAN, 2002; UDO DE HAES & ROOIJEN, 2004).

3.3 Critérios de Exclusão de Aspectos Ambientais

Ao proceder-se a elaboração de um ICV é preciso estar ciente de que, em termos práticos, será impossível considerar todos os aspectos ambientais contidos em um sistema de produto. Assim sendo, deve-se aplicar de critérios de exclusão de aspectos ambientais visando o refinamento dos mesmos. Critérios de exclusão de aspectos ambientais podem ser de duas naturezas: quantitativos ou de relevância ambiental. De acordo com o critério quantitativo devem ser excluídas do sistema correntes de matéria ou energia, cuja contribuição cumulativa em termos da massa ou energia total que entra, ou sai, no sistema seja inferior a determinada percentagem.

Ainda que o critério quantitativo resulte em economia de tempo e de investimentos sua aplicação pode levar a desconsideração de aspectos cujos impactos sobre o meio

ambiente sejam significativos. Isso pode acarretar em distorção dos resultados da ACV e, portanto, prejudicar processos de tomada de decisão dependentes destes.

Para que isso seja evitado, recomenda-se adotar mais um critério de exclusão; este é conhecido como relevância ambiental, e faz com que a seleção de aspectos ambientais esteja baseada em uma análise de sensibilidade, o que se reverte em ganho de confiabilidade para o estudo (NBR ISO 14040, 2009). Para levar adiante tal abordagem, é necessário dispor de banco de dados capaz de fornecer os valores preliminares à execução de tal análise, o que, não obstante os avanços realizados até o momento, ainda não se configura de todo possível ao menos para o caso brasileiro.

3.4 Coleta de Dados

A coleta de dados é a tarefa mais demorada de uma ACV podendo, portanto, ser bastante intensiva na demanda de recursos. Esse problema pode ser minimizado caso tal procedimento seja conduzido de maneira organizada.

A norma ABNT NBR ISO 14044:2009 recomenda que para proceder a contento a realização da coleta de dados sejam cumpridos os seguintes passos:

- *Seleção das fontes de informação;*
- *Uso de dados específicos e de dados agregados; e*
- *Substituição, caso necessário, de dados primários por dados secundários.*

Um dos problemas da coleta de dados reside na indisponibilidade de fontes de informações específicas e confiáveis para a realização do estudo. Além dos dados primários que são obtidos de medições diretas no campo, um estudo de ACV se completa em muitos casos por dados secundários. Os dados secundários podem ser obtidos junto a três fontes principais de informação: bancos de dados próprios para ACV; valores de referência em literatura específica; ou dados fornecidos por terceiros como empresas, órgãos do governo, associações de classe, laboratórios de análise, entre outros.

Dentre as fontes mencionadas, devem merecer especial referência, os bancos de dados. Considerando-se o fato da ACV ser uma técnica recente, a elaboração de bancos de dados regionais e organizados para recursos comuns a diversos sistemas – caso de energia elétrica, combustíveis fósseis, aço e alumínio, celulose e papel, polímeros de

maneira geral, cimento, produtos agrícolas e outros bens de consumo – é ação recente, mesmo em países em que a ACV está avançada.

No Brasil, iniciativas dessa natureza começam apenas a serem implementadas. Tendo em vista peculiaridades do país – como a predominância de energia de origem hidrelétrica, ou a supremacia do transporte de insumos e de bens pela via rodoviária – a adoção de bancos de dados internacionais pode distorcer os resultados de estudos realizados para desenvolvidos no país. Não obstante, a realização de trabalhos de ACV, mesmo diante das limitações descritas, é amplamente mais recomendável que a omissão quanto à aplicação da referida metodologia. A construção de bancos de dados genuinamente brasileiros faria da ACV um instrumento efetivo para a introdução da variável ambiental em processos gerenciais de tomada de decisão usuais no meio empresarial (SILVA & KULAY, 2003).

Em momento anterior desta exposição procurou-se chamar a atenção para o caráter iterativo existente entre as etapas que compõem a metodologia de ACV. Para a coleta de dados, essa realidade não é diferente, já que esse mesmo procedimento acaba sofrendo influência direta da definição dos objetivos do estudo.

Como regra geral, em situações nas quais a realização de uma ACV se destina a fornecer elementos para decisões estratégicas de uma organização - como nos casos de projeto de novos produtos ou "reprojeto" de processos existentes – a ABNT NBR ISO 14044:2009 sugere o uso de dados específicos do sistema, no intuito de formar um quadro representativo do mesmo.

Por outro lado, quando a técnica é aplicada para trabalhos voltados ao mercado consumidor ou a organismos ambientais, faz-se uso dos chamados dados agregados. Estes consistem de valores totalizados de correntes de matéria e energia para um sistema – que em geral, apresenta grau mínimo de elaboração do tipo “blackbox” – usados em substituição a informações específicas que estejam indisponíveis, ou mesmo, que sejam pouco confiáveis. Os diferentes níveis de agregação de dados empregados em uma ACV estão relacionados a seguir no Quadro 4.

- A) INDIVIDUAIS: um processo elementar de uma instalação.
- B) COMPOSTOS: um processo de várias instalações.
- C) AGREGADOS: combinação de vários processos.
- D) MÉDIA DA INDÚSTRIA: amostragem representativa dos processos que indiquem "mix" de tecnologia.
- E) GENÉRICOS: descritores qualitativos da tecnologia.

Quadro 4: Níveis de Agregação de Dados

Fonte: Adaptado de SILVA & KULAY (2005)

O uso de dados agregados faz com que os resultados de uma ACV possam ser disponibilizados ao público sem revelar segredos industriais ou fragilidades do processo sob análise. A norma recomenda, no entanto, a realização de uma análise crítica dessas informações previamente a sua incorporação no estudo, no intuito de preservar aspectos como transparência, consistência e integridade. Em situações nas quais dados primários não possam ser coletados, recomenda-se à equipe lançar mão de dados secundários para completar o ICV.

Nessas situações, a norma ABNT NBR ISO 14040:2006 sugere os seguintes procedimentos:

- Inclusão de valores calculados desde processos tecnologicamente semelhantes aos do sistema em estudo, não sem antes realizar uma análise crítica dos mesmos;
- Inclusão de valores consistentes, extraídos de literatura;
- Atribuição de valor "zero" a corrente em análise, com registro de justificativas formal e técnica para tal ação; e
- Estimativa de dado via balanços de massa e energia. As premissas para realização de tais procedimentos devem ser documentadas e cuidadosamente fundamentadas em conhecimentos técnico-científicos pertinentes.

O procedimento de coleta de dados pode eventualmente variar em função dos objetivos da ACV, ou das características do sistema de produto; no entanto, para quaisquer situações é de fundamental importância o registro de todas as informações, fontes e hipóteses admitidas.

Ao final da etapa de coleta de dados, a equipe de realização da ACV deve dispor de tantas planilhas de aspectos ambientais quantificados, quantos processos elementares fizerem parte do sistema de produto. Os valores das correntes de entrada e saída constantes de cada planilha deverão ser determinados por balanços materiais e energéticos, tomando-se como bases de cálculo as unidades de referência próprias de cada processo elementar.

4. INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE TRATAMENTO DE DADOS DO ICV

Como visto antes a norma ABNT NBR ISO 14044:2009 descreve a elaboração do Inventário de Ciclo de Vida como fase da ACV em que ocorrem a compilação e quantificação de entradas e de saídas para um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida.

A elaboração do ICV passa por duas ações operacionais até ser concluído. A primeira delas consiste da Coleta de Dados, procedimento longo e minucioso de levantamento de informações diversas, obtidas junto aos subsistemas e processos elementares que compõem o sistema de produto e a partir de fontes especializadas de coleta como os Bancos de Dados.

Após ter sido concluído a Coleta de Dados, a equipe encarregada da realização da ACV retorna ao escritório com um conjunto de informações bem descritas em termos de suas características temporais, geográficas e tecnológicas. Caso a atividade seja bem conduzida o lote de dados será capaz de conferir aos resultados consistência, solidez e representatividade que estudos dessa classe predispõem.

Os dados gerados em função da coleta podem ser organizados na forma de um quadro sinótico que, dada a condição em que se encontram, é chamado Tabela Bruta de Valores. Será este o ponto de partida para o tema da presente exposição: o Tratamento de Dados.

O Tratamento de Dados ajusta os resultados gerados pela coleta de forma a espelhar o Perfil de Cargas Ambientais do produto ou serviço sob estudo. Para isso, os dados contidos na Tabela Bruta de Valores deverão sofrer tratamento de duas naturezas:

- A) Redução a uma Base Comum; e, quando couber; e
- B) Aplicação de Fatores de Alocação.

A título de ilustração desses conceitos tome-se como exemplo de caso um estudo de avaliação do ciclo de vida para o atendimento da função “fritar batatas com óleo de soja”. Considere-se ainda, por questões metodológicas, que os resultados da ACV sejam utilizados para melhorar o desempenho ambiental do óleo de soja ao longo das etapas que compreendem seu processo produtivo.

Dadas as premissas estabelecidas na Definição de Objetivos e de Escopo, este sistema de produto considera uma abordagem do tipo “berço ao portão” da fábrica. A Figura 2 traz, sob a forma de diagrama de blocos, a representação esquemática do sistema de produto em questão.

O sistema de produto em análise se constitui dos seguintes processos elementares: produção de grãos de soja; produção de óleo de soja; e transporte. Observando-se mais atentamente a Figura 2 será possível notar que no diagrama da produção de soja aparecem indicados fluxos elementares originários do meio ambiente – caso de água, ar, sol e solo, bem como aqueles proporcionados por ações antrópicas – na forma de fluxos de produto. Dentro desta última categoria se incluem fertilizantes e defensivos. Esta etapa do sistema gera por produto grãos de soja.

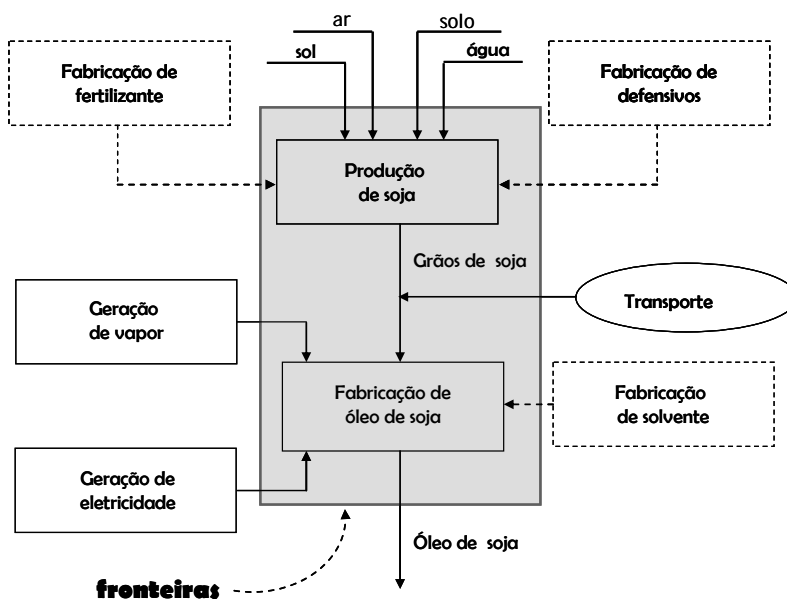


Figura 2 – Sistema de produto do Óleo de Soja – foco sobre o produto: “berço ao portão”

Fonte: Adaptado de SILVA & KULAY (2003)

Desconsiderou-se na coleta de dados da produção de soja o consumo de óleo diesel – usado no preparo do solo, cultivo e colheita da soja – em virtude da aplicação do critério quantitativo de exclusão de 2%. Esta modelagem, bem como aquelas empregadas para os demais processos elementares, foi constituída após analisar-se a condição tecnológica em que ocorre a produção de soja, a fim de refletir a realidade física desse processamento.

O processo elementar de produção de óleo de soja considera como correntes de entrada vapor, solvente – na forma de hexano – e eletricidade. Isso se deve ao fato de o modelo em questão estar baseado na tecnologia de extração de óleo de soja por prensagem a quente com solvente.

O último dos processos elementares compreende o transporte de grãos de soja desde a fazenda, até unidade industrial. Fruto de modelagem específica convencionou-se que esta atividade ocorre em caminhões com 15 t de capacidade, movidos a óleo diesel.

Note-se que o diagrama de blocos contido na Figura 2 traz grafado de forma diferenciada os processos elementares que o compõe. Tal representação indica que processos de fabricação de fertilizantes, defensivos agrícolas e solventes estão descartados para efeito da presente ACV. Ou seja, apenas os materiais gerados desses processamentos serão considerados para efeito da presente análise, não importando assim, as cargas ambientais que os mesmos venham a aportar ao atendimento da função de fritas batatas com óleo de soja por ocasião de suas produções. As exclusões de aspectos ambientais e processos elementares deverão ser suportadas por justificativas técnicas.

Vale destacar, por fim, que para a presente situação foram também desconsiderados Bens de Capital relacionados ao sistema de produto. O produto da coleta de dados para a produção de 1t de óleo de soja aparece representado na Tabela 1.

<u>PROCESSO ELEMENTAR</u> ASPECTO AMBIENTAL	Produção de soja (t grãos)	Geração de vapor (t vapor)	Geração de eletricidade (kWh)	Fabricação de óleo (t óleo)	Transporte (15t.km)
Energia (GJ)	0,58	3,45	0,00908		0,00857
Gas Carbonico (kg)	45,3	162	0,625		0,81
Monoxido de Carbono (kg)	0,01	0,04	0,000029		0,002
Hidrocarbonetos (kg)	0,0046	2,0	0,000053		0,0013
Oxido de Nitrogenio (kg)	0,071	0,5	0,000012		0,012
Oxido de Enxofre (kg)	0,32	0,14	0,000078		0,00088
Nitrogenio (kg)	3,0				
Fosforo (kg)	1,5				
Defensivos agricolas (kg)	13,65				
Hexano (kg)				3,0	

Tabela - Bruta de Valores da ACV para Óleo de Soja

Fonte: SILVA & KULAY (2003)

Uma análise dos dados contidos na Tabela 1, denominada Tabela Bruta de Valores, permite determinar o valor totalizado de qualquer dos aspectos ambientais envolvidos na produção do óleo de soja. Para o caso do dióxido de carbono – CO₂, por exemplo, um leitor desatento poderia inferir que este valor corresponde a 208, 735 kg. A adoção dessa prática, no entanto, consiste em erro conceitual.

Observando o método de totalização empregado para determinar a emissão de CO₂ do sistema de produto em questão, agora, porém, segundo outra ótica,

(Σ)	↓	45,3	kg CO ₂ /t soja
		162	kg CO ₂ /t vapor
		0,625	kg CO ₂ /kWh
		0,81	kg CO ₂ /15t.km
		208,735	kg CO ₂ / ????????

seria possível notar que a mera somatória das emissões de CO₂ dos diversos processos elementares que integram o sistema de produto gera um valor sem significado físico, já que cada valor de parcela individual foi estabelecido em unidade diferente.

Assim, para saber o quanto de fato, o processamento de óleo de soja aporta ao meio ambiente em termos de CO₂ nas condições presentes, será necessário estabelecer

uma base comum. Esta corresponde ao fluxo de referência, definido *a priori* na etapa de Definição de Objetivos e Escopo da ACV (SILVA & KULAY, 2008).

O estabelecimento do fluxo de referência se inicia pela identificação da função para a qual o bem em análise será avaliado. Para o caso presente, como já enunciado, esta consiste de “fritar batatas”. A partir disso, defini-se a unidade funcional; ou seja, um valor arbitrário do exercício da função. Para o caso presente esta poderia ser: “Fritar 2500 kg de batatas”.

Por fim, deve-se empreender levantamento de campo baseado em experimentação de caráter estatístico com propósito de determinar o desempenho técnico do produto no exercício da função selecionada. Hipoteticamente este poderia ser:

$$\text{Coeficiente de Desempenho Técnico} = C_1 = \frac{2,5 \text{ t batatas}}{1000 \text{ kg óleo de soja}}$$

De posse desses dados será possível calcular o fluxo de referência:

$$\begin{aligned} \text{Fluxo de Referência (= FR)} &= \frac{\text{Unidade Funcional}}{\text{Coeficiente de Desempenho Técnico}} = \frac{\text{UF}}{C_1} = \frac{2500 \text{ kg batata}}{\left(\frac{2,5 \text{ t batatas}}{1000 \text{ kg óleo soja}} \right)} \end{aligned}$$

$$\text{Fluxo de Referência} = \text{FR} = 1000 \text{ kg óleo de soja}$$

Concluída essa digressão metodológica, a emissão atmosférica total de CO₂ associada à produção de óleo de soja será calculada considerando-se todos os subsistemas e processos elementares envolvidos no processamento de 1 t do produto.

De acordo com os dados da Tabela 1, a produção de 1,0 t de grãos emite 45,3 kg CO₂. Assim, é preciso conhecer o consumo de grãos de soja necessário para a produção de 1,0 t de óleo de soja. Para tanto, vale retornar aos registros feitos pela coleta dos dados observando o resultado dos levantamentos efetuados junto à produção de óleo de soja – etapa industrial do sistema deste produto. Este aparece indicado a seguir na Figura 3.

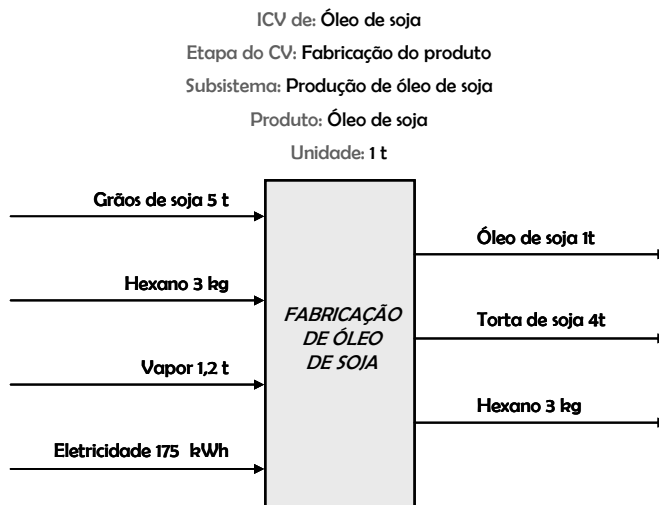


Figura 3 – Processo Elementar de “Produção de Soja”

Fonte: Adaptado de SILVA & KULAY (2003)

Pelo exposto na Figura 3 nota-se que para as condições processuais consideradas na elaboração do modelo são consumidas 5,0 t grãos de soja/ t óleo.

Dada a correlação, é então possível definir um fator de conversão capaz de expressar o consumo de recursos e a geração de rejeitos da produção de grãos de soja, em termos de óleo:

$$\text{Fator de Conversão} = F_1 = \frac{5 \text{ t grãos de soja}}{1 \text{ t óleo de soja}}$$

A parcela emissão de CO₂ imputada ao óleo de soja pela produção de grãos será:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ para óleo de soja referente à etapa agrícola} = \frac{\text{Emissão de CO}_2}{\text{t grãos de soja}} \times F_1$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ para óleo de soja referente à etapa agrícola} = \frac{45,3 \text{ kg CO}_2}{\text{t grãos de soja}} \times \frac{5 \text{ t grãos de soja}}{1 \text{ t óleo de soja}} = 226,5 \frac{\text{kg CO}_2}{1 \text{ t óleo de soja}}$$

A determinação de fatores de conversão ao fluxo de referência pode ser repetida para todos os demais materiais utilizados para a produção do produto em estudo.

Para completar a relação de provedores de aspectos ambientais ao processamento do óleo de soja falta ainda considerar o processo elementar de transporte de grãos entre a área agrícola e a unidade industrial. Observem-se para tanto os dados coletados para tal atividade, indicados a seguir na Figura 4.

O transporte apresenta características diferentes daquelas expressadas pelos processos elementares analisados até o momento, já que os aspectos ambientais referentes a essa ação foram contabilizados em uma unidade que relaciona quantidade transportada e distância. No caso específico do transporte de grãos, esta corresponde a “15 t . km”.

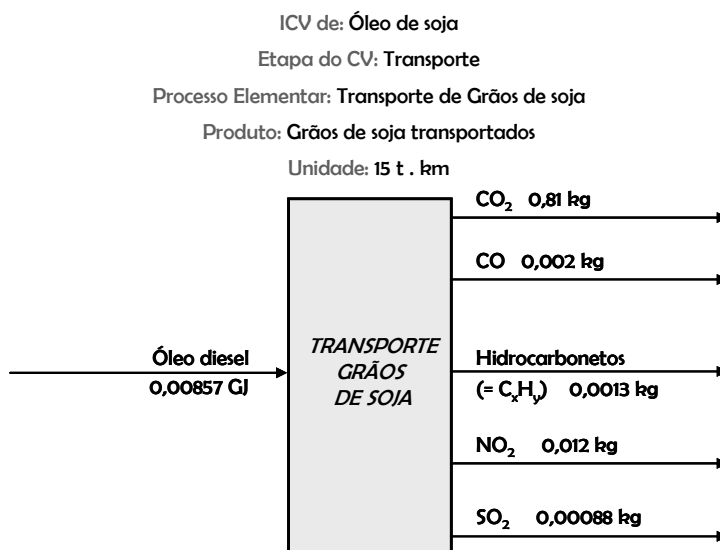


Figura 4 – Processo Elementar de “Transporte de grãos”

Fonte: Adaptado de SILVA & KULAY (2003)

A interpretação desse valor faz concluir que o consumo de óleo diesel e as emissões atmosféricas associadas à ação decorrem do transporte de 15 t de material por 1 km de trajeto.

Dado o quadro, além das condições operativas em que o transporte ocorre, deve-se conhecer a quantidade efetiva de carga transportada e a distância percorrida para estabelecer o fator de conversão dessa etapa.

Como a produção de 1 t de óleo de soja se dá a partir de 5 t de grãos de soja e, supondo que a distância média entre a zona agricultável a planta industrial seja de 200 km, vem:

Fator de Conversão = $F_t =$ Condições para a situação em estudo = 5 t grãos soja . 200 km

Condições da coleta de dados 15 t . 1 km

Ou seja,

$$F_t = \frac{66,7 \text{ t grãos soja} \cdot \text{km (fazenda – fábrica)}}{\text{t} \cdot \text{km (quaisquer)}}$$

Assim, emissão total de CO₂ associada à produção de 1,0 t de óleo de soja será dada pela somatória das contribuições individuais de processo elementar que integra o sistema de produto ajustadas pelos respectivos fatores de conversão. A Tabela 2 apresenta de maneira resumida esse raciocínio.

Etapa Sistema de Produto	Emissão CO ₂	Unidade	Fator de Conversão	Unidade	Total por etapa	Unidade
Produção de grãos de soja	45,3	kg / t grão soja	5	t grão soja <u>t óleo soja</u>	226,5	kg CO ₂ <u>t óleo</u>
Geração de vapor	162	kg / t vapor	1,2	<u>t vapor</u> t óleo soja	194,4	kg CO ₂ <u>t óleo</u>
Geração de eletricidade	0,625	kg / kWh	175	<u>kWh</u> t óleo soja	109,4	kg CO ₂ <u>t óleo</u>
Produção do óleo de soja	0,0	kg / t óleo soja	1	<u>t óleo soja</u> t óleo soja	0,0	kg CO ₂ <u>t óleo</u>
Transporte	0,81	kg / (15 t x km)	66,7	(15 t x km) <u>t óleo soja</u>	54,0	kg CO ₂ <u>t óleo</u>
Total Geral	-	-	-	-	584,3	kg CO ₂ <u>t óleo</u>

Tabela 2 – Cálculo da emissão de gás carbônico para produção de 1 t de óleo de soja

A extensão do tratamento dispensado ao dióxido de carbono aos demais aspectos ambientais do sistema de produto do óleo de soja, permite conhecer, o Perfil Ambiental do

<u>PROCESSO ELEMENTAR</u> ASPECTO AMBIENTAL	Produção de soja (t oleo)	Geração de vapor (t oleo)	Geração de eletricidade (t oleo)	Fabricação de oleo (t oleo)	Transporte (t oleo)
Energia (GJ)	2.9	4.1	1.6		0.57
Gas Carbonico (kg)	227	194	109		54
Monoxido de Carbono (kg)	0.05	0.048	0.005		0.13
Hidrocarbonetos (kg)	0.023	2.4	0.009		0.087
Oxido de Nitrogenio (kg)	0.36	0.6	0.0021		0.80
Oxido de Enxofre (kg)	1.6	0.17	0.014		0.059
Nitrogenio (kg)	15				
Fosforo (kg)	8				
Defensivos agricolas (kg)	68				
Hexano (kg)				3	
Fatores de Conversão	5	1.2	175	1	66.7

bem de consumo em análise no nível de ICV. Esse resultado é apresentado na Tabela 3, que dada a condição passa a se chamar Tabela de Valores Ajustados ao Fluxo de Referência.

Tabela 3 – Tabelas de Valores Ajustados ao Fluxo de Referência: produção de óleo de soja

Fonte: SILVA & KULAY (2003)

A construção da Tabela de Valores Ajustados ao Fluxo de Referência conclui a fase inicial do Tratamento de Dados de um ICV. Para certos casos, tal procedimento se esgota com essa operação. No entanto, em outros, praticante da ACV se depara com um contexto peculiar.

Ao longo do ciclo de vida de um produto podem ocorrer processos elementares a partir dos quais são gerados mais do que um produto. Alguns desses produtos poderão ser utilizados no sistema de origem para a manufatura de outros produtos caracterizando assim Reciclagem Interna. Entretanto, há situações nas quais produtos de mesmo processo elementar podem atravessar as fronteiras do sistema de produto em análise, para serem aproveitados por outros sistemas produtivos, em ações de Reciclagem Externa. A essas correntes de matéria ou de energia dá-se o nome de subprodutos.

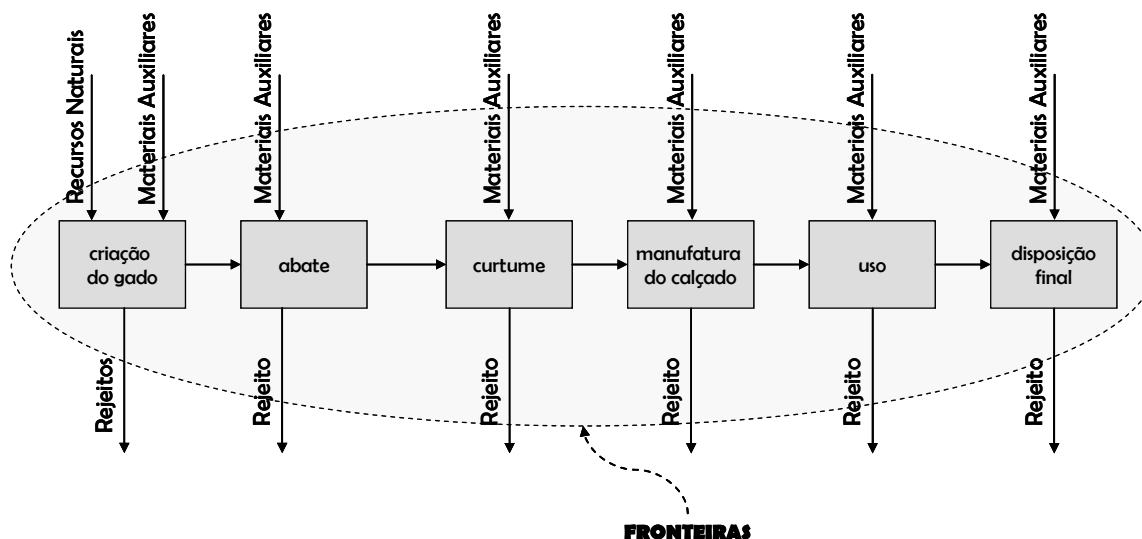


Figura 5 – Sistema de Produto de um calçado de couro

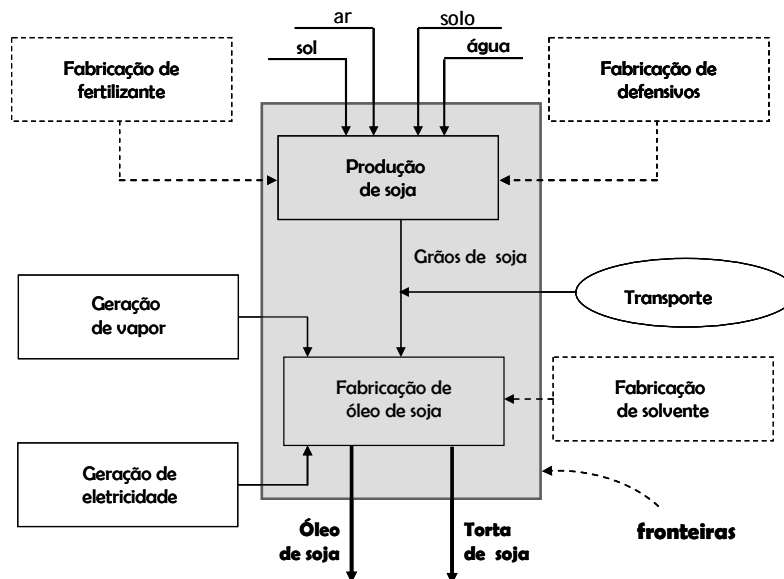
Fonte: SILVA & KULAY (2009)

Conceitualmente, o fato de correntes materiais poderem ser aproveitadas em outros sistemas antrópicos faz com que as mesmas não sejam classificadas como rejeitos. Dadas as suas características, ao atravessarem as fronteiras do sistema de produto em estudo, esses bens passarão a ocupar a condição de materiais auxiliares nos referidos processos produtivos, fato que os eleva à categoria de subprodutos do sistema de produto de origem.

Quando ocorre geração de subprodutos em que se caracterize Reciclagem Externa faz-se necessário efetuar uma alocação (SILVA & KULAY, 2009).

O procedimento de alocação baseia-se em essência no uso de critérios que permitam ponderar entre os produtos gerados em um sistema antrópico, cargas ambientais decorrentes do consumo de recursos e da geração de rejeitos acumuladas até o momento da obtenção desses bens. Sempre que possível recomenda-se empregar critérios baseados em parâmetros físicos. Dentre estes, destaca-se o Critério Mássico a partir do qual todas as correntes que caracterizam aspectos ambientais de entrada e saída do sistema de produto serão repartidas entre os produtos dele obtidos segundo o percentual mássico de contribuição de cada um.

Neste contexto para a produção do óleo de soja, admita-se que além desse último, seja também obtida a partir do seqüenciamento de ações antrópicas certa quantidade de torta de soja uma matéria prima de uso recorrente como carga na indústria de alimentos. A Figura 6 representa a situação.



Fonte: Adaptado de SILVA & KULAY (2003)

Figura 6 – Alocação no Sistema de Produto da Produção de óleo de Soja

Supondo que a obtenção de 1,0 t de óleo de soja ocorra concomitantemente à de 4,0 t de torta, os fatores para a alocação de cargas ambientais para ambos os produtos calculados a partir do critério de massa serão:

$$\text{Fator de Alocação óleo de soja} = \frac{M_1}{\text{massa de óleo} + \text{massa de torta}} = \frac{1}{1 + 4} = 0,20$$

$$\text{Fator de Alocação torta de soja} = \frac{M_2}{\text{massa de óleo} + \text{massa de torta}} = \frac{4}{1 + 4} = 0,80$$

Além de massa, há outras características físicas associadas aos produtos que podem ser usadas para efeito alocação de cargas ambientais. São elas: quantidade de matéria, energia interna, entalpia, calor de reação, entre outros. A opção pelo critério a ser empregado irá depender das circunstâncias em que os produtos são aproveitados nos sistemas antrópicos para onde seguem após deixar o sistema de produto em estudo (ABNT ISO 14040, 2009).

Quando não for possível fazer uso de critério físico, a alocação pode ser conduzida com base no critério econômico. A opção por esse recurso predispõe a introdução de duas considerações antagônicas.

Por um lado, o critério de econômico é capaz de expressar o “valor” que o ser humano atribui a determinado bem – o que se configura em vantagem no sentido de reduzir o grau de incerteza gerado por sua aplicação. Por outro, esse “valor” irá flutuar consideravelmente em razão de fatores externos de fundo mercadológico tais como demanda, oferta, e estoque, o que resulta em desvantagem para os mesmos fins (SILVA & KULAY, 2006).

Dessa análise resulta o motivo pelo qual, caso o praticante da ACV tenha de fato que lançar mão de critérios de alocação, que estes sejam preferencialmente de ordem física.

A alocação por valor econômico na produção de óleo de soja predispõe levantamento de valores comerciais desses gêneros junto a organizações de reputação abalizada. Considere-se hipoteticamente que, para o contexto, pesquisa realizada junto a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) indicasse estar o óleo de soja sendo comercializado ao valor de 540,00 US\$/t; e a torta de soja a 180,00 US\$/t. Se à produção de uma tonelada de óleo de soja estão associadas 4 t de torta:

$$\text{Fator de Alocação óleo de soja} = E_1 = \frac{\text{massa óleo} \times \text{valor unitário óleo}}{[(\text{massa óleo} \times \text{valor unitário óleo}) + (\text{massa torta} \times \text{valor unitário torta})]}$$

$$\text{Fator de Alocação óleo de soja} = E_1 = \frac{1 \text{ t} \times 540,00 \text{ US\$/t}}{[(1 \text{ t} \times 540,00 \text{ US\$/t}) + (4 \text{ t} \times 180,00 \text{ US\$/t})]} = \frac{540}{1260} = \frac{3}{7}$$

Da mesma forma, para a torta de soja:

$$\text{Fator de Alocação torta de soja} = E_2 = \frac{\text{massa torta} \times \text{valor unitário torta}}{[(\text{massa óleo} \times \text{valor unitário óleo}) + (\text{massa torta} \times \text{valor unitário torta})]}$$

$$\text{Fator de Alocação torta de soja} = E_2 = \frac{4 \text{ t} \times 180,00 \text{ US\$/t}}{720} = 4$$

$$1260 = \frac{[(1 \text{ t} \times 540,00 \text{ US\$/t}) + (4 \text{ t} \times 180,00 \text{ US\$/t})]}{7}$$

Nesse contexto cabe questionar qual dos critérios – de massa ou valor econômico – seria mais adequado para a condução do estudo de ACV da produção do óleo de soja.

A norma ABNT NBR ISO 14040:2006 determina que o processo de seleção para este caso ocorra de maneira criteriosa, transparente e registrável a fim de que futuramente, durante a Interpretação dos resultados da ACV, a pertinência da opção e mecânica de cálculo sejam analisadas por um avaliador. Chega-se assim a conclusão que muito embora a aplicação de critérios de alocação possa alterar os resultados de dois estudos de ACV conduzido de forma idêntica, em ambos os casos seus realizadores estarão corretos de acordo com os elementos da norma vigente para arbitrar tal procedimento. Dado o caráter subjetivo da alocação, a norma ABNT NBR ISO 14040:2006 sugere que a alocação seja adotada apenas em casos extremos. Ou seja, antes de ponderar o uso de critérios de alocação, o praticante deve procurar evitar situações em que os mesmos devam fatalmente ser usados. De qualquer forma, a Tabela 4 apresenta o efeito da alocação por valor econômico sobre a Tabela de Valores Ajustados ao Fluxo de Referência da produção de óleo de soja.

<u>PROCESSO ELEMENTAR</u> ASPECTO AMBIENTAL	Produção de soja (t oleo)	Geração de vapor (t oleo)	Geração de eletricidade (t oleo)	Fabricação de oleo (t oleo)	Transporte (t oleo)
Energia (GJ)	1.2	1.8	0.68		0.24
Gas Carbonico (kg)	97	83	47		23
Monoxido de Carbono (kg)	0.021	0.021	0.0022		0.057
Hidrocarbonetos (kg)	0.01	1.0	0.0040		0.037
Oxido de Nitrogenio (kg)	0.15	0.26	0.00090		0.34
Oxido de Enxofre (kg)	0.69	0.072	0.0059		0.025
Nitrogenio (kg)	6.4				
Fosforo (kg)	3.2				
Defensivos agricolas (kg)	29				
Hexano (kg)				1.29	
Fatores de Conversão	5	1.2	175	1	66.7
Fatores de Alocação	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43

Tabela 4 – Tabela de Valores Consolidados**Fonte:** SILVA & KULAY (2003)

O produto da etapa de elaboração de ICV consiste de relação de aspectos ambientais quantificados. A partir deste será possível dar seguimento ao estudo de ACV realizando a Avaliação dos Impactos Ambientais potenciais associados ao produto ou serviço sob análise pela técnica.

5. CONCLUSÕES

A elaboração do Inventário de Ciclo de Vida de um produto ou serviço depende do estabelecimento de condicionantes e premissas. Por um lado essa atividade mostra-se árdua em termos operacionais, e até insólita, por conferir ao estudo caráter de ‘pseudo imprecisão’ – por exemplo, como a aplicação de fatores de alocação. O termo pseudo aqui empregado faz-se explicar no fato de o procedimento de alocação estar formal e legitimamente previsto nas normas documentais que orientam a elaboração de estudos de ACV. No entanto, tal como se sabe, esta inclusão aporta compulsoriamente um viés subjetivo à técnica.

Por outro, é também a partir da construção do ICV que será possível tomar decisões e efetuar análises que visem melhorar o desempenho do cumprimento de funções associadas a esses mesmos produtos e serviços.

Ou seja: já nesse ponto do desenvolvimento da ACV é possível exercitar a Sustentabilidade Ambiental na essência do termo.

Por conta de tudo isso, será de fundamental importância que o modelo criado durante a elaboração do ICV para retratar do fenômeno físico esteja efetivamente próximo – na medida que for possível – de sua condição real.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR ISO 14040:2006. “Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura”. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR ISO 14044:2009. “Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações”. Rio de Janeiro, 2009.

BAUMANN, H. & TILLMAN, A. “The Hitch Hiker’s – Guide to LCA”. Lund, 2004.

CURRAN, M. A. Environmental Life Cycle Assessment. New York: McGraw Hill, 1996.

FAVA, J. A. A technical framework for life-cycle assessments. Washington, D.C., Society of Environmental Toxicology and Chemistry: SETAC Foundation for Environmental Education, Vermont, 1991. 134 p.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Environmental management – Life cycle assessment: Principles and framework – ISO 14040. Genebra: 2006.

JENSEN, A. (coord.). Life-Cycle Assessment (LCA): A guide to approaches, experiences and information sources. Copenhagen: Report to the European Environmental Agency, 1997.

REBITZER, G. (coord.) Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment Internacional*, 30, pp. 701-720, 2004.

SILVA, G. A.; KULAY, L. Notas de aula. Disciplina: Avaliação do Ciclo de Vida. Programa de Educação Continuada em Engenharia – PECE. Escola Politécnica – USP. 2009.

_____. Notas de aula. Disciplina: Avaliação do Ciclo de Vida. Programa de Educação Continuada em Engenharia – PECE. Escola Politécnica – USP. 2008.

_____. Notas de aula. Disciplina: Avaliação do Ciclo de Vida. Programa de Educação Continuada em Engenharia – PECE. Escola Politécnica – USP. 2006.

_____. Notas de aula. Disciplina: Avaliação do Ciclo de Vida. Programa de Educação Continuada em Engenharia – PECE. Escola Politécnica – USP. 2005.

_____. Notas de aula. Disciplina: Avaliação do Ciclo de Vida. Programa de Educação Continuada em Engenharia – PECE. Escola Politécnica – USP. 2003.

SILVA, G. A., YOKOTE, A. Y. e RIBEIRO, P. H. Desenvolvimento de banco de dados brasileiro para avaliação de ciclo de vida”. *Global Conference – Building a sustainable world*. São Paulo, 2002.

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY. *Guidelines Life-cycle Assessment: A “Code of Practice”*. Brussels: SETAC. 1993.

SONNEMAN, G.: *Environmental damage estimations in industrial process chains – Methodology development with case study on waste incineration and special focus on*

human health. Tese (doutorado) - Tarragona. 332p. Universitat Rovira i Virgili – Espanha. 2002.

UDO DE HAES, H. A.; ROOIJEN, M. V. Life cycle approaches: The road from analysis to practice. France: United Nations Environment Program me/Life Cycle initiative,