

Avaliação do Ciclo de Vida de tecnologias agroindustriais

Maria Cléa Brito de Figueirêdo

Morsyleide de Freitas Rosa

Armando Caldeira-Pires

Suetônio Mota

Introdução

Segundo a Resolução Conama nº 1, de 17/2/86, “impacto ambiental” é

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultantes das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986)

A realização da avaliação de impactos ambientais (AIA) é preconizada pela legislação brasileira para a avaliação de projetos de desenvolvimento em diversas áreas. O Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (EIA-Rima) é o instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei Federal nº 6.938, de 31/8/1981 (BRASIL, 1981), adotado para a AIA de projetos, visando prover os tomadores de decisão com informações acerca dos possíveis impactos ambientais de determinado projeto, alternativas para sua realização e medidas mitigadoras dos impactos relacionados.

Embora tenha sido focada na avaliação de projetos de desenvolvimento, a AIA é uma ferramenta de aplicação mais ampla, visando à tomada de decisões referentes à gestão ambiental – por exemplo, de atividades agrícolas e agroindustriais –, bem como à análise de impactos inerentes a tecnologias (processos e produtos). Tais avaliações podem auxiliar pesquisadores e instituições de pesquisa em análises, antes da difusão e da adoção de tecnologia (*ex-ante*), permitindo alterações no design de produtos e processos tecnológicos, de forma a torná-los mais eficientes na utilização dos recursos naturais, menos poluentes, economicamente rentáveis e mais apropriados às

características sociais e ambientais do local onde a tecnologia será utilizada (RODRIGUES, 1998). A AIA também pode e deve ser utilizada em avaliações *ex-post*, com o objetivo de acessar as reais alterações ambientais advindas com a adoção da tecnologia, contribuindo com o processo de melhoria contínua das tecnologias.

A importância de considerar o conceito de ciclo de vida na avaliação de impactos ambientais de tecnologias agroindustriais reside no fato de permitir expandir o escopo de avaliação, uma vez que o impacto de uma tecnologia extrapola o local onde é adotada, permeando toda a cadeia produtiva em que está inserida, desde a produção da matéria-prima requerida pela tecnologia até o descarte final de produtos resultantes da sua adoção.

Nesse contexto, este capítulo apresenta o conceito e o modelo de Avaliação do Ciclo de Vida, segundo a série de normas NBR ISO 14040, e discute oportunidades e limitações do seu uso na avaliação do impacto de tecnologias agroindustriais.

Conceito de ciclo de vida

Até meados da década de 1990, a avaliação de impactos ambientais restringia-se a análises em unidades produtivas, que avaliavam alterações nos fatores ambientais (água, ar, solo e biota) decorrentes dos processos de produção. Entretanto, as discussões ocorridas em 1992 na formulação do 5º Programa de Ação Ambiental da União Europeia indicaram a necessidade de desenvolvimento e adoção de estratégias que promovessem uma atuação proativa da sociedade em relação às questões ambientais, concentrando esforços na prevenção dos problemas ambientais. Essa visão de atuação ambiental proativa instigou o debate na comunidade científica sobre a necessidade de considerar as questões ambientais relacionadas não somente a processos de produção, mas também a todo o ciclo de vida de produtos (FRANKL; RUBIK, 2000).

O conceito de ciclo de vida (*life cycle thinking*) liga um determinado produto a um fluxo de processos executados ao longo de uma cadeia produtiva e para além dela, abrangendo o consumo e o pós-consumo. Esse conceito instiga a análise das questões ambientais relacionadas a um produto nesse fluxo (Figura 1), ou seja, ao longo do seu ciclo de vida, e é adotado por pesquisadores, empresários e instituições governamentais e não governamentais, com o intuito de auxiliar a tomada de decisões sobre pesquisa, desenvolvimento, comercialização e disposição final de produtos e serviços, permitindo, assim, a expansão dos horizontes da AIA (FRANKL; RUBIK, 2000).

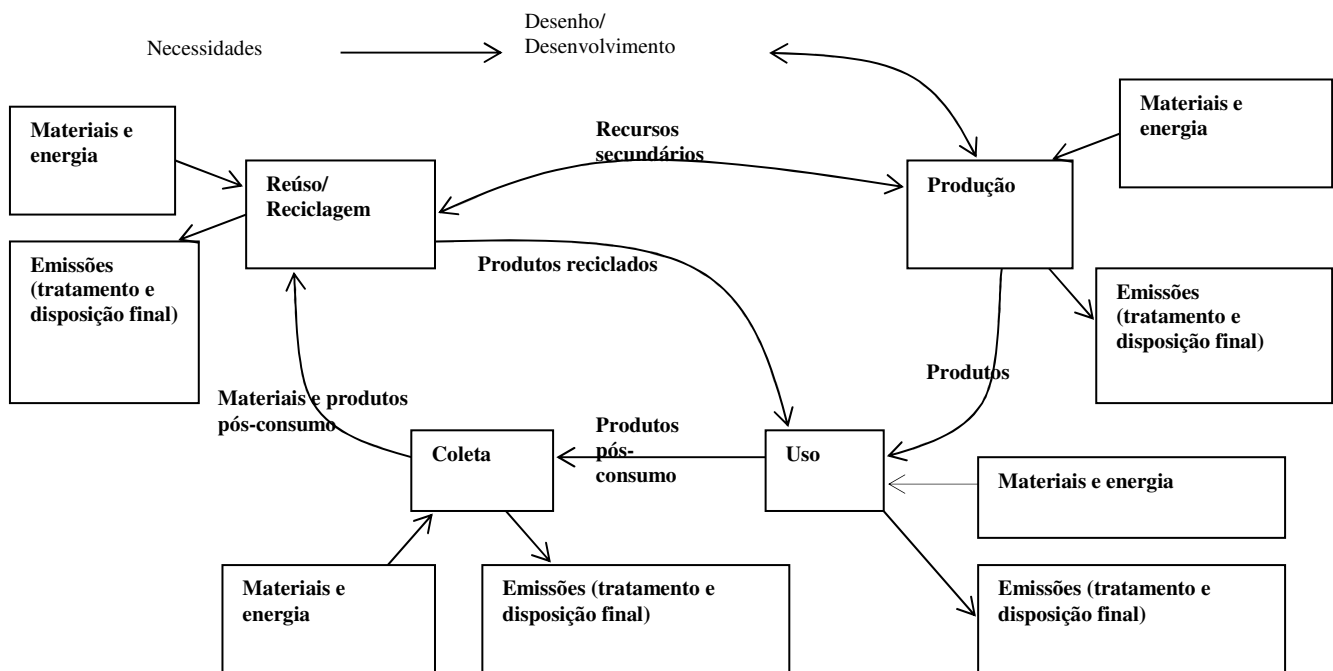


Figura 1. Etapas do ciclo de vida de um produto genérico.
 Fonte: Rebitzer et al. (2004).

Segundo Jensen e Remmen (2006), o principal objetivo do conceito de ciclo de vida é reduzir o consumo de materiais e as emissões relacionados às várias etapas de geração e de descarte de um produto, além de fomentar o desempenho socioeconômico em cada etapa. Para tanto, essa avaliação requer o uso de modelos e métodos que facilitem a integração de aspectos socioeconômicos e ambientais nessa perspectiva ampla de avaliação.

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

Buscando operacionalizar o conceito de ciclo de vida, muitos métodos têm sido desenvolvidos no intuito de avaliar os impactos ambientais de produtos, entre os quais destacam-se: a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a Avaliação Social do Ciclo de Vida do Produto (Social Life Cycle Assessment – SLCA) e o Custo do Ciclo de Vida (Life Cycle Costing – LCC). A metodologia ACV, a única que possui normas estabelecidas pela Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization – ISO), será analisada detalhadamente, a seguir. A SLCA é uma metodologia que analisa as questões sociais relacionados a cadeia produtiva e de consumo de um produto (BENOÎT, 2010). O LCC busca avaliar o custo total relacionado ao ciclo de vida de um produto (REBITZER et al., 2004).

Segundo a norma ISO 14040 (ABNT, 2009a), a ACV busca acessar os aspectos e os impactos ambientais de produtos por meio de: a) compilação de um inventário de entradas e saídas em uma cadeia produtiva, acrescida das etapas de consumo e pós-consumo; b) avaliação dos impactos ambientais potenciais associados com as entradas e saídas; e c) interpretação dos resultados da análise em relação aos objetivos do estudo (Figura 2). Uma avaliação completa inclui o ciclo de vida inteiro do produto, compreendendo extração e processamento de matérias-primas, manufatura, transporte, distribuição, uso, reúso, manutenção, reciclagem e disposição final do produto.

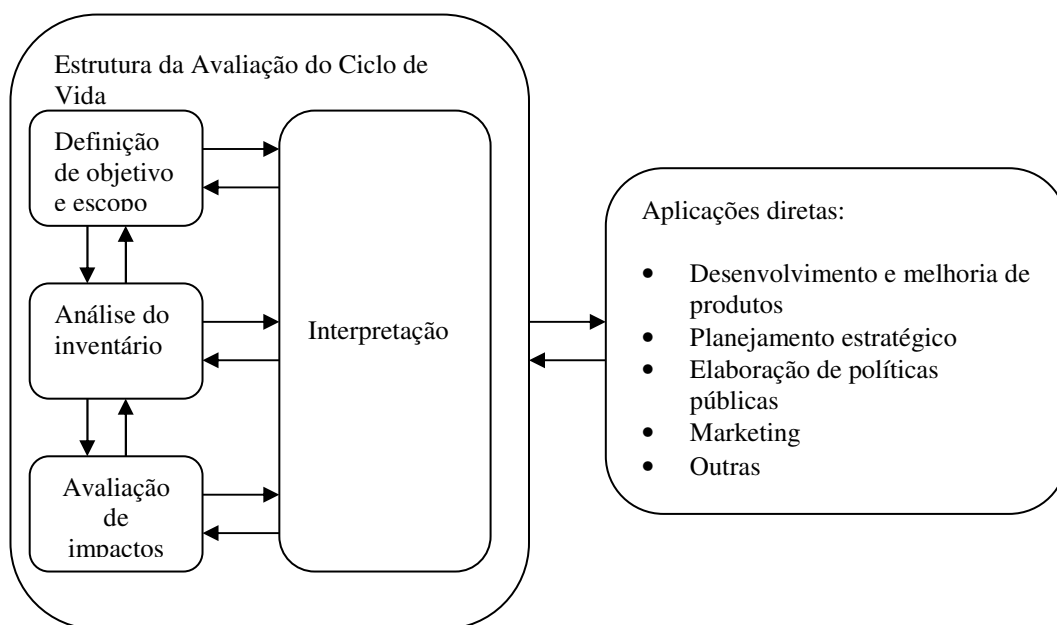


Figura 2. Fases de uma ACV, conforme ISO 14040.
Fonte: ABNT (2009a).

A série de normas NBR ISO 14040 estabelece os procedimentos necessários à condução de uma ACV. A norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a) contém os princípios gerais e explicita as etapas de uma ACV (Figura 2). Já a norma NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b) detalha a forma como realizar o planejamento da avaliação, o inventário dos consumos e das emissões, a avaliação de impactos potenciais das substâncias inventariadas e como interpretar os resultados de uma avaliação.

As normas da série ISO 14040 não são utilizadas para certificar produtos, como se dá com a norma ISO 14001, que permite a certificação do sistema de gestão ambiental de uma empresa. As normas ISO 14040 são utilizadas como referência quando do estudo dos impactos ambientais de produtos, por parte das empresas,

auxiliando, assim, na tomada de decisões sobre quais materiais e processos adotar na geração de um produto. Entretanto, em 2006, foi aprovada a norma ISO 14025, que estabelece princípios e procedimentos para a Rotulagem Tipo III de Produtos. De acordo com Chehebe (2002), a Rotulagem Ambiental Tipo III contém informações ambientais sobre o processo de fabricação de um produto, considerando o seu ciclo de vida. Esse tipo de rotulagem requer certificação por terceiros e, segundo a norma ISO 14025, deve ser adotada a ACV conforme a metodologia estabelecida na série de normas ISO 14040. Recentemente, a publicação de normas internacionais relacionadas à pegada de carbono (exemplo: PAS 2050, Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, ISO 14067) e as discussões sobre a norma ISO 14046 para pegada hídrica impulsionaram o uso da ACV focada em determinada categoria de impacto ambiental, pelas empresas, especialmente as do setor agroindustrial.

Objetivo e escopo da avaliação

A norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a) apresenta o objetivo e o escopo do estudo, como aspectos que devem ser inicialmente contemplados para um eficaz planejamento da avaliação.

O objetivo de uma avaliação deve estabelecer a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e identificar o público-alvo.

Na definição do escopo, devem ser estabelecidos os seguintes requisitos:

- A função ou serviço desempenhado pelo produto, quantificada(o) pela unidade funcional e pelo fluxo de referência. A função de uma tecnologia, ao ser utilizada, é o seu objetivo ou serviço prestado. A unidade funcional é uma medida da função de um produto, permitindo que o seu desempenho ambiental seja avaliado com base em uma medida padrão de referência. O fluxo de referência é a quantidade de material, produto ou resíduo resultante de cada etapa do ciclo de vida que é necessária para atender à unidade funcional estabelecida. Exemplificando: tecnologias agroindustriais podem ter como função aumentar a produtividade agrícola, conservar recursos naturais, aumentar a vida de prateleira de alimentos, agregar valor a materiais, aumentar o teor nutritivo de alimentos e reduzir os riscos de contaminação de alimentos. Tecnologias que possuem uma mesma função podem ser comparadas com a definição de uma unidade funcional, ou seja, uma medida que quantifique sua função. Uma máquina extratora de água de coco-verde, por exemplo, tem como

função extrair, com rapidez, a água do coco. Em um estudo de ACV, pode-se utilizar a seguinte unidade funcional para a realização do levantamento de dados: extração de 300 L de água de coco por minuto. Para essa unidade funcional, devem-se verificar a quantidade de coco-verde necessária para a extração especificada de água e a quantidade de coqueiros (ou área cultivada) necessários em um ciclo de produção, para a produção de coco, informações que integrariam o fluxo de referência.

- As fronteiras do sistema de avaliação, identificando-se inicialmente a cadeia produtiva na qual os fluxos de fabricação de um produto ocorrem, e definindo-se as etapas dessa cadeia, acrescidas das etapas de consumo e pós-consumo que serão incluídas no estudo.
- Os aspectos (consumos e emissões) e os impactos ambientais que serão contemplados no estudo. De acordo com levantamento realizado por Figueirêdo (2008) e Rodrigues et al. (2003), os principais impactos ambientais potenciais negativos associados às atividades agroindustriais são: perda da biodiversidade, erosão, compactação, salinização e sodificação do solo, acidificação do solo, contaminação ambiental por agrotóxicos e por resíduos sólidos, desertificação, escassez hídrica, poluição hídrica, mudança climática, depleção de recursos não renováveis e contaminação de alimentos pelo uso de aditivos.
- Os requisitos de qualidade dos dados relacionados à cobertura temporal, geográfica e tecnológica dos processos elementares em estudo.
- Os métodos de avaliação de impacto que serão utilizados, uma vez que há muitos métodos disponíveis na literatura (PENNINGTON et al., 2004).

Condução do inventário das substâncias com potencial de impactar o meio ambiente

Na realização do inventário, são levantadas todas as entradas e saídas dos processos relacionados a determinado produto, em cada etapa do ciclo de vida, que resulta em um levantamento quantitativo de matérias-primas, energia, insumos e emissões geradas, os quais serão alvo da avaliação de impacto ambiental. Todos os aspectos ambientais integrantes do inventário, em cada etapa analisada, são somados, gerando totais de retirada de recursos naturais e de emissões (REBITZER et al., 2004).

Para facilitar o inventário de entradas e saídas ao longo do ciclo de vida de produtos, foram desenvolvidos bancos de dados para países europeus e outras nações, que contêm essas informações para vários processos relacionados à produção de energia e matérias-primas, além de serviços, como transporte e distribuição de energia. Exemplos de bases de dados são o Ecoinvent (FRISCHKNETCHT, 2005) e a base de dados europeia (European Reference Life Cycle Database – ELCD) (EUROPEAN COMMISSION, 2012), que contêm inventários de alguns produtos agrícolas, principalmente os produzidos na Europa. A título de exemplo, a base de dados Ecoinvent contém inventários para as culturas de tomate, trigo, cevada, centeio, milho, fava, soja, ervilhas, girassol, colza e beterraba cultivadas na Suíça (NEMECEK; ERZINGER, 2005).

As bases de dados de inventários internacionais são restritas a alguns produtos e foram desenvolvidas considerando condições tecnológicas e socioambientais estrangeiras. Em virtude das especificidades das tecnologias de produção em uso em cada país, especialistas em ACV recomendam o desenvolvimento de bases de dados nacionais (HISCHIER et al., 2007). Em 2005, iniciaram-se no Brasil as discussões sobre a estruturação de uma base de dados brasileira para a prática da ACV. Em 2007, criou-se o primeiro inventário para a base de dados brasileira, relacionado à produção de energia (FERREIRA et al., 2007).

Avaliação do impacto de ciclo de vida (AICV)

Na etapa de avaliação de impactos ambientais, de acordo com a norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a), é realizada a classificação dos dados obtidos no inventário, em categorias de impacto, a caracterização dos dados e sua normalização, para a agregação em um índice final de impacto (Figura 3). A etapa de normalização não é obrigatória pela norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a).

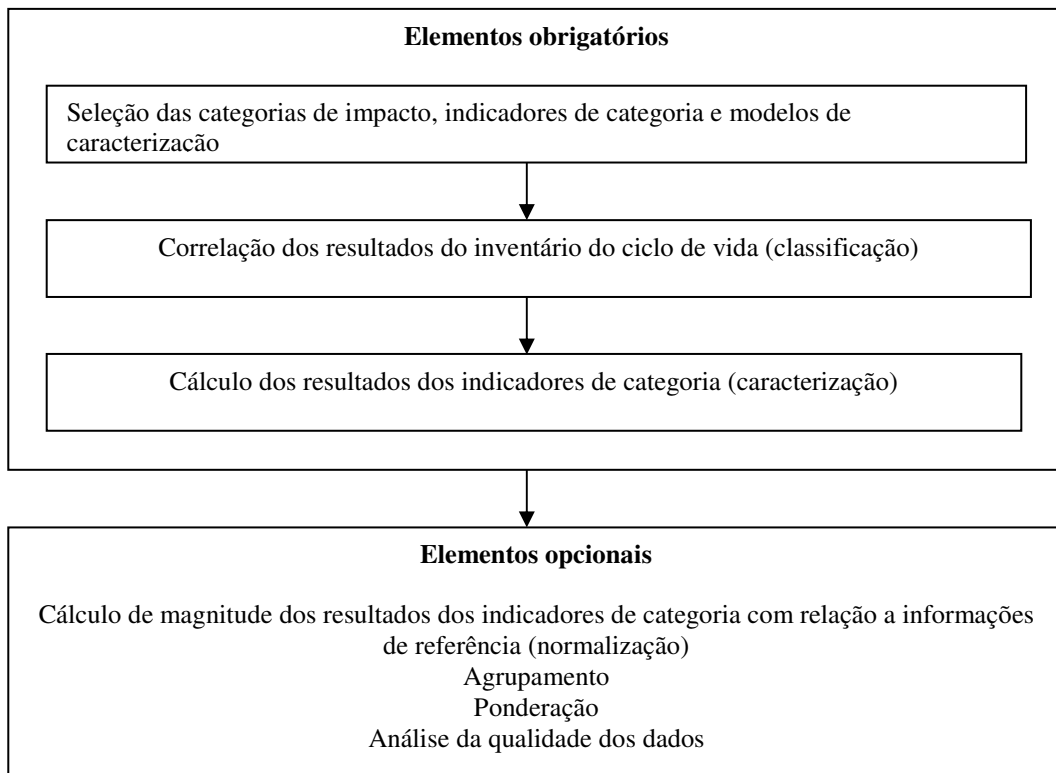


Figura 3. Elementos da etapa de avaliação de impacto na ACV.
 Fonte: ABNT (2009a)

A classificação relaciona cada emissão ou consumo com uma ou várias categorias de impacto ambiental. Às entradas do inventário estão associadas as categorias de impacto de uso da terra, escassez hídrica e extração dos recursos naturais. As saídas estão comumente associadas às seguintes categorias de impacto: mudança climática, depleção da camada de ozônio, toxicidade (efeitos cancerígenos na saúde humana, radiação ionizante, material particulado e ecotoxicidade aquática), formação de ozônio fotoquímico, acidificação terrestre e aquática, eutrofização terrestre e aquática (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

Métodos de caracterização são utilizados para quantificar o impacto ambiental. Como resultado da aplicação de métodos de caracterização, os consumos e as emissões inventariados e classificados para uma determinada categoria de impacto são ponderados por fatores que expressam a importância da substância na ocorrência da categoria de impacto. Esses fatores são estabelecidos analisando a cadeia de causa e efeito ambiental, podendo refletir em impactos intermediários (exemplos: eutrofização do solo, acidificação e mudança climática), ou finais (*endpoint*), relacionados ao dano causado à saúde humana, à qualidade dos ecossistemas e à depleção dos recursos naturais. Na avaliação de impacto intermediária, o resultado é expresso em termos de uma substância equivalente. A Figura 4 apresenta um exemplo de método de

caracterização para a categoria de impacto “acidificação”, avaliada de forma intermediária.

Podem-se apontar inúmeros métodos na literatura para a caracterização de substâncias em uma mesma categoria de impacto. Na AICV, métodos de caracterização utilizados na avaliação de um conjunto de categorias de impacto são geralmente agrupados e apresentados em pacotes metodológicos. Dois importantes pacotes metodológicos que permitem a avaliação de categorias tanto intermediárias quanto de dando ambiental são o Impact 2002+ (JOLLIET et al., 2003) e o ReCiPe (GOEDKOOPE; SPRIENSMA, 2000). O ReCiPe congregou dois importantes métodos anteriores: o CML (GUINÉE et al., 2001) e o Ecoindicator 99 (GOEDKOOPE; SPRIENSMA, 2000). Esses métodos foram desenvolvidos baseados nas condições ambientais europeias.

Os principais pacotes metodológicos disponíveis e as categorias de impacto que analisam estão apresentados na Tabela 1. As bases de dados que auxiliam na realização de inventários e os pacotes metodológicos de AICV estão inseridos em softwares comerciais que auxiliam na estruturação de estudos ACV, podendo-se citar o SimaPro, Umberto, GaBi, PEMS, Emis e Regis (FRISCHKNECHT, 2005).

Tabela 1. Categorias de impacto ambiental consideradas pelos principais pacotes metodológicos de AICV.

	TRACI	EDIP 2003	Ecoindicator 99	Impact 2002+	ReCiPe
Mudança climática	X	X	X	X	X
Depleção da camada de ozônio	X	X	X	X	X
Toxicidade humana	X	X	X	X	X
Formação foto oxidante	X	X	X	X	X
Poluição sonora		X	X	X	
Acidificação	X	X	X	X	X
Eutrofização	X	X	X	X	X
Ecotoxicidade	X	X	X	X	X
Uso da terra	X		X	X	X
Uso de energia fóssil	X		X	X	X

Extração de recursos minerais	X		X	X	X
Depleção hídrica					X

Fonte: TRACI (BARE et al., 2003), EDIP 2003 (POTTING; HAUSCHILD, 2005), Ecoindicator 99 (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2000), Impact 2002+ (JOLLIET et al., 2003) e ReCiPe (GOEDKOOOP et al., 2008).

A maioria dos métodos de caracterização presentes em pacotes metodológicos não considera as características ambientais dos locais onde ocorrem o consumo e a emissão, mas de regiões geográficas, em escala de país ou continente. Exemplificando, os modelos Ecoindicator 99 (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2000) e Impact 2002+ (JOLLIET et al., 2003) não utilizam fatores regionais de caracterização, na avaliação de impactos. O modelo TRACI (BARE et al. 2003) oferece fatores regionais de caracterização relativos a cada um dos Estados americanos, para as categorias de impacto eutrofização, acidificação e uso da terra. O modelo EDIP 2003 (POTTING; HAUSCHILD, 2005) oferece fatores de caracterização para cada país europeu, na avaliação das categorias de impacto eutrofização, acidificação, toxicidade humana e ecotoxicidade.

A consideração das características locais é de especial interesse na avaliação das categorias de impacto, cuja intensidade vai depender de características físicas, ecológicas e socioeconômicas do entorno das áreas de emissão e consumo de recursos naturais em uma ACV. As principais categorias de efeito local são acidificação, eutrofização, uso de terra, depleção hídrica e toxicidade (humana e ecológica).

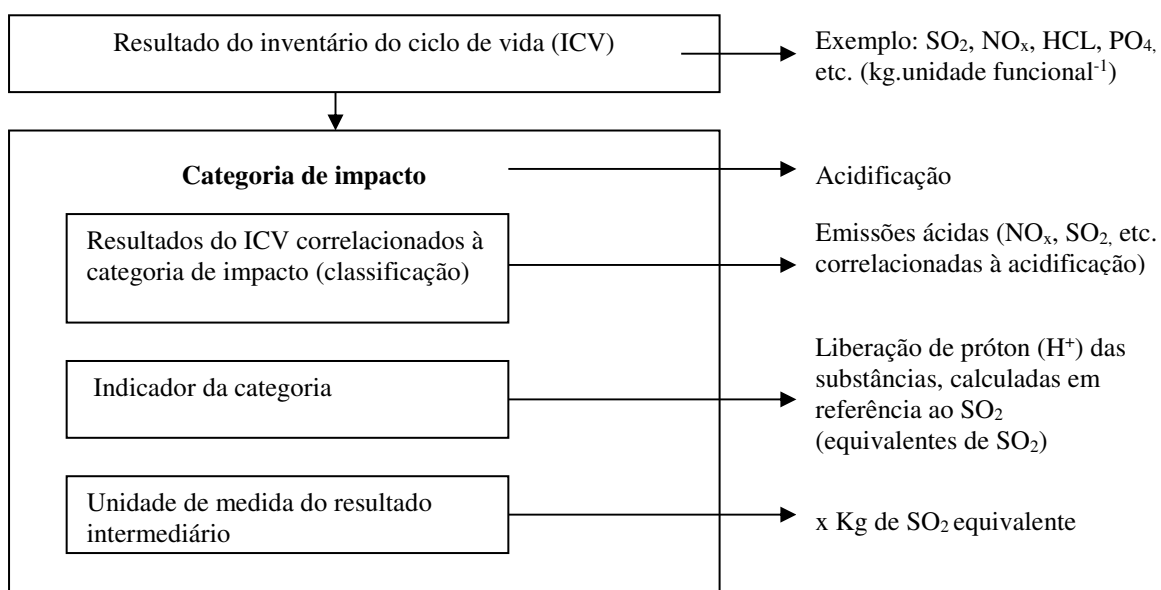


Figura 4. Exemplo de caracterização.

Fonte: ABNT (2009b).

Normalização e agregação das categorias de impacto em um índice final

O objetivo da normalização é melhorar a compreensão da magnitude dos impactos, que são expressos em diferentes unidades de medida (ABNT, 2006b). Para tanto, os resultados das categorias de impacto são divididos por um valor de referência. Esse valor geralmente representa o potencial de impacto, em cada categoria, de um local (país, continente, mundo) ou pessoa (BAUMANN; TILLMAN, 2004).

Na etapa de normalização, as unidades de medidas das categorias de impacto são convertidas em uma unidade adimensional, que permite a agregação dos resultados em um índice final de impacto. O primeiro passo para a agregação dos resultados é a atribuição de peso às categorias de impacto e a ponderação dos resultados normalizados das categorias de impacto. Em seguida, os resultados ponderados são adicionados, gerando-se o índice final de impacto ambiental.

Agrupamento das categorias de impacto

O agrupamento busca ordenar ou classificar as categorias de impacto em grupos, para que os resultados de uma avaliação possam ser mais facilmente interpretados por tomadores de decisão. A título de exemplo, agrupamentos são: impactos relativos a recursos e a emissões; impactos relativos a emissões que afetam o solo, a água, o ar e a biodiversidade; e impactos de interesse médio, alto e baixo. Este último exemplo é baseado em valores sociais de uma organização (ABNT, 2009b).

Buscando na literatura estudos de ACV relacionados à agropecuária, percebe-se que os trabalhos em sua maioria estão voltados para avaliações de determinadas culturas, como a ervilha e a fava (NEMECEK; ERZINGER, 2005), a colza, a soja e o óleo de palma (MATTSON et al., 2000) e o café, no caso do Brasil (COLTRO et al., 2006). Também inúmeros estudos estão voltados para produtos da pecuária, como carne de boi, de porco e de aves, e derivados do leite de vaca (AGROSCOPE RECKENHOLZ-TANIKON RESEARCH STATION, 2008). Estudos de tecnologias agroindustriais, como subsídio à pesquisa e ao desenvolvimento da área, ainda são escassos.

O modelo Ambitec-Ciclo de Vida: uma contribuição à inserção do conceito de ciclo de vida e da vulnerabilidade ambiental na avaliação de tecnologias agroindustriais

O modelo Ambitec-Ciclo de Vida busca contribuir com o desenvolvimento tecnológico agroindustrial sustentável, oferecendo uma sistemática de avaliação do desempenho ambiental de tecnologias agroindustriais que considera o conceito do ciclo de vida e a vulnerabilidade ambiental das regiões onde as tecnologias são inseridas (FIGUEIRÊDO et al., 2010a; FIGUEIRÊDO, 2010b). Esse modelo tem como referência o Sistema Ambitec-Agro de avaliação ambiental de tecnologias agroindustriais (RODRIGUES et al., 2003), atualmente adotado pela Embrapa, que avalia uma tecnologia em comparação com outra tecnologia, tendo como escopo de estudo a unidade produtiva usuária da tecnologia.

O Sistema Ambitec-Agro foi expandido com o auxílio da análise multicritério e da série de normas ISO 14040 relativas à análise de ciclo de vida, para contemplar outras etapas do ciclo de vida de tecnologias agroindustriais, quais sejam: produção da matéria-prima ou descarte do resíduo utilizado como matéria-prima, produção, uso e descarte final do produto. Em cada etapa, avaliam-se consumos e emissões com potencial de causar impactos relevantes, geralmente associados à atividade agroindustrial, anteriormente pontuados e levantados por Figueirêdo (2008) e Rodrigues et al. (2003).

Os consumos e as emissões com potencial de acarretar impactos em uma bacia hidrográfica, numa dada etapa da avaliação, são ponderados por um índice de vulnerabilidade da bacia onde a unidade produtiva ou de descarte está localizada. Esse índice é composto por um conjunto de indicadores que expressam a exposição de uma bacia, sua sensibilidade e a capacidade de resposta da sociedade local a pressões com potencial de gerar impactos ambientais relacionados à agroindústria. Os impactos ambientais considerados importantes no âmbito de bacias foram: perda da biodiversidade, erosão, compactação, salinização e sodificação do solo, acidificação do solo, contaminação ambiental por agrotóxicos e por resíduos sólidos, desertificação, escassez e poluição hídrica.

O modelo Ambitec-Ciclo de Vida foi estruturado em planilhas Excel e aplicado na avaliação do produto “substrato de coco-verde” (SCV) desenvolvido pela Embrapa Agroindústria Tropical, em comparação ao produto já comercializado, “substrato de coco seco” (SCS). A análise considerou as seguintes etapas do ciclo de vida: descarte de

cascas de coco, beneficiamento das cascas com a produção do substrato, uso do substrato na produção de mudas e de rosas da variedade Carola e descarte final do substrato para compostagem. Observou-se que, considerando os valores médios dos indicadores referentes aos consumos e às emissões, o desempenho do SCV foi superior ao do SCS em duas etapas do ciclo de vida (descarte de casca de coco e uso na produção de mudas) e inferior nas demais, revelando que melhorias no processo de produção desse substrato precisam ser adotadas para que seu desempenho possa sobrepujar o do SCS. Os resultados da aplicação do modelo apontam para a importância de avaliar o desempenho de uma tecnologia ao longo do seu ciclo de vida, para que os benefícios oriundos da sua aplicação possam ser observados para além do local onde é utilizada (FIGUEIRÊDO et al., 2010a).

Oportunidades e desafios da ACV de tecnologias agroindustriais

A análise de ciclo de vida é tema relevante nas discussões sobre como desenvolver produtos que contribuam para a redução das pressões ambientais e estejam alinhados com a busca do desenvolvimento sustentável (FRANKL; RUBIK, 2000; REBITZER et al., 2004). O conceito de ciclo de vida permite expandir a avaliação de desempenho ambiental de tecnologias agroindustriais para além do local onde a tecnologia é adotada, abrangendo toda uma cadeia produtiva, de consumo e pós-consumo. A análise isolada do desempenho de uma tecnologia em uma dada etapa do seu ciclo de vida pode levar à conclusão de que a tecnologia já se apresenta com reduzido impacto ambiental, não revelando pontos críticos em outras etapas do seu ciclo de vida os quais deveriam ser foco de aperfeiçoamento da pesquisa.

Os conceitos de função, unidade funcional e fluxo de referência da ACV permitem fazer uma avaliação comparativa de impactos entre as tecnologias, uma vez que, ao serem definidos, tornam mais evidentes as características das tecnologias que estão sendo comparadas para fins de avaliação ambiental. Sem essas definições, corre-se um risco maior, que é o de comparar tecnologias com funções pouco semelhantes e de levantar dados de consumo e de emissões para quantidades diferentes do produto final, conduzindo, assim, a uma interpretação equivocada dos resultados.

O uso da ACV como instrumento de auxílio no desenvolvimento de tecnologias agroindustriais é, porém, restrito, principalmente em virtude dos seguintes fatores: a) escassez de bases de dados que auxiliem a desenvolver inventários de emissões e consumos de atividades agroindustriais; b) falta de consenso sobre modelos de

avaliação de impacto de categorias relevantes para a agroindústria; c) ausência de fatores de caracterização para as regiões brasileiras; e d) ineditismo dos novos produtos e processos agroindustriais.

As bases de dados de inventário estão disponíveis para poucos produtos agrícolas e são baseadas em levantamentos realizados na Europa e nos Estados Unidos. Dessa forma, para facilitar a condução de inventários no Brasil, é preciso desenvolver bases de dados nacionais para produtos agroindustriais.

Com relação às categorias de impacto, métodos publicados para a consideração das alterações na qualidade do solo, relacionados à erosão, à compactação, à salinização e à sodificação do solo, ainda não estão implementados nos principais pacotes metodológicos. Ademais, os métodos de avaliação de impacto utilizam fatores de caracterização europeus (ReCiPe, Ecoindicator 99, EDIP 2003, Impact 2002+) ou americanos (TRACI) na avaliação de impacto ambiental, sendo necessária a realização de pesquisas para a definição de fatores de caracterização específicos às diversas regiões brasileiras.

O método Ambitec-Ciclo de Vida incorpora o conceito de ciclo de vida e é uma alternativa metodológica à ACV tradicional. Esse método permite estimar impactos locais sobre o solo, sobre a escassez hídrica e sobre a biodiversidade, embora utilize indicadores diferentes da ACV.

Com vista a contribuir com a adoção da ACV por organizações industriais e agrícolas nacionais, o Ministério de Ciência e Tecnologia e o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict) lançaram o projeto Inventário do Ciclo de Vida de Produtos no Brasil. Esse projeto tem como objetivo desenvolver e tornar disponíveis bases de dados nacionais que permitam a manutenção da competitividade industrial brasileira. O uso de base de dados nacionais permitirá estudos de ACV que reflitam a realidade dos processos nacionais de produção. Esses estudos são primordiais às certificações de produtos de acordo com a norma ISO 14025 ou outras normas que requeiram avaliação de impacto utilizando a ACV, conforme ISO 14040. A Embrapa participa dessa iniciativa, desenvolvendo bases de dados para o setor agroindustrial.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040. Rio de Janeiro: ABNT, 2009a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040. Rio de Janeiro: ABNT, 2009b.

AGROSCOPE RECKENHOLZ-TANIKON RESEARCH STATION. ART. Book of abstracts: toward a sustainable management of the food chain. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ASSESSMENT IN THE AGRI-FOOD SECTOR, 6., 2008, Zurich. Annals... Zurich: [s.n.], 2008.

BARE, J. C.; NORRIS, G. A.; PENNINGTON, D. W.; MCKONE, T. TRACI: the tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts. **Journal of Industrial Ecology**, [s.n.], v. 6, n. 3-4, p. 49-73, 2003.

BENOÎT, C.; NORRIS, G. A.; VALDIVIA, S.; CIROTH, A.; MOBERG, A.; BOS, U.; PRAKASH, S.; UGAYA, C.; BECK, T. The guidelines for social life cycle assessment of products: just in time! *International Journal of Life Cycle Assessment* v. 15, p. 156 – 163, 2010.

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1981. Disponível em: <www.ibama.gov.br/siucweb/unidades/legislacao/coletanea/lei6938.htm>. Acesso em: 2 out. 2006.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos**: ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

COLTRO, L.; MOURAD, A. L.; OLIVEIRA, P. A. P. L. V.; BADDINI, J. P. O. A.; KLETECKE, R. M. Environmental profile of Brazilian green coffee. **International Journal of Life Cycle Assessment**, Berlin, DE, v. 11, n. 1, p. 16-21, 2006.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 1, de 17 de fevereiro de 86. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

EUROPEAN COMMISSION. **ELCD core database version II**. 2012. Disponível em: <<http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetArea.vm>>. Acesso em: 11 set. 2012.

FERREIRA, S. R. L.; CALDEIRA-PIRES, A. A.; CASTANHO, C. D.; LAMB, C. M. S. R.; BRASHER, M. FERNANDES, J. H. C. Trajetória do projeto: inventário do ciclo de vida para a competitividade da indústria brasileira – ICV. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ASSESSMENT, 6., 2007, São Paulo. **Proceedings**,.. São Paulo: Cicla, 2007.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; RODRIGUES, G. S.; CALDEIRA-PIRES, A.; ROSA, M. F.; ARAGÃO, F. A. S.; VIEIRA, V. P. P. B.; MOTA, F.S. B. Environmental performance evaluation of agro-industrial innovation part 1: Ambitec-Life Cycle, a methodological approach for considering life cycle thinking. *Journal of Cleaner Production* v.18, p.1366-1375, 2010a.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; RODRIGUES, G. S.; CALDEIRA-PIRES, A.; ROSA, M. F.; ARAGÃO, F. A. S.; VIEIRA, V. P. P. B.; MOTA, F.S. B. Environmental performance evaluation of agro-industrial innovation Part 2: methodological approach for performing vulnerability analysis of watersheds. *Journal of Cleaner Production* v.18, p.1376-1385, 2010b.

FRANKL, P.; RUBIK, F. **Life cycle assessment in industry and business: adoption patterns, applications and implications.** Berlin, DE: Springer-Verlag, 2000. 280 p.

FRISCHKNECHT, R. Ecoinvent Data v1.1 (2004): from heterogeneous databases to unified and transparent LCI data. **International Journal of Life Cycle Assessment**, Germany, v. 10, n. 1, p. 1-2, 2005.

GOEDKOOP, M.; SPRIENSMA, R. **The Eco-indicator 99: a damage oriented method for life cycle impact assessment.** Methodology Report. Amersfoort: PRé Consultants, 2000. 132 p.

HISCHIER, R.; UGAYA, C.; SILVA, G. A.; LAMB, C. R. M.; RODRIGUES, D. Capacity building for a national Life Cycle Inventory Database - lessons learned in the real world. Case study of a Swiss-Brazilian capacity building project. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ASSESSMENT, 6., 2007, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: Cilca, 2007.

JENSEN, A. A.; REMMEN, A. **Background report: Unep guide to life cycle management, a bridge to sustainable product.** Paris, FR: Unep, 2006. 108 p.

JOLLIET, O.; MARGNI, M.; CHARLES, R.; HUMBERT, S.; PAYET, J.; REBITZER, G.; ROSENBAUM, R. Impact 2002+: a new life cycle impact assessment methodology. *International Journal of Life Cycle Assessment*, Berlin, DE, v. 8, n. 6, p. 324-330, 2003.

MATTSON, B.; CEDERBERG, C.; BLIX, L. Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops. **Journal of Cleaner Production**, [s.n], v. 8, p. 283-292, 2000.

NEMECEK, T.; ERZINGER, S. Modeling Representative Life Cycle Inventories for Swiss Arable Crops. **International Journal of Life Cycle Assessment**, Berlin, DE, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2005.

NIGGE, K. M. **Life Cycle Assessment of Natural Gas Vehicles: development and Application of site dependent impact indicators.** Berlin, DE: Springer-Verlag, 2000.

PENNINGTON, D. W.; POTTING, J.; FINNVEDEN, G.; LINDEIJER, E.; JOLLIET, O.; RYDBERG, T.; REBITZER, G. Life cycle assessment - Part 2: current impact assessment practice. **Environmental International**, [Washington, DC.], v. 30, p. 721-739, 2004.

POTTING, J.; HAUSCHILD, M. **Background for spatial differentiation in LCA impact assessment: the EDIP2003 methodology.** 2005. Disponível em:

<www2.mst.dk/Udgiv/publications/2005/87-7614-581-6/pdf/87-7614-582-4.pdf>
Acesso em: 10 out. 2008.

POTTING, J.; SCHOPP, W.; BLOK, K.; HAUSCHILD, M. Comparison of the acidifying impact from emissions with different regional origins in life-cycle assessment. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, NL, v. 61, p. 155-162, 1998.

REBITZER, G.; EKVALL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G.; RYDBERG, T.; SCHMIDT, W. P.; SUH, S.; WEIDEMA, B. P.; PENNINGTON, D. W. Life Cycle Assessment Part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. **Environment International**, [Washington, DC.], v. 30, p. 701-720, 2004.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Pesquisa: fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 66 p.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária**: Ambitec-AGRO. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. (Documento, 34).

STEEN, B. **A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS). Version 2000 – General system characteristics**. 1999. Disponível em: <msl1.mit.edu/ind_eco/sslinks/links.php?go=20>. Acesso em: 10 out. 2008.