

**Geraldo
Stachetti
Rodrigues**

Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas

Fundamentos, Princípios e Introdução à Metodologia

Embrapa

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente: Fernando Henrique Cardoso

Ministro da Agricultura e do Abastecimento: Francisco Sérgio Turra

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Presidente: Alberto Duque Portugal

Diretores: Dante Daniel Giacomelli Scolari

José Roberto Rodrigues Peres

Elza Angela Battaglia Brito da Cunha

Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental - CNPMA

Chefe Geral: Bernardo van Raij

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento: Deise M. Fontana Capalbo

Chefe Adjunto Administrativo: Rosângela Blotta Abakerli

ISSN 1413-0084

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS
EM PROJETOS DE PESQUISA E
DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
AGROPECUÁRIO**

FUNDAMENTOS, PRINCÍPIOS E INTRODUÇÃO À METODOLOGIA

Geraldo Stachetti Rodrigues

Jaguariúna, SP

1998

EMBRAPA-CNPMA. Documentos 14.

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental - CNPMA

Rodovia SP-340 - km 127,5 - Bairro Tanquinho Velho

Caixa Postal 69 13820-000 - Jaguariúna, SP

Fone: (019) 867-8700 Fax: (019) 867-8740

e-mail:adi@cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicações: Deise M. F. Capalbo
Claudia Conti Medugno
João Fernandes Marques
José Flávio Dynia
Raquel Ghini
Maria Amélia de Toledo Leme
Maria Cristina Tordin

Editoração: Regina Lucia Siewert Rodrigues ■
Franco Ferreira de Moraes

Revisão: Lígia Abramides Testa

Normalização: Maria Amélia de Toledo Leme

Tiragem: 500 exemplares

Foto capa: Manoel Baltasar B. da Costa

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico agropecuário:** fundamentos, princípios e introdução à metodologia. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998. 66p. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos 14).

CDD 333.71

©EMBRAPA-CNPMA, 1998

SUMÁRIO

1. Introdução	5
2. Emergência das Questões Ambientais na Agenda Social	6
3. Importância da Avaliação Ambiental e Sustentabilidade	11
4. AIA de Tecnologias Agropecuárias	17
5. Metodologia de AIA	25
5.1. Métodos <i>ad hoc</i>	26
5.2. Listas de controle	26
5.2.1. Lista de controle simples	27
5.2.2. Listas de controle descritivas	31
5.2.3. Lista de controle escalar	31
5.2.4. Questionários	35
5.2.5. Lista de utilidade para multiatributos	36
5.3. Sobreposição de mapas	39
5.4. Redes de interação	41
5.5. Diagramas de sistemas	45
5.6. Modelos de simulação	46
6. Avaliação Ambiental Estratégica - O Passo à Frente para a AIA	55
7. Conclusão	57
8. Abstract	59
9. Resumo	61
Agradecimentos	62
Referências Bibliográficas	62

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM PROJETOS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO AGROPECUÁRIO FUNDAMENTOS, PRINCÍPIOS E INTRODUÇÃO À METODOLOGIA

Geraldo Stachetti Rodrigues

INTRODUÇÃO

A avaliação de impactos ambientais (AIA) é um conjunto de procedimentos desenvolvidos com o intuito de permitir a previsão, a análise e as possíveis mitigações dos efeitos ambientais de projetos, planos e políticas de desenvolvimento que impliquem alteração da qualidade ambiental. A AIA permite a seleção de alternativas mais adequadas às proposições em avaliação, tornando-se um valioso sistema para o planejamento e a tomada de decisão em relação ao desenvolvimento sustentável.

Entre suas possibilidades de aplicação, encontra-se a avaliação de tecnologias, suas potencialidades e possíveis implicações, positivas ou negativas, para a conservação da qualidade ambiental e dos recursos naturais. O objetivo deste trabalho é motivar o pesquisador envolvido no desenvolvimento de tecnologias agropecuárias a empregar procedimentos de AIA como ferramenta adicional para a análise de cada fase de seus projetos de pesquisa, promovendo melhorias no planejamento, no acompanhamento e na avaliação dos projetos.

As vantagens de tal iniciativa envolvem desde a possibilidade de adequar as premissas e o enfoque da pesquisa, incluindo uma atitude proativa a respeito de considerações de importância ecológica no processo de geração tecnológica, até os argumentos favoráveis ao projeto, com perspectiva de ganhos no desenvolvimento de tecnologias mais saudáveis ao ambiente.

O texto apresenta as questões ambientais, o valor da AIA para a sedimentação do paradigma do desenvolvimento sustentável e nova postura do pesquisador. Também apresenta as principais correntes metodológicas da AIA, suas limitações e os procedimentos disponíveis para a formulação de protocolos de avaliação adequados a projetos de desenvolvimento tecnológico agropecuário.

2. EMERGÊNCIA DAS QUESTÕES AMBIENTAIS NA AGENDA SOCIAL

A sociedade contemporânea preocupa-se, cada vez mais, com a qualidade de vida, retratada, principalmente, em termos da qualidade do ambiente, da educação e da saúde. A emergência da questão do ambiente na agenda social é, em grande parte, consequência da extensão em que a humanidade hoje se apropria dos recursos naturais, às vezes muito além da capacidade regenerativa da natureza. Dessa forma, todos os compartimentos ecológicos são atingidos, modificando fluxos e processos naturais em tal medida que a mudança se diz global.

Segundo Sadler (1996), a estrutura básica dessas mudanças globais sobre os principais compartimentos ecológicos da Terra pode ser descrita como se segue:

Atmosfera:

- ◆ Intensificação do efeito estufa;
- ◆ Redução do ozônio na estratosfera;
- ◆ Alterações químicas da troposfera (*smog* fotoquímico, chuva ácida).

Clima

- ◆ Aquecimento global (temperaturas elevando-se, até o ano 2050, acima de 3°C e acima de 8°C nos invernos de regiões subpolares, mais sensíveis à variação);
- ◆ Distribuição e intensidade das precipitações pluviais;
- ◆ Elevação do nível dos mares (não tectônico), em 2100, de ± 65 cm.

Hidrosfera

- ◆ Alterações horizontais e verticais na circulação oceânica – por exemplo, Corrente do Golfo mais fraca, Kuroshiro (Corrente do Japão) mais forte;
- ◆ Alterações nas geleiras da Groenlândia e Antártica;
- ◆ Mudanças nos regimes de cheias, sedimentação/erosão, liberação de poluentes;
- ◆ Alterações nas águas subterrâneas e na recarga dos aquíferos (qualidade e quantidade).

Litosfera e Pedosfera

- ◆ Aumento da erosão e redistribuição de sedimentos;
- ◆ Redução do conteúdo de matéria orgânica dos solos;
- ◆ Desestruturação dos solos, devido à remoção de florestas e ao aumento de cultivos;
- ◆ Aumento na mobilidade e perda de nutrientes devido ao uso de fertilizantes solúveis.

Biosfera

- ◆ Florestas: destruição, perda de diversidade, aumento da suscetibilidade ao fogo;
- ◆ Pradarias e terras cultivadas: perda de diversidade, alterações nos solos, predisposição a pragas;
- ◆ Redução drástica em vegetações costeiras e ribeirinhas;
- ◆ Alterações na estrutura das comunidades e biomassa de organismos bênticos (de fundo) e pelágicos (nadadores) em ambientes aquáticos.

População Humana

- ◆ Crescimento líquido de cem milhões ao ano, especialmente nos subtropicais;
- ◆ Aumento da urbanização, especialmente crescimento de megacidades;
- ◆ Concentração local de produtos químicos e resíduos sólidos e líquidos;
- ◆ Emergência e ressurgência de doenças infecciosas.

Economia, Energia e Transporte

- ◆ Conexões econômicas regionais e globais dificultando autocorreção da natureza para reposição de recursos naturais e reversão da deterioração ambiental;
- ◆ Aumento no uso de energia concentrada (especialmente petróleo) e conseqüente transporte de compostos orgânicos e produtos químicos por longas distâncias.

Fatores Sociais

- ◆ Desencontro entre causas e efeitos, e respostas humanas aos impactos;
- ◆ Obstáculos econômicos e sociais à "conscientização ambiental" da sociedade;

- ◆ Inabilidade dos indivíduos de se convencerem da magnitude do problema ambiental;

- ◆ Quebra do “contrato intergerações” que governava o comportamento social em todas as culturas antes do século XX.

Todos esses efeitos resultam da escala que vem atingindo a atividade humana no planeta em relação à capacidade de suporte do ambiente global. Na atualidade, até 40% da produtividade líquida terrestre (ou seja, do superávit dos processos de fotossíntese e respiração) é usada direta ou indiretamente, ou destruída por força das atividades humanas (Vitousek et al., 1986). Tal apropriação de recursos por uma única espécie (e suas espécies satélites) provavelmente nunca tenha ocorrido na Terra. A ausência de uma experiência prévia que permita avaliar as possíveis conseqüências desse fenômeno indica que devemos exercitar o “princípio da precaução”- a consideração preventiva e preferencialmente conservadora diante dos possíveis efeitos da atividade humana sobre o ambiente global e sobre os destinos da própria espécie.

O princípio da precaução remete à importância da avaliação de impacto ambiental. De maneira concisa, e construindo sobre tais considerações temos:

Importância das Avaliações de Impacto Ambiental

◆ O ambiente está atingindo um grau de fragilidade jamais visto: as atividades humanas estão alterando os sistemas e os ciclos naturais em escala sem precedentes. Pela primeira vez, estima-se que os efeitos cumulativos do desenvolvimento estejam a par dos processos biofísicos como um agente de alteração ecológica.

◆ Impactos e riscos ambientais estão atingindo um grau de significância sem precedentes: vivemos em um mundo sob efeito estufa, com buracos que se abrem na camada de ozônio, e de onde as espécies estão se extinguindo rapidamente. Muitos cientistas consideram que o impacto das atividades humanas sobre a biosfera está atingindo limites críticos, com ameaça de desequilíbrio ecológico global e conflito social.

◆ A avaliação ambiental se tornou mais valiosa e importante que nunca: esse instrumento oferece as bases para a formulação de políticas e planos que levem em consideração os potenciais e restrições naturais, permitindo o manejo dos riscos e impactos de atividades e projetos de desenvolvimento.

3. IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

Em um primeiro momento, a avaliação ambiental buscava tão-somente minimizar impactos, definidos como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, ou biológicas do ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: 1. A saúde, segurança e bem estar da população; 2. As atividades sociais ou econômicas; 3. A biota; 4. As condições estéticas e sanitárias do ambiente; 5. A qualidade dos recursos naturais” (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO, 1992).

Restrita a esse objetivo, a avaliação de impacto ambiental tornou-se um dos instrumentos de planejamento de maior sucesso, sendo, nos últimos vinte anos, formalmente incorporada aos processos decisórios de mais de cem países (Sadler, 1996). A questão é saber se a AIA permanecerá relevante e continuará eficaz como instrumento de política e tomada de decisão em questões ambientais ante a magnitude das atuais demandas, em um quadro de mudanças globais. Mais importante, mesmo sob tal quadro, que aumenta as incertezas sobre o futuro, incorpora-se na agenda do desenvolvimento a necessidade de que este seja sustentável, sem fronteira de tempo ou com períodos de alcance muito longos, de ao menos, uma geração.

A introdução do critério da sustentabilidade nas AIAs resulta em complexos problemas metodológicos e de orientação político-conceitual, pois depende não só de definições dos limites para o uso sustentável de recursos e da capacidade regenerativa dos ecossistemas, mas, também, do embate entre objetivos de conservação ambiental e de aumento de renda e atividade econômica, da repartição da produção e da riqueza, das diferentes perspectivas de diversos agentes sociais (Van Pelt, 1994). Harmonizar esses embates na busca de alternativas que promovam o desenvolvimento sustentável é o objetivo maior das AIAs. A missão institu-

cional da Embrapa incorpora todos esses princípios ao estabelecer que a empresa deve “gerar, promover e transferir conhecimentos e tecnologias para o desenvolvimento sustentável dos segmentos agropecuário, agroindustrial e florestal, em benefício da sociedade (EMBRAPA, 1993). O documento orientador do “Programa de Qualidade Ambiental” (EMBRAPA, 1995) explicita essa postura institucional em seus objetivos:

- a) Avaliar a qualidade ambiental e a sustentabilidade agrícola;
- b) Avaliar os impactos ambientais de atividades agrícolas;
- c) Desenvolver medidas e tecnologias para manutenção ou recuperação da qualidade ambiental;
- d) Desenvolver métodos de avaliação e gerenciamento dos impactos, da qualidade ambiental e da sustentabilidade agrícola.

Três critérios resumem a orientação requerida pelas AIAs para satisfação do quesito **sustentabilidade**, em especial na avaliação de projetos de desenvolvimento ou adaptação tecnológica: **eficiência** (traduzida como competitividade e qualidade), **eqüidade** e **adequação ecológica** (Flores et al., 1991; Van Pelt, 1993). Assim enunciados, esses critérios emprestam uma aparente objetividade ao processo da AIA, mas a complexidade de cada um faz desta, uma atividade tipicamente interdisciplinar. Nesse aspecto, é essencial juntar o conhecimento e a perícia de agentes locais à participação de todos os envolvidos - proponentes, operadores e receptores dos projetos ou atividades em avaliação.

Isso implica que a dimensão social da AIA necessita de atenção especial, nos seguintes aspectos fundamentais: a) capacidade organizacional do grupo receptor do projeto ou tecnologia; b) nível de ilustração (ou cultura) do grupo; c) relações sociais e de poder; d) desenvolvimento humano e demográfico na área de intervenção; e e) padrão de saúde (Fernandes, 1990). Essas características dos grupos receptores podem determinar a tendência de sucesso ou fracasso de projetos e, em

especial, de alterações tecnológicas que, quando inadequadas ou inadequadamente impostas, podem reduzir, ao invés de melhorar, a capacidade de produzir (Dumanski *et al.*, 1990).

Na maioria das vezes, os fracassos derivados de restrições de ordem social (relativos aos cinco pontos citados) resultam de uma ênfase comum na análise de tais variáveis, enquanto pouca importância é depositada na efetiva participação dos agentes interessados e envolvidos nas decisões relativas a projetos de desenvolvimento ou inovação tecnológica (Crittenden *et al.*, 1988). O sucesso do desenvolvimento normalmente se erige do envolvimento, autonomia e exercício de poder das pessoas (“people’s empowerment and self-reliance”) (Tacconi & Tisdell, 1992).

A maior dificuldade para incorporação da avaliação social de projetos nas AIAs é a “brecha teórica” entre os dois lados da equação - avaliação social e avaliação ambiental - que têm fundamentos teóricos muito diversos. Em especial, para uma consideração adequada de aspectos ambientais em avaliações sociais, há que se valorar o ambiente, enquanto provedor de três serviços com claro valor econômico, mas de difícil mensuração: 1. Fonte de recursos; 2. Assimilador de resíduos; e 3. Sistema de suporte à vida (Azqueta, 1992).

Alternativamente e com o intuito de prescindir da necessidade de atribuir um valor econômico ao ambiente, dada a dificuldade de “monetarizar” os bens e serviços da natureza (Barbier, 1988; Green *et al.*, 1990), pode-se “virar a moeda” de maneira que esses serviços, antes definidos de forma eminentemente utilitarista, apareçam como funções inerentes do ambiente que abriga o homem. Essas funções, ainda definidas de forma antropocêntrica, são, segundo Barbier *et al.* (1994):

Serviços Obtidos dos Ecossistemas pela Humanidade

◆ **Funções de regulação:** prover suporte às atividades econômicas e bem-estar dos homens por meio de: proteção contra influências cósmicas danosas; regulação do clima; proteção de bacias hidrográficas e acumulação de água; prevenção da erosão e proteção de solos; estoque e reciclagem de resíduos industriais e humanos, de nutrientes minerais e matéria orgânica; manutenção da diversidade biológica e genética; controle biológico; fornecimento de habitat para procriação, alimentação e desenvolvimento da biota.

◆ **Funções de produção:** prover recursos básicos, tais como: oxigênio, água potável e nutrição; água para indústria, agricultura, residências; material para construção e manufatura; energia e combustíveis; minerais; recursos medicinais e bioquímicos; recursos genéticos; recursos ornamentais.

◆ **Funções de suporte:** prover espaço e substrato adequado para: habitação, agricultura, florestamento, pesca, aquacultura; indústria; projetos de engenharia, como represas e estradas; recreação, conservação da natureza.

◆ **Funções de informação:** prover benefícios estéticos, culturais e científicos através de: informação estética, espiritual e religiosa; inspiração cultural e artística; informação educacional e científica; informação potencial.

Uma vez definidos como serviços inerentes dos ecossistemas, a conservação da capacidade do ambiente em prestá-los será satisfeita quando for mantido constante o estoque de capital natural, de forma que o manejo para a sustentabilidade corresponda ao manejo da resiliência dos ecossistemas e da sua capacidade de absorver estresses sem degradação significativa de sua estrutura e função (Barbier *et al.*, 1990). A satisfação desse pré-requisito da sustentabilidade envolve uma série de princípios (Sadler, 1996):

Princípios da AIA para a Sustentabilidade

◆ **Princípio da precaução:** eventuais erros no manejo devem favorecer a conservação (antes que qualquer risco de degradação) como uma condição limite para evitar alterações irreversíveis ou altamente danosas.

◆ **Antecipação e prevenção:** uma atitude muito mais factível, barata e menos arriscada que reação e cura.

◆ **Obediência às restrições das fontes e sumidouros:** uso/extração de recursos em acordo com a capacidade regenerativa; liberação de resíduos-poluentes em acordo com a capacidade assimiladora dos ecossistemas.

◆ **Manutenção do capital natural nos níveis atuais ou próximo destes:** nenhuma perda agregada-líquida ou depauperação dos estoques de recursos ou diversidade ecológica.

◆ Tanto quanto possível, **minimizar conversão de uso do solo de menos para mais intensivo.**

◆ **Princípio do débito do poluidor:** custos totais de danos ambientais devem ser assumidos pelos poluidores. p. ex.. indústria e consumidores.

Além da observância desses princípios, o uso da AIA para promoção da **sustentabilidade**, antes da atual simples “minimização de impactos,” carece da implementação de certas considerações na própria ferramenta, quais sejam, ainda segundo Sadler (1996):

A Considerar nas AIAs

- ◆ Inclusão formal dos princípios da sustentabilidade no procedimento da AIA, bem como nas orientações de “práticas ótimas.”
- ◆ Elevação dos critérios de significância de impactos para o estabelecimento de “padrões mínimos de segurança” para manutenção de funções críticas dos ecossistemas e integridade biótica, em adição à simples referência a espécies raras ou ameaçadas ou áreas de especial interesse para conservação.
- ◆ Compensação total por impacto ou perda (ou “reposição de igual por igual”) para ressarcir perdas inevitáveis.

Para o atendimento dessa gama de princípios e considerações nos projetos, a AIA deve ser um processo contínuo, iniciado desde a concepção dos programas, projetos e planos de desenvolvimento. Em se considerando o caso do desenvolvimento tecnológico agropecuário, a satisfação dos princípios e considerações acima será mais fácil se a AIA se aplicar à própria concepção da tecnologia, ou a partir da percepção da possibilidade de estender o alcance de uma tecnologia a novos processos, sistemas ou áreas. Para tanto, a avaliação *ex-ante* (aplicada na fase de planejamento do projeto) é proposta como procedimento padrão, e será enfatizada neste documento.

4. AIA DE TECNOLOGIAS AGROPECUÁRIAS

Dadas todas as dificuldades inerentes à implementação de projetos de pesquisa e desenvolvimento, há os que argumentam ser irresponsável desviar recursos normalmente escassos para avaliações de impactos ambientais (“que podem mesmo levar anos para se manifestarem”), antes de garantir que aspectos mais essenciais para o sucesso do projeto sejam cumpridos (como se o fornecimento de meios e materiais, p. ex., seguem o cronograma, ou se as metas são atingidas conforme planejado) (Lai, 1988).

Ademais, e em especial com relação a projetos de desenvolvimento rural, há forças estranhas ao projeto em si, mas que influenciam profundamente sua implementação. Muitas sociedades rurais não são entidades homogêneas das quais se pode depreender sinais corretos que guiem as tomadas de decisão; em maior ou menor extensão, são sujeitas à exploração, com práticas desiguais de distribuição e troca entre grupos diferenciados (proprietários ricos e trabalhadores sem terra, p. ex.) e exibem alto grau de dependência daqueles menos favorecidos para com as elites (Lai, 1988). Isso implica que planos adequados de manejo ambiental, conforme formulados a partir de AIAs, dependerão de determinação política, pois, normalmente, afetam a autoridade de grupos sociais e agências estabelecidas. Antes de indicar que AIA seja inviável nessas situações, tais dificuldades pesam em favor da demanda por sensibilizar os agentes para a atribuição de importância a matérias ambientais e à necessidade de avaliá-las (Warford, 1987).

No caso específico da pesquisa e geração de tecnologias agropecuárias, é possível exercitar de forma mais plena e vantajosa o princípio da precaução, avaliando preventivamente os passos iniciais do próprio processo de desenvolvimento e adaptação tecnológica, evitando-se vultosos programas de monitoramento ou modificação tecnológica. Atendendo a esse objetivo, a execução de uma AIA envolve cinco estágios (Bisset, 1987):

Estágios de uma AIA

1. Identificação de relações de causa e efeito.
2. Predição ou estimativa de efeitos e magnitude dos indicadores de impacto.
3. Interpretação dos efeitos ambientais.
4. Identificação de medidas de monitoramento e mitigação de impactos.
5. Comunicação das informações sobre impactos ao público e tomadores de decisão.

Operacionalmente, contudo, há que se considerar a interação entre a fonte de impacto e o meio receptor, bem como os atores intervenientes. Assim, um modelo analítico simplificado é apresentado na Figura 1.

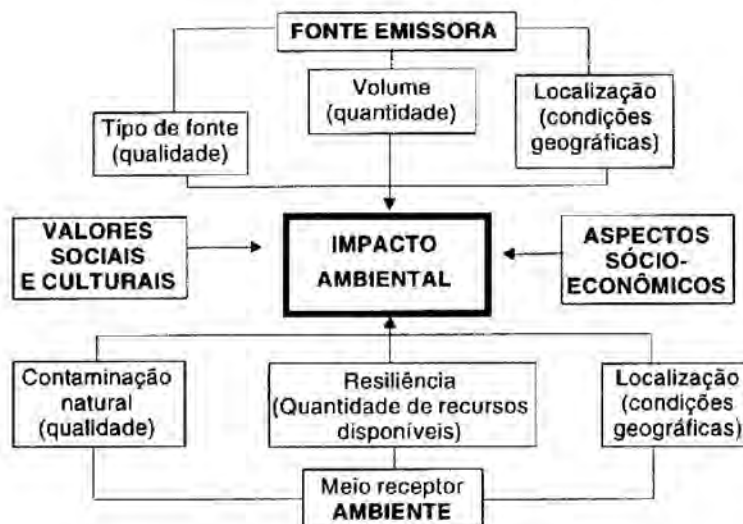


Figura 1. Modelo analítico simplificado de uma avaliação de impacto ambiental (AIA) (Bolea, 1980).

Esse esquema simplificado é válido também para AIA de projetos de desenvolvimento tecnológico, uma vez que o emprego de uma tecnologia influenciará o comportamento da fonte emissora e dos agentes envolvidos. Avaliações de tecnologias, contudo, estão um passo adiante das AIAs. Isso se deve a que AIA de tecnologias lida, inicialmente, com a avaliação de efeitos, conseqüências, e riscos de uma tecnologia, mas procede buscando a previsão do surgimento de oportunidades e da criação de demanda futura por capacitação, fornecendo subsídios para o planejamento estratégico da atividade. Isso é especialmente verdadeiro quando o processo de AIA da tecnologia se desenvolve de forma proativa. Há quatro escolas de AIA de tecnologias (Porter, 1995), a saber:

1. Regulamentária: o desenvolvimento tecnológico é determinístico, e o Estado estabelece os limites para uso da tecnologia. A AIA serve ao Estado para exercer controle, de forma reativa, sobre os impactos.

2. Promocional: novamente o curso do desenvolvimento tecnológico é guiado pelo mercado (determinista), mas a AIA de tecnologia auxilia na formulação de políticas que promovam a inovação no interesse da competitividade e desenvolvimento.

3. Construtiva: o desenvolvimento tecnológico é uma resposta a prioridades políticas e sociais, e o Estado deve intervir proativamente incentivando o processo de mudança tecnológica. A AIA é usada para esclarecer os interesses entre produtores e usuários da tecnologia.

4. Experimental-Participativa: essa extensão da aproximação construtiva requer intervenção ativa, participando um largo espectro de agentes no teste de alternativas e na avaliação das demandas e adequação das inovações.

Essas duas últimas escolas oferecem um enfoque estratégico, que mira o futuro, permitindo aos agentes sociais a expressão de suas percepções, bem como a própria participação na criação da demanda pelas

inovações e na busca de capacitação para alcançar, em toda a sua extensão, as vantagens do desenvolvimento tecnológico. A AIA da tecnologia para a escola experimental-participativa serve de auxílio à tomada de decisão, provendo “munição” aos agentes interessados para dar suporte a suas posições (de investimento, capacitação, desenvolvimento ou mesmo de pesquisa).

O critério da sustentabilidade também lança para o futuro o horizonte das AIAs de tecnologia, e importa o desafio de endereçar o **ciclo de vida** da tecnologia. *“A montante (ou seja, em relação aos requerimentos para a inovação tecnológica), isso significa que devemos considerar (idealmente, categorizar e medir) os recursos necessários para o desenvolvimento tecnológico (p. ex., matérias-primas, habitat afetado). A jusante (ou seja, em relação aos efeitos da inovação tecnológica), isso significa que devemos considerar (idealmente categorizar e medir) os resíduos”* (Porter, 1995).

Várias conseqüências emergem da AIA de tecnologias (Coates, 1971): 1. O projeto pode ser modificado; 2. A tecnologia passa a estar sob escrutínio contínuo; 3. Estimulam-se a pesquisa e o desenvolvimento; 4. Estabelecem-se controles; 5. Amplia-se o alcance da tecnologia a novas áreas e processos; 6. Evidencia-se a necessidade de promulgação de novas leis; 7. A tecnologia pode ser bloqueada ou banida. Além dessas, talvez a mais importante conseqüência da simples predisposição à realização das AIAs de tecnologia é que tende a levar o próprio pesquisador a já buscar premissas ecologicamente apropriadas, sendo que a AIA funciona, então, como um guia ecológico na própria concepção dos projetos.

Mesmo trazendo essas vantagens potenciais, as AIAs normalmente ocorrem somente por força de exigência formal ou legal, o que é verdade mesmo para os países mais avançados (Verheem, 1992; Wood, 1992). Já para as AIAs realizadas *ex-ante*, contudo, há boas possibilidades de uma radical mudança de postura nesse sentido. Isso pode ser verdade porque

entre 2 e 5% do custo-base da maioria dos projetos é direcionado para avaliação e monitoramento, mas, geralmente, não há uma clara retroalimentação para planejamento e tomada de decisão - muitas vezes, esse investimento se dá tão-somente para satisfazer requerimentos contratuais (Maddock, 1993).

Já quando o pesquisador se interessa por avaliar sua tecnologia *ex-ante*, os custos são muito menores (se não insignificantes) e a decisão por alterar leve ou completamente o rumo do desenvolvimento tecnológico pode ser tomada sem atingir muito profundamente interesses alheios ou não ao projeto. Em essência, o que se necessita não é mais teoria ou método, mas a aplicação do existente a problemas concretos. Não há que se preocupar em fornecer números precisos a partir de AIAs, mas indicar tendências e magnitudes. Bom senso, exercitado da maneira sistemática provida pelos métodos disponíveis de AIA, é hoje o melhor aporte para tomadas de decisão relativas ao manejo ambiental das inovações tecnológicas (Lutz & Munasinghe, 1994).

Isso posto, é possível sugerir que a AIA de tecnologias desenvolvidas pela pesquisa agropecuária deva assumir a seguinte postura (Sadler, 1996):

Postura do Executor de AIAs

◆ **Focalizar na execução:** isso envolve aproveitar a informação e o conhecimento prático (“hands-on”) de administradores, executores e outros peritos.

◆ **Aprender fazendo:** experiência operacional e exemplos de casos fornecem a base primária para a prática da avaliação, padronizando a performance e identificando melhorias e avanços em processos e procedimentos.

◆ **Reconhecer que o sucesso é relativo:** uma perspectiva crítica e voltada à demanda sobre a efetividade dos trabalhos é necessária, pois vários atores são envolvidos e influenciam a condução da AIA e a extensão na qual se atingem as metas.

◆ **Explorar a “arte do possível”:** os benefícios da pesquisa em AIA se depositam na resolução de problemas, antes que em sua procura (ou na busca de falhas ou danos). Deve-se contrastar o que *vem sendo* feito com o que *pode ser* feito para adaptar a prática de AIA a novas demandas e realidades.

◆ **Crescer com a realização:** tanto quanto possível, o desenvolvimento de processos e inovações deve ser fundado em componentes tentados e testados.

Esse código de postura sugerido ao realizador de AIAs implica que é possível, e mesmo recomendável, que cada pesquisador procure formar um procedimento geral, proativo e cooperativo, visando avaliar o impacto de suas proposições de pesquisa para desenvolvimento e adaptação tecnológica. De uma variedade de métodos já estabelecidos, pode-se construir procedimentos padronizados que auxiliem o pesquisador a antever possíveis problemas advindos da aplicação da tecnologia. Pode-se também selecionar alternativas ou mesmo argumentar favoravelmente por sua proposição de desenvolvimento, quando a avaliação indicar ganhos ambientais relevantes pela implementação da tecnologia.

Condições para Formulação e Desenvolvimento de Procedimentos de AIA (Sadler, 1996)

◆ **Mandato e provisões claras:** com amparo na legislação, estabelecer requisitos específicos e sancionáveis, prescrevendo responsabilidades e obrigações.

◆ **Objetivos e metas explícitas:** propósito e dedicação para a busca de proteção ambiental e desenvolvimento sustentável.

◆ **Aplicação uniforme e consistente:** aplicação automática a todos os projetos e ações com efeitos e conseqüências ambientais potenciais.

◆ **Nível de avaliação adequado:** definição da escala segundo o grau de significância ambiental e proporcional à preocupação levantada pelo projeto.

◆ **Escopo relevante:** exame de todas opções e aspectos ambientais do projeto, incluindo efeitos cumulativos, fatores socioeconômicos, culturais e de saúde, e suas implicações para sustentabilidade.

◆ **Enfoque flexível e direcionado à resolução de problemas:** adaptação à lida com uma variedade de profissionais e especialidades, questões e situações de tomada de decisão.

◆ **Procedimentos abertos e simplificativos:** práticas transparentes e prontamente acessíveis, com relatório de decisões de avaliação tomadas no decorrer do projeto, e ocasião oportuna para participação dos agentes sociais interessados em estágios-chave.

◆ **Liderança e suporte adequados:** requisição de recursos e, quando necessário, tutela especializada para condução de avaliações de acordo com os requerimentos, princípios e padrões de boa prática.

◆ **Padronização por “práticas ótimas”:** proceder com profissionalismo, objetividade e credibilidade, segundo identificado por “práticas ótimas” em ciência, consulta pública e processos de administração.

continua

continuação

◆ **Implementação eficiente e previsível:** execução oportuna de ações que incentivem conclusão de etapas, minimizem adiamentos e evitem ônus desnecessários aos proponentes e executores.

◆ **Orientação para decisão:** prover informação prática sólida e testada, que seja prontamente utilizável em planejamento e tomada de decisão.

◆ **Submissão a condicionamentos:** operar explicitamente conforme termos e condições especificadas e, se necessário, aprovadas.

◆ **Mecanismos internos de monitoramento e retroalimentação:** medidas explícitas para conferir concordância com condicionamentos, e abertura à auditoria e avaliação de performance.

◆ **Proposições economicamente factíveis:** promover ações que assegurem proteção ambiental pelo menor custo social.

Procedendo dessa forma, é possível ao pesquisador (ou normalmente ao grupo de pesquisa) formular o problema, definir um protocolo de avaliação e executar a AIA, cujo ponto de partida é a adaptação de protocolos de avaliação aplicáveis a situações específicas.

5. METODOLOGIA DE AIA

Existe à disposição dos avaliadores de impacto ao ambiente um vasto arsenal metodológico, com mais de cem métodos descritos para os mais variados propósitos e situações (Canter, 1986; Sadler, 1996). Essa variedade é previsível, dada a multiplicidade de situações passíveis de serem submetidas a AIAs, as disparidades de escala e de qualidade e disponibilidade de dados, a experiência passada em avaliações e projetos semelhantes, e o objetivo das avaliações.

No Brasil, o IBAMA (1995) definiu os principais instrumentos da política ambiental e os procedimentos para atendimento dos requisitos para AIA de projetos e empreendimentos, com breve descrição dos principais métodos normalmente empregados. Ainda na literatura brasileira, há um manual de AIA elaborado em um convênio Surhema-GTZ (1992), no qual os principais métodos disponíveis são descritos e exemplificados, com ênfase para avaliação de projetos envolvendo obras de engenharia.

Independente do método adotado, as AIAs se referem basicamente à identificação e avaliação das conseqüências ambientais de projetos, planos, programas e políticas, buscando selecionar a melhor alternativa para desenvolvimento (Bisset, 1987). Há seis linhas metodológicas nas quais se inserem os diferentes métodos de AIA, quais sejam: 1) métodos *ad hoc*; 2) listas de controle, incluindo questionários ("checklists"); 3) sobreposição de mapas ("overlay mapping"); 4) redes de interação, incluindo matrizes ("networks"); 5) diagramas de sistemas ("systems diagrams"); e 6) modelos de simulação ("simulation modelling") (Bolea, 1980; PADC Environmental Impact Assessment and Planning Unit, 1983; Bisset, 1987; Pinheiro, 1990; Surhema-GTZ, 1992). Segundo Bisset (1987), métodos de AIA são mecanismos estruturados para a identificação, coleção e organização de dados sobre impactos ambientais. Adicionalmente, provêm o meio para apresentação das informações de modo compreensível ao público e aos tomadores de decisão.

5.1. Métodos ad hoc

Consistem na formação de grupos de trabalho multidisciplinares com especialistas de notório saber que fornecem suas impressões e experiência para a formulação de um relatório ou inventário de impactos potenciais do projeto em avaliação. Normalmente, empregam-se em situações cujas informações preliminares são parcas e quando a experiência passada é insuficiente para uma sistemática organização das informações com métodos mais objetivos. Um exemplo comum é o método Delphi, que utiliza rodadas subseqüentes de questionários nos quais os especialistas expressam suas impressões sobre pontos levantados *a priori*, a partir das quais se desenha um cenário que é então compartilhado com todos os especialistas em sucessivas rodadas, até que se obtenha consenso em pontos específicos e um quadro de opções possíveis em pontos em dissenso (Quirino *et al.*, 1997). Em verdade, consultas *ad hoc* compõem a maioria dos métodos de AIA, em ao menos uma de suas fases, como se verifica a seguir na apresentação dos vários métodos.

5.2. Listas de controle

Tais listas, que compõem um dos métodos primordiais da AIA, encontram-se em franca utilização, assumindo muitas e variadas formas. Normalmente, consistem de listagens de atributos ambientais que possam ser afetados pelo projeto em avaliação, acompanhadas ou não de uma lista de atividades do projeto que possam causar algum impacto: podem ser simples enumeração de atributos e atividades até complexos inventários que incorporem ponderações para definir escala e importância de cada atividade do projeto sobre o ambiente. Cinco tipos básicos de listas de controle serão exemplificados a seguir: simples, descritivas, escalares, questionários e utilidade para multiatributo (Bisset, 1987):

5.2.1. Listas de controle simples

Compostas simplesmente de uma listagem de atributos ambientais, são desenhadas para guiar o avaliador de impacto e focalizar a atenção nesses atributos e evitar que atributos relevantes sejam omitidos. Em essência, servem como “auxílio de memória” para a avaliação, não definindo como se comportam os impactos sobre atributos ambientais particulares, ou a técnica indicada para previsão dos impactos, ou dados requeridos para tais avaliações de significância. Contudo, quando os tópicos selecionados para inclusão na lista e consideração na análise são suficientemente abrangentes, pode-se obter um valioso instrumento de trabalho. Entre os principais aspectos a serem incluídos, devem constar: 1. Água superficial e subterrânea; 2. Atmosfera; 3. Clima e microclima; 4. Superfície do terreno, solo e solutos edáficos; 5. Flora e fauna, incluindo impactos sobre os habitats e diversidade biológica; 6. Paisagem e uso da terra; 7. Outros recursos, incluindo uso de recursos renováveis e não renováveis; 8. Geração e destino de resíduos; 9. Monumentos e patrimônio cultural e arquitetônico; 10. Saúde e bem estar da população; 11. Segurança em conexão com produção, manuseio e transporte de produtos (Johansen, 1996).

Embora, aparentemente, muito primárias para avaliações de tecnologia, essas listas podem ser de grande utilidade para o levantamento das implicações possíveis do projeto e, mesmo, constituir uma etapa inicial para a formulação de listas mais elaboradas. Um exemplo de lista de controle simples para avaliação de um projeto de desenvolvimento rural em uma microbacia é oferecido na Tabela 1.

Tabela 1. Lista de controle simples de um plano de desenvolvimento rural em microbacia

Ações de desenvolvimento	Atributos ambientais
<i>Alteração na drenagem</i> Represamento de seção de rio. Introdução de espécies de peixes. Introdução de flora exótica. Alteração de fluxo a jusante. Controle de cheias. Canalização.	Características físico-químico-biológicas 1. <i>Terra</i> Atributos sísmicos, subsidência. Modelado do terreno. Nível freático, drenagem. Erosão, colmatção.
<i>Construção e alteração do terreno</i> Abertura de áreas para plantio e obras civis. Estradas, pátios, pontes. Transmissão de energia, corredores, torres. Barreiras e cercas. Canais de irrigação.	2. <i>Água</i> Quantidade de água. Qualidade da água. Recarga de aquífero e água subterrânea. Turbidez, composição, volume d'água.
<i>Extração de recursos</i> Eletrificação. Escavação, aterro, extração de argila e areia para reservatório, construções e manutenção de obras civis. Abertura de poço e extração de água subterrânea. Pesca comercial e de subsistência.	3. <i>Atmosfera</i> Qualidade (particulados, gases). Clima (micro, macro).
<i>Processamento</i> Agropecuária, agroindústria.	4. <i>Biota</i> Flora: reflorestamentos, áreas florestadas, pastagens, microflora, fitoplâncton, espécies raras e ameaçadas, culturas. Fauna: espécies raras e ameaçadas, conservação, reintrodução.
	5. <i>Fatores culturais</i> Usos do solo. Bem-estar social.

Fonte: Modificado de (Bisset, 1987)

Listas de controle, especialmente as simples, são adaptáveis à avaliação específica, permitindo a inclusão de quaisquer fatores, atividades e atributos de relevância ao projeto. É possível formular listas simples aplicáveis a situações diferentes, com o objetivo de diagnosticar quais fatores ou processos serão intervenientes a um caso ou projeto particular. Um exemplo típico é apresentado na Tabela 2: percebe-se que a maioria das categorias e fatores ambientais incluídos podem-se aplicar a diferentes projetos de obras civis, além do caso particular de construção de estradas. Esse exemplo é particularmente relevante por ser projeto comum em áreas rurais, nas quais ocorrem impactos severos, muitas vezes determinantes de degradação importante nas microbacias, com alterações na drenagem, erosão e absorção de água pelos solos, com seus impactos associados, bem como alterações econômicas e sociais.

Tabela 2. Lista de controle simples para projeto de abertura de estrada

CATEGORIA: FATOR AMBIENTAL	FASES DO PROJETO		
	Planejamento	Construção	Operação
1. Ruído			
a) Saúde pública		x	x
b) Uso do solo		x	x
2. Qualidade do ar			
a) Saúde pública		x	x
b) Uso do solo		x	x
3. Qualidade da água			
a) Água subterrânea			
- alteração de fluxo		x	
- contaminação			x
b) Água superficial			
- retificação		x	
- aterros		x	x
4. Conservação do solo			
a) Uso econômico		x	x
b) Erosão, contaminação		x	x
5. Biodiversidade			
a) Flora		x	
b) Fauna		x	x
c) Habitats		x	
6. Economia			
a) Desapropriações	x		
b) Valorização imobiliária	x	x	x
c) Escoamento da produção, queda de custos			x
7. Impactos sociopolíticos			
a) Degradação cultural, recursos históricos		x	x
b) Aumento de mobilidade e ruptura da comunidade		x	x
8. Impactos estéticos			
a) Recursos cênicos		x	x
b) Desenho urbano	x	x	

Fonte: Modificado de SURHEMA-GTZ (1992)

5.2.2 Listas de controle descritivas

Nesse tipo de lista de controle, incorporam-se informações sobre critérios de avaliação de impactos para os fatores e atributos incluídos, procurando relacionar os efeitos ambientais potenciais das atividades. Sugere-se que esses efeitos sejam descritos considerando sua influência diferencial sobre compartimentos ambientais e grupos sociais afetados. A inclusão de critérios auxilia o pesquisador a definir objetivos a serem perseguidos durante a execução da pesquisa, a fim de satisfazer à demanda por informações adicionais eventualmente sugeridas pela análise desses critérios. Ademais, é possível que dessa análise se diagnostiquem medidas para mitigar determinados impactos identificados - Tabela 3.

Depreende-se, da sua análise, que um projeto de irrigação apresenta implicações desde a disponibilidade de água até as relações trabalhistas e existência de infra estrutura. Da omissão de qualquer fator ou critério, pode resultar desconsideração de impactos relevantes, tanto para o ambiente natural quanto para o próprio empreendimento.

Nenhuma das formas de listas de controle até aqui estudadas permite a atribuição de valor aos impactos, mas apenas sua identificação, impedindo, então, que se proceda a uma escolha entre formas alternativas de condução para o alcance das metas do projeto ou, mesmo, que se avalie propriamente a vantagem de realizá-lo ou não. Para tanto, são recomendadas listas de controle escalares.

5.2.3. Lista de controle escalar

No caso de existirem propostas alternativas ao projeto ou formas alternativas de implementá-lo, recomenda-se que a lista de controle seja formulada a fim de permitir comparações entre essas alternativas, com base em alguma unidade escalar selecionada. Tais listas são também indicadas para a comparação entre a situação anterior ao estabelecimento do projeto (ou adoção da tecnologia), e a situação esperada após sua

Tabela 3. Exemplo de lista de controle descritiva para projeto de irrigação.

FATOR	CRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO
1. Modificação do regime hídrico a) Qualidade da água b) Quantidade e disponibilidade de água	<ul style="list-style-type: none"> ● Interferência da irrigação sobre usos múltiplos, presentes ou potenciais, do recurso hídrico (consideração de volume a ser consumido e conservação de qualidade, ou seja, método de irrigação e controle de escoamento).
2. Modificação do manejo do solo	<ul style="list-style-type: none"> ● Efeitos da aplicação de água na conservação de nutrientes (lixiviação, salinização) e do solo (controle de erosão, compactação, sistema de cultivo).
3. Modificação do sistema de produção	<ul style="list-style-type: none"> ● Tendências de introdução de culturas e cultivares, rotação, manejo da matéria orgânica e da palhada, pousio.
4. Modificação do comportamento de pragas e doenças	<ul style="list-style-type: none"> ● Avaliação da progressão de níveis de dano econômico, rotação, seleção de pesticidas e manejo integrado de pragas, métodos de aplicação de pesticidas (com implicações sobre contaminação).
5. Modificação da infra-estrutura	<ul style="list-style-type: none"> ● Capacidade de armazenamento e escoamento da produção.
6. Modificação das relações trabalhistas	<ul style="list-style-type: none"> ● Disponibilidade de mão-de-obra, regime de contratação, segurança do trabalhador, bem-estar social.
7. Modificação da base econômica	<ul style="list-style-type: none"> ● Valor da terra, capacidade de investimento, diversificação agropecuária.
8. Sustentabilidade do sistema	<ul style="list-style-type: none"> ● Conservação da base de recursos, existência e abertura de mercados, agroindustrialização e diversificação da produção.

implantação (ou adoção). Tomando-se o exemplo simplificado de lista de controle descritiva (Tabela 3), e incluindo uma escala de valores para a avaliação de diferentes técnicas de manejo do solo, é possível formular uma lista de controle escalar para a AIA do projeto de irrigação. A Tabela 4 mostra um exemplo de lista de controle escalar para projeto de irrigação envolvendo diferentes sistemas de cultivo: um convencional, outro conservador de solo e água (plantio direto) e uma variação do nível de impacto esperado para diferentes compartimentos ambientais. A situação anterior, sem irrigação, é tomada como base de comparação. Os valores de variação são atribuídos com base, por exemplo, na experiência de especialistas e suas expectativas de acordo com a situação considerada ou, quando dados objetivos estiverem disponíveis (no exemplo, parte dos dados segundo Thomas, 1995, em porcentagem decimal), ou forem obtíveis (através de medidas em campo), e poderão fornecer a escala a ser atribuída às alternativas.

Tabela 4. Exemplo de lista de controle escalar para projeto de irrigação.

FATOR	SISTEMA DE CULTIVO		VARIAÇÃO COMBINADA
	Plantio convencional	Plantio direto	PD - PC
1. Modificação do regime hídrico			
a) Qualidade da água	- 0,3	+ 0,2	+ 0,5
b) Quantidade e disponibilidade de água	- 0,1	+ 0,1	+ 0,2
2. Intensificação do manejo do solo	- 0,4	- 0,1	+ 0,3
3. Intensificação do sistema de produção	- 0,3	+ 0,2	+ 0,5
4. Modificação do comportamento de pragas e doenças	- 0,1	- 0,5	- 0,4
5. Modificação da infra-estrutura	- 0,4	- 0,1	+ 0,3
6. Modificação das relações trabalhistas	+ 0,4	+ 0,5	+ 0,1
7. Modificação da base econômica	+ 0,5	+ 0,8	+ 0,3
8. Sustentabilidade do sistema	—	—	—
Variação total	- 0,7	+1,1	
Variação diferencial			+1,8

Nesse exemplo, conclui-se que a introdução de irrigação mantendo-se o sistema convencional de cultivo, que envolve revolvimento repetido do solo e sua exposição à erosão, tende a causar um impacto negativo. Já a irrigação sob sistema de plantio direto, que tende a conservar o solo contra a erosão, traria um impacto positivo, inclusive por melhorias econômicas e sociais.

A variação diferencial (entre os dois sistemas, para cada parâmetro) indica quais parâmetros apresentam vantagens e aqueles que trarão melhorias mais significativas para o sistema, caso tenham seus problemas reduzidos, em especial por alteração tecnológica. Nesse sentido, as listas escalares se prestam também para o diagnóstico de demandas para o desenvolvimento tecnológico. No exemplo da Tabela 4, formas de manejo alternativas para controle de pragas e doenças, que diminuam o impacto do sistema de plantio direto nesse parâmetro, poderiam resultar em ganhos muito significativos. Já a variação combinada indica vantagem em se planejar o empreendimento adotando-se o sistema mais adequado, segundo o diagnóstico desenvolvido para a situação. A escala dos atributos pode assumir diferentes níveis de complexidade, desde variações médias de medidas tomadas em campo para ambos os sistemas, dados da literatura, resultados experimentais, ou escalas arbitrárias definidas pelo grupo de analistas.

Muitas vezes, os parâmetros para composição das listas são selecionados a partir de critérios estabelecidos na legislação, juntamente com seus limites de tolerância, como ocorrência de contaminantes em água, níveis admissíveis de ruído, emissão de poluentes, entre outros. Por comparação entre os limites de tolerância estabelecidos para cada critério e os níveis estimados ou previstos com a aplicação da tecnologia ou após o desenvolvimento do projeto, é possível caracterizar o impacto.

5.2.4. Questionários

Fiar-se na perícia de especialistas é alternativa comum para AIAs, tanto devido à dificuldade de realizar estimativas precisas do efeito de uma tecnologia ou projeto sobre um parâmetro ambiental, quanto devido à escassez de dados específicos, ou pelos altos custos para experimentação e coleta desses dados. Ademais, há quase sempre certo grau de subjetividade na interpretação de tendências obtidas na literatura, ou do grau de influência de um critério particular em uma análise complexa composta de vários critérios. Dessa forma, entre os peritos elegíveis para uma avaliação de impacto, o maior especialista tenderá a ser o próprio proponente, especialmente no caso de um pesquisador propondo desenvolvimento tecnológico. Compondose questionários nos quais os parâmetros listados balizem o julgamento do respondente, pode-se, à semelhança dos métodos *ad hoc*, valorar impactos ambientais.

Um exemplo da utilização de questionários foi o trabalho desenvolvido na Embrapa - Meio Ambiente para o programa PROCENSUL II, no qual se avaliaram mais de 160 projetos de desenvolvimento tecnológico agropecuário (Rodrigues, 1998). O questionário trazia uma introdução com conceitos pertinentes à AIA, uma descrição de objetivos e uma lista de atributos a serem valorados, bem como uma lista de controle para ocorrência de impactos em compartimentos ambientais possivelmente afetados pela aplicação da tecnologia. A própria composição do questionário envolveu várias rodadas de consulta a especialistas em questões ambientais, no intuito de compor um questionário adequado. Esses questionários foram respondidos pelos pesquisadores responsáveis pelos projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e, posteriormente, por um grupo de especialistas *ad hoc*. Em um "workshop" procedeu-se à avaliação das respostas e composição de consenso entre os diferentes avaliadores. Com base nesse consenso, é possível discorrer sobre os possíveis impactos da tecnologia.

A despeito das vantagens de empregar questionários (simplicidade, baixo custo, avaliação de situações hipotéticas), o problema da valoração da significância relativa de atributos ou mesmo de impactos identificados não é resolvido, o que é também verdadeiro para as outras listas de controle discutidas, mesmo as escalares (Bisset, 1987).

5.2.5. Lista de utilidade para multiatributos

Projetos nos quais se apresentam diversas alternativas geralmente revelam diferentes impactos entre elas, bem como níveis variáveis desses impactos, e a dificuldade reside em ponderar essa variabilidade em AIAs. Esse método se baseia na teoria da utilidade para multiatributos, na qual são ponderados os componentes principais em consideração, de acordo com a definição de sua importância para o processo estudado. Ainda que se fiando na percepção de especialistas, esse método oferece uma sistemática lógica para comparação de impactos e, por conseguinte, de projetos. O método da utilidade para multiatributo consiste em, primeiro, selecionar uma série de parâmetros indicadores (X_i) que possam ser medidos/estimados e que permitam formar um quadro claro de probabilidade dos impactos. Para cada parâmetro, deve-se obter medidas de estado (x_i), ou seja, valores de ocorrência real e potencial do parâmetro (X_i). Para as estimativas de ocorrência potencial com a implantação do projeto ou tecnologia, projetam-se os valores por meio de modelos e dados de literatura, ou com simulações de variados níveis de complexidade (Bisset, 1987).

Uma vez que os valores de ocorrência (x_i) dos parâmetros (X_i) sejam determinados, os princípios do método auxiliam o estabelecimento do nível de admissibilidade desses valores. Embora essa operação se firme ainda na percepção subjetiva de peritos, a teoria da utilidade para multiatributos fornece uma estrutura logicamente consistente para a definição de preferências pelos peritos. A base de raciocínio para o exercício de uma avaliação por utilidade para multiatributos pode ser compreendida pela Figura 2.

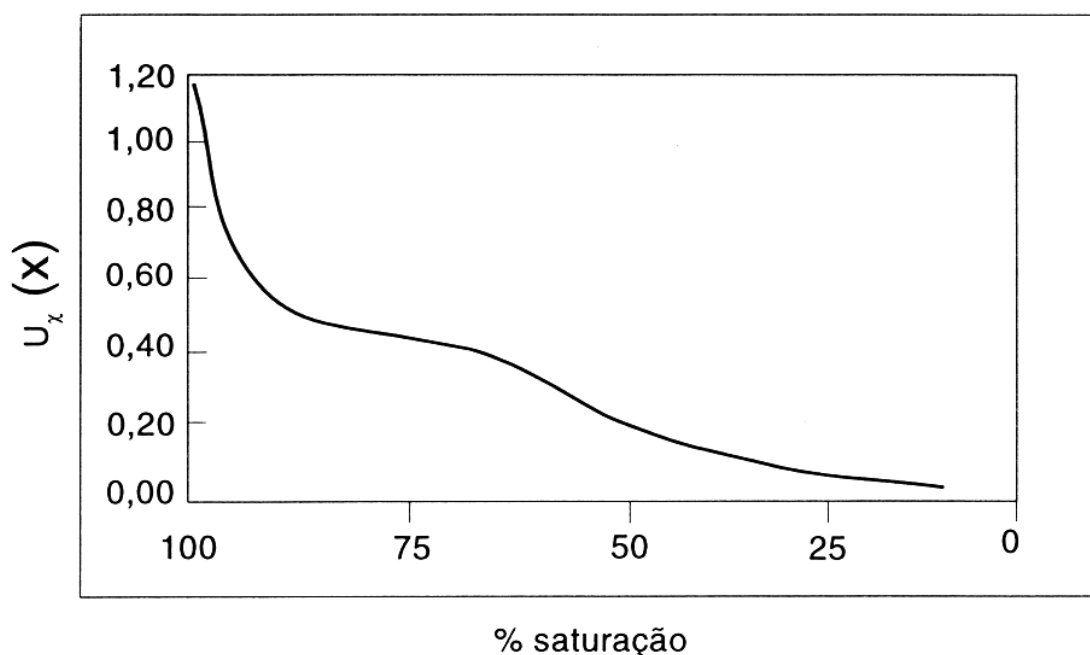


Figura 2. Função de utilidade (U_x) para porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido

Tomando-se por base um valor mínimo aceitável de 40% de saturação de O_2 dissolvido como adequado para a vida aquática, esse seria relacionado a uma utilidade (U_x) de apenas 0,20, tendo qualquer valor abaixo desse limite uma utilidade muito baixa. Quando a saturação aumenta para além de 60%, há um incremento desproporcional na utilidade, já que a água passa a apresentar, em relação a esse parâmetro, qualidade excelente.

Procedendo-se dessa forma, definem-se os méritos de diferentes valores possíveis (x_1, \dots, x_n) para todos os parâmetros (X_1, \dots, X_n), traçando-se curvas de utilidade. A seguir, atribuem-se constantes de importância (k) relativa ($\sum k = 1$) para os parâmetros baseando-se, novamente, na percepção de peritos. Finalmente, compõe-se um índice de qualidade ambiental (IQA) para cada situação analisada:

$$IQA = \sum_{i=1}^n k_i U_i(x_i)$$

O método assume independência ambiental entre parâmetros, embora estes normalmente sejam interdependentes.

Um exemplo da aplicação desse método no estudo dos impactos ambientais a montante e a jusante de uma microbacia intensivamente cultivada e com grande concentração de sistemas de irrigação em Guaíra (SP) (Ferreira *et al.*, 1996) é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Exemplo de aplicação do método de utilidade para multiatributo na avaliação do impacto ambiental de área intensivamente cultivada na qualidade da água em Guaíra (SP).

Parâmetro (Xi)	Situação	Montante	Jusante	Montante	Jusante
	Importância rel. (k)	$x_{i\text{ máx.}}$	$x_{i\text{ máx.}}$	U_i	U_i
Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	0,2	47,5	66,6	1	1
Nitrato (mg/L)	0,1	0,16	0,82	1	1
Amônia (mg/L)	0,1	0,12	0,46	1	1
Sódio (meq/L)	0,1	2,16	5,28	0,8	0,2
Sólidos em suspensão (mg/L)	0,2	21,6	29,5	0,8	0,5
Porcentagem de saturação O_2	0,3	64	26	0,5	0,1
			IQA	0,79	0,55

Fonte: Formulado a partir de FERREIRA *et al.* (1996).

Fica claro pela análise dos dados que, por esse método, um valor unitário corresponderia à situação ótima, representando um IQA mais alto, maior utilidade, ou seja, uma situação ou projeto preferível em relação àquela opção com IQA menor.

No exemplo da Tabela 5, nota-se que os sistemas de agricultura intensiva sob irrigação na microbacia estudada apresentam um impacto considerável, impondo uma degradação dos corpos d'água a jusante correspondente a 24% da qualidade ótima. O método permite ainda indicar os parâmetros ambientais mais afetados: no caso presente, níveis excessivos de sódio e sólidos em suspensão e escassez de oxigênio dissolvido.

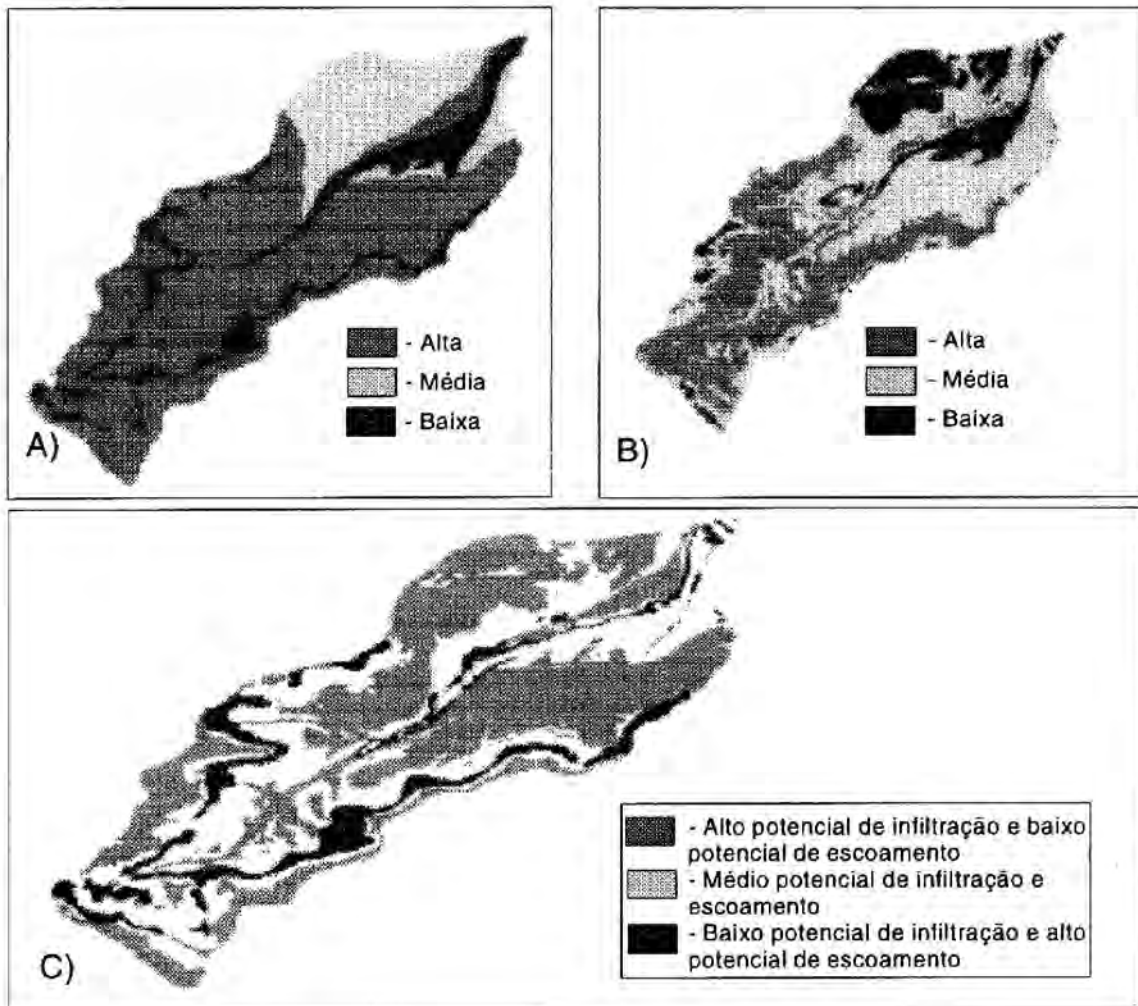
A aplicação do método depende de um conhecimento adequado da importância relativa de cada parâmetro e da definição adequada de funções de utilidade, mas oferece um modelo sistematizado que permite comparar as situações e projetos em uma mesma base de consideração.

5.3. Sobreposição de mapas

Essa é uma forma de relacionar informações sobre características ou processos ambientais georreferenciados. Inicialmente, o método consistia em simplesmente sobrepor imagens impressas em transparências, tomando o grau de recobrimento ou a intensificação de cor como demonstrativo do grau de impacto, de vulnerabilidade ou risco. Com a atual facilidade de utilizar computação gráfica em operações complexas, e empregando informações digitais obtidas por satélites, radares ou, mesmo, fotografias aéreas digitalizadas em sistemas de informações geográficas (SIG), os procedimentos se tornaram simples, rápidos, e capazes de manipular grande quantidade de informações e nas mais variadas escalas.

Em um exemplo do uso de sobreposição de mapas para a avaliação do impacto potencial do uso de agroquímicos em uma microbacia sobre área de recarga de aquífero no Estado de São Paulo, relacionaram-se informações georreferenciadas sobre declividade e condutividade hidráulica do solo, para composição da base de vulnerabilidade do aquífero (Neves *et al.*, 1997). O mapa resultante indica as áreas mais suscetíveis à lixiviação de agroquímicos, de forma que, em se definindo o regime de

aplicação ou a carga contaminante, pode-se prever o impacto potencial para as águas subterrâneas. Alternativamente, o mapa oferece uma base para a definição de restrições à aplicação de produtos, indicando as áreas frágeis (Figura 3).



Fonte: NEVES *et al.* (1997).

Figura 3. Exemplo de sobreposição de mapas para definição de áreas frágeis com alto potencial de impacto por aplicação de agroquímicos. A) Classificação quanto à condutividade hidráulica dos solos. B) Classificação quanto a declividade do terreno. C) Potencial de infiltração e escoamento superficial de água. As áreas com alto potencial de infiltração são mais suscetíveis à lixiviação de agroquímicos.

O resultado da sobreposição das informações contidas em cada um dos mapas-base (A e B), expresso na legenda do mapa final (C), indica os níveis potenciais de impacto, com especial referência à aplicação de agroquímicos. Altos potenciais de infiltração indicam áreas sujeitas a impactos sobre as águas subterrâneas, enquanto áreas com altos potenciais de escoamento indicam áreas exportadoras de contaminantes, cujos destinos podem ser obtidos no próprio mapa, em cota inferior.

A vantagem principal desse método é sua aplicabilidade direta na distribuição espacial dos impactos. Outra vantagem é que, com as atuais facilidades para digitalização das informações, torna-se possível criar modelos numéricos do terreno e, com computadores, operações complexas com esses modelos são factíveis, mesmo quando muitos mapas devem ser sobrepostos. Ademais, a expressão dos resultados na forma de mapas atinge imediatamente o leitor, seja ele um especialista, um administrador, seja o público em geral. Entretanto, há que se observar cuidadosamente os preceitos de rigor na extrapolação dos resultados das análises, pois a própria facilidade na obtenção e no tratamento das informações, muitas vezes em escalas grandes, e a qualidade gráfica dos mapas gerados, tendem a causar uma impressão de validade científica, o que por vezes pode não ser verdadeiro.

5.4. Redes de interação

São fluxogramas que representam uma seqüência de operações ou de interações entre componentes de um sistema. Assim sendo, compõem o primeiro método geral essencialmente sistêmico para AIAs.

Embora os métodos anteriormente relacionados careçam de, e aúfiram vantagens com um enfoque sistêmico, eles tendem a induzir a análise de parâmetros e a avaliação de ações de forma isolada e consecutiva. Já as redes de interação partem da concepção de sistemas *a priori*, tendendo a favorecer a apreciação dos parâmetros e ações de forma conjunta e simultânea.

Outra característica essencial das redes de interação é sua adequação para a identificação de impactos de ordem secundária, terciária ou superior, ou seja, impactos subseqüentes ao impacto principal e direto do programa ou tecnologia. Ademais, por sua natureza sistêmica, as redes de interação possibilitam a identificação de interações em vários sentidos entre os seus componentes (ou compartimentos), permitindo também a identificação das influências desses impactos de ordem superior sobre o impacto primário (retroalimentação ou “feedback”). Por exemplo, a extensão de uma monocultura a uma área antes diversificada pode implicar a redução das populações de organismos inimigos naturais de determinada praga da monocultura (impacto primário), demandando um acréscimo no uso de pesticidas que afetarão novamente de forma negativa os inimigos naturais (impacto secundário), causando maior redução populacional e reforçando o impacto inicial.

Redes de interação são um instrumento valioso para que a equipe interdisciplinar de AIA planeje as etapas do processo de avaliação, identifique as ações necessárias, os parâmetros e compartimentos ambientais suscetíveis e, especialmente, as interações entre esses. Por exemplo, uma rede de interação foi empregada para a proposição de uma abordagem de pesquisa de impactos ambientais na agricultura (Castro *et al.*, 1988), preconizando quatro etapas: 1) Reconhecimento (diagnóstico) em escala reduzida e estruturação de bancos de dados; 2) espacialização da síntese obtida pelo estudo de reconhecimento; 3) análise detalhada em áreas selecionadas para classificação de processos e padrões do ambiente, e 4) espacialização das informações detalhadas (AIA) e planejamento de medidas corretivas ou de desenvolvimento. Nesse estudo, a proposta era abrangente, aplicável a AIAs na agricultura em geral.

De cunho semelhante, porém com maior detalhe e especificidade, uma rede de interação foi proposta para a avaliação de impactos ambientais em agricultura irrigada (Lima & Valarini, 1996). Nesse caso, o sistema pode

ser considerado como um modelo esquemático conceitual do próprio projeto de pesquisa de AIA, pois relaciona os processos, compartimentos e tipos de impactos ambientais com as ações para sua avaliação e medidas de correção, de forma interativa. Esse fluxograma serviu tanto para orientar a inserção dos membros da equipe interdisciplinar de pesquisa em um amplo projeto de AIA da agricultura irrigada, como para fundamentar a construção de uma matriz de avaliação desses impactos, como será discutido adiante. O fluxograma é, contudo, tão amplo que certos compartimentos poderiam ser subdivididos em redes de interação específicas, adequadas à avaliação de um processo componente do problema maior.

Um exemplo de rede de interação especificamente concebida para a avaliação de um processo particular, no caso a estimativa da carga contaminante de agroquímicos com potencial para poluição de águas subterrâneas (Rodrigues *et al.*, 1997), é apresentado na Figura 4. De posse dessa rede de interação, os avaliadores derivaram equações para a estimativa de carga contaminante, incorporando um fator de capacidade de atenuação do solo.

Além de sua utilidade para a identificação de impactos e orientação metodológica de AIAs, as redes de interação são uma ferramenta adequada para a construção de suas matrizes. Na verdade, os métodos mais usados para AIA (Bisset, 1987) partem de uma rede de interação empregada para a concepção de uma matriz que indica que impactos e sobre quais compartimentos devem ser analisados. Matrizes de interação geralmente são compostas de uma lista de ações ou atividades (eixo vertical) inerentes ao projeto em análise contra uma lista de fatores ambientais (eixo horizontal) passíveis de sofrer impacto.

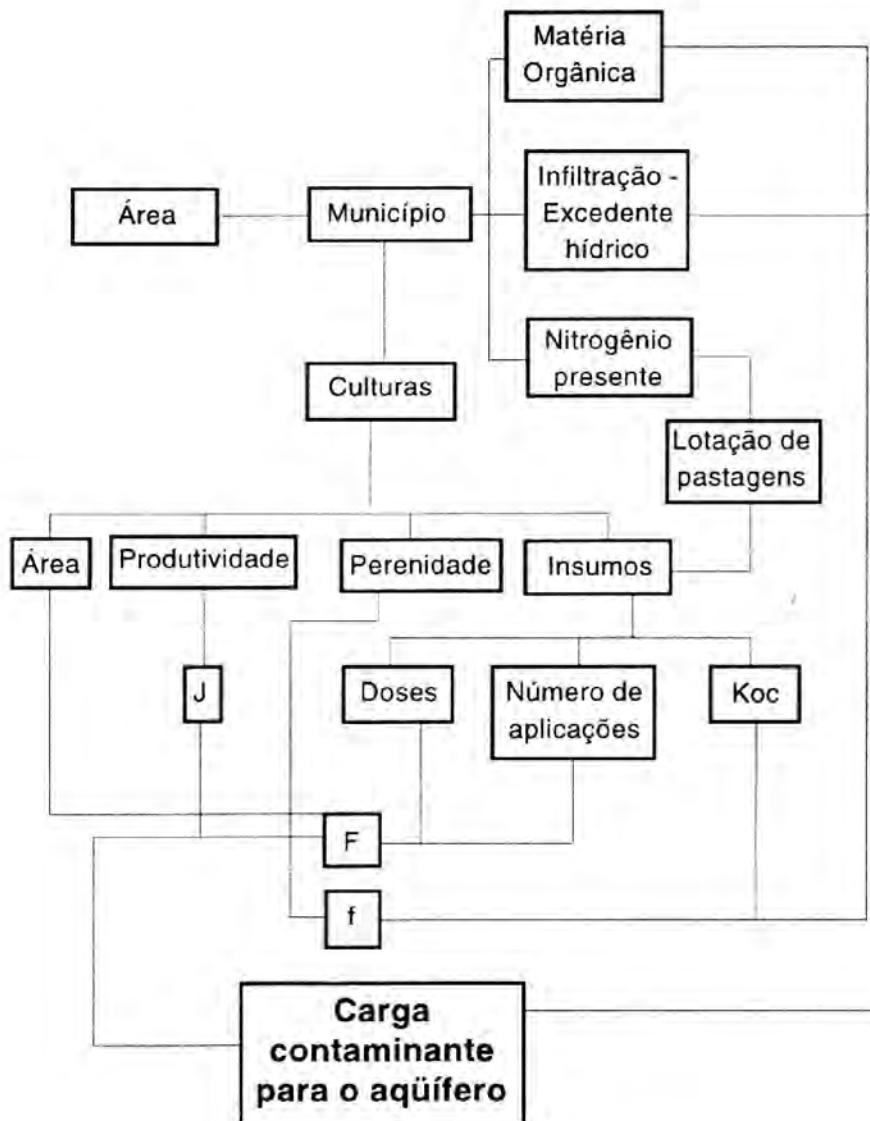


Figura 4. Esquema metodológico para estimativa da carga contaminante de pesticidas e nitrato para o aquífero. J : Produtividade ponderada; F : Carga contaminante aplicada; f : Capacidade de atenuação do solo.

Uma formulação de matriz de interação muito utilizada, conhecida como matriz de Leopold, desenvolvida pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos, contém 100 ações e 88 fatores ambientais, resultando em 8.800 interações possíveis (Bolea, 1980). Assim como listas de controle, as matrizes podem assumir vários níveis de complexidade, podendo as interações serem simplesmente identificadas com uma simples marca ou receber índices de importância, a exemplo do IQA anteriormente descrito, permitindo a avaliação direta de impactos.

5.5. Diagramas de sistemas

As redes de interação, embora permitam a identificação de impactos de vários níveis e de compartimentos ambientais suscetíveis, normalmente não oferecem nenhuma indicação de intensidade do impacto ambiental. A evolução desse método para uma aproximação mais quantitativa resultou no desenvolvimento dos diagramas de sistemas, cuja principal característica, aplicados a estudos ambientais, é a consideração do fluxo de energia como fator unificador do sistema.

Todos os processos operantes nos ecossistemas são resultado desse fluxo de energia, que é incorporada e transformada ao operar os processos ecológicos.

A análise energética de sistemas para a AIA tem como principal e mais acessível corrente metodológica os trabalhos de Odum (1983, 1994, 1996). Há uma notação específica para a construção dos diagramas, com símbolos utilizados para expressar cada tipo de componente, como fontes de energia, produtores, consumidores, estoques e transações (envolvendo dinheiro) e interações energéticas. Esses componentes são ligados por linhas montando um circuito de fluxo (Figura 5), que então representa o sistema. Pela sua análise, pode-se avaliar os efeitos de ações que modifiquem os fluxos e, por conseguinte, o comportamento do sistema e sua produtividade, indicando o impacto das ações.

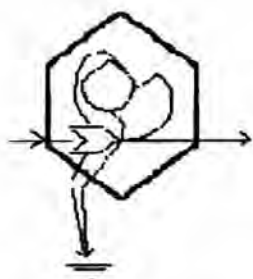
Para avaliar todos os fluxos e reservatórios de um sistema com base em uma unidade comum emprega-se a energia solar, definida como *a energia utilizada direta ou indiretamente para produzir um bem ou serviço. Sua unidade é o emjoule solar (sej)*. Com o objetivo de permitir a visualização da contribuição da energia em termos econômicos, emprega-se a *relação entre a energia nacional (ou mundial) total e o produto interno bruto (PIB) de uma economia: sua unidade é o EM\$ (valor monetário macroeconômico)*. A maior dificuldade se encontra em obter informações sobre a energia contida ou fluindo entre os compartimentos. Por outro lado, grande parte dos valores médios globais de conteúdo e de fluxo energético vêm sendo calculados, encontrando-se disponíveis na literatura (Odum, 1996): são denominados *transformidade* de um recurso, bem, ou serviço - ou seja, sua expressão em termos da memória energética solar (em sej).

Exemplos de diagramas de sistema simples, para expressão do comportamento de processos de acumulação diante de fontes renovável e não renovável de energia (Brown, 1996) são apresentados na Figura 6.

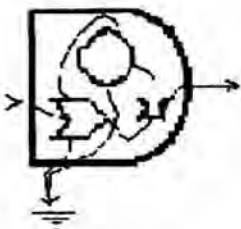
Os diagramas de sistemas podem assumir formas extremamente complexas e ser aplicados na análise de sistemas nas mais variadas escalas, desde sistemas de acumulação simples, como os exemplificados, que podem ser considerados como representando uma mina e uma planta (Figura 6, diagramas A e B respectivamente), até sistemas complexos, como um estuário, um país, ou o globo terrestre (Odum, 1996, págs. 25, 185 e 37 respectivamente).

5.6. Modelos de simulação

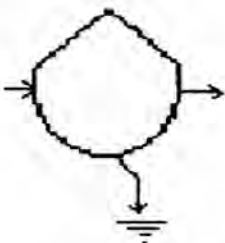
Tais modelos podem ser derivados diretamente a partir de diagramas de sistemas. O método proposto por Odum (1996) é didaticamente adequado a essa derivação, empregando programação em BASIC. Com efeito, basta que se sigam as linhas de fluxo energético dos diagramas do sistema incorporando equações de interação entre os compartimentos para que seja possível escrever programas simples que simulem os sistemas. Na Tabela 6 encontram-se os programas para simulação dos dois sistemas apresentados na Figura 6.



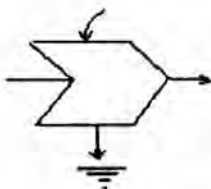
Consumidor - unidade que faz uso dos produtos dos produtores, como animais, homens e cidades.



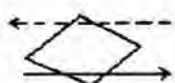
Produtores - unidade que produz, a partir de energia, matérias-primas, como vegetais, e fábricas.



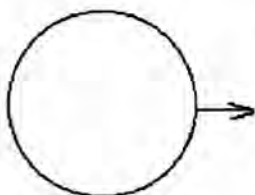
Estoque - unidade onde a energia é estocada, como biomassa, solo, matéria orgânica, água subterrânea.



Interação - processo que combina diferentes tipos de fluxos de energia e de materiais.



Transação - troca comercial de dinheiro por energia, materiais ou serviços.



Fonte de energia - energia que acompanha cada um dos recursos usados pelos ecossistemas, como Sol, ventos, marés, ondas, chuva, sementes trazidas pelo vento, água pura.

Figura 5. Simbologia para diagramação de sistemas (BROWN, 1996; ODUM, 1996)

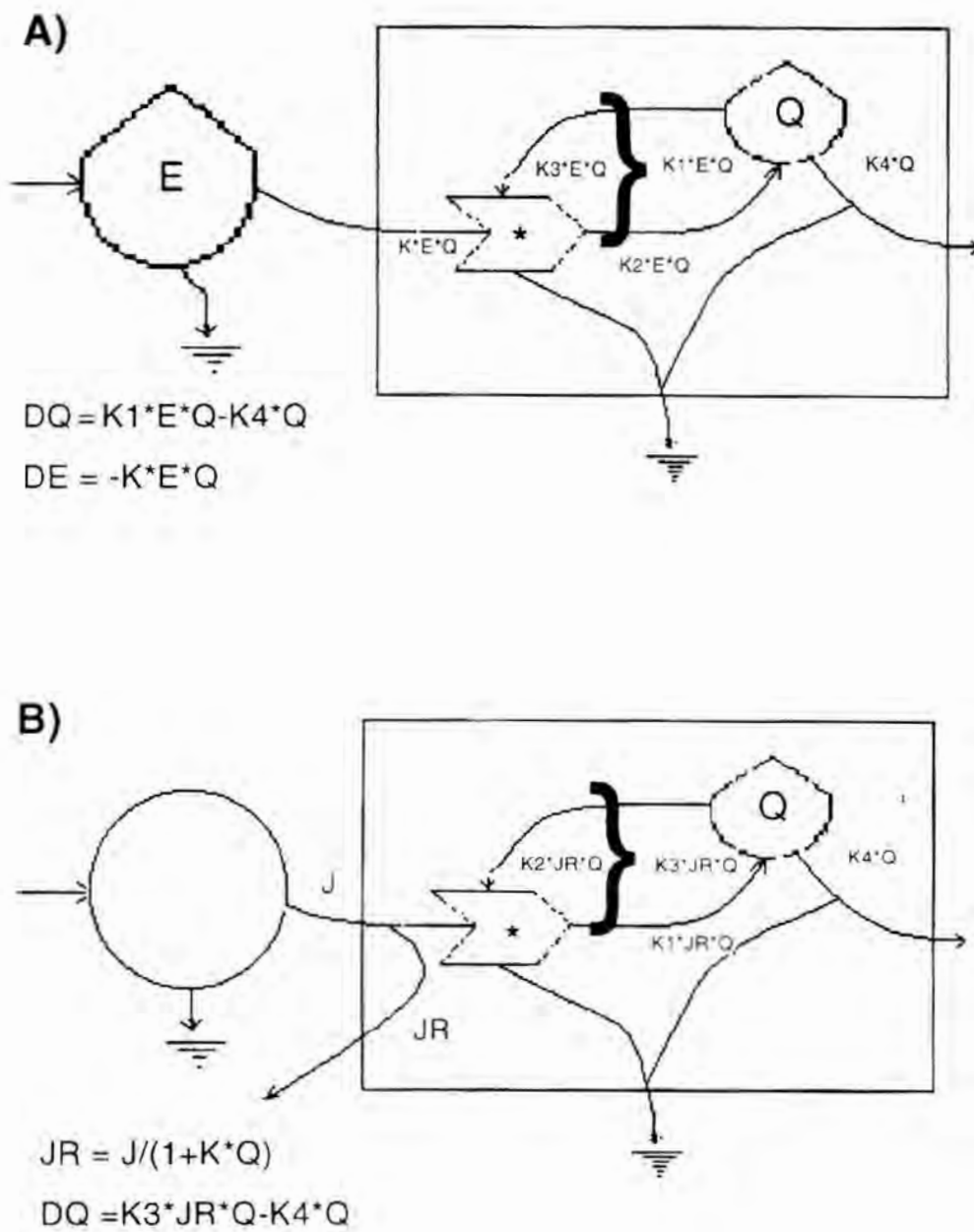


Figura 6. Exemplos de diagramas simples de fluxo energético (BROWN, 1996). **A)** Processo de acumulação a partir de fonte não renovável; **B)** Processo de acumulação a partir de fonte renovável

Quando executados, esses programas produzirão gráficos representando o comportamento dos sistemas, em especial, a evolução de conteúdo de energia para os estoques (Q e E), conforme Figura 7.

A maior vantagem do emprego de modelos de simulação é a concentração da informação tão somente naquilo que é essencial para a definição do comportamento do sistema, a fim de evitar excesso de complexidade na elaboração dos modelos. Isso é importante, uma vez que os métodos com base em listas de controle e redes de interação podem tender à “síndrome de medir tudo,” na tentativa de evitar a contestação dos resultados por falta de abrangência das informações (Bisset, 1987). Como a inclusão de cada novo fluxo energético em um modelo agrega complexidade (e a possibilidade de introduzir erros) exponencialmente ao número de fluxos, já que nos modelos cada um e todos os compartimentos interagem, é sempre preferível manter os modelos o mais simples e objetivos possível, evitando-se a complexidade supérflua.

O método de modelo de simulação exemplificado é apenas um de uma gama de possibilidades metodológicas. Na verdade, há hoje, disponível na literatura, grande variedade de sistemas ou pacotes informatizados contendo modelos agregados para o estudo do ambiente, e da agricultura e manejo agrícola em geral. Em especial, há modelos para avaliação de aspectos importantes das AIAs, como simulação da dinâmica de solutos em solos e águas, efeitos de práticas agrícolas e medidas de conservação do solo sobre a erosão, simulação climática e hidrológica, entre muitos outros. Para um aprofundamento de conhecimentos na área de modelagem matemática, inclusive com indicação de escolha de modelos para aplicações específicas, recomenda-se a compilação oferecida por Pessoa *et al.* (1997).

Essa breve fundamentação metodológica tem o principal objetivo de familiarizar o leitor com os procedimentos gerais adotados em AIAs. Se, por um lado, nota-se a amplitude de enfoques passíveis de aplicação para o desenvolvimento de avaliações, percebe-se por outro, que o avaliador

necessita, tão-somente, tomar a iniciativa de introduzir o procedimento de AIA. O resultado esperado é o melhor desempenho de seu projeto, em especial nos aspectos referentes aos efeitos e conseqüências do desenvolvimento tecnológico sobre o ambiente.

Tabela 6. Programas para simulação de sistemas de acumulação a partir de fontes renovável e não renovável de energia.

Fonte energética renovável	Fonte energética não renovável
10 REM (Crescimento a partir de fonte renovável)	10 REM (Crescimento a partir de fonte não renovável)
20 CLS	20 CLS
25 SCREEN 1, 0: COLOR 0, 0	25 SCREEN 1, 0: COLOR 0, 0
30 LINE (0, 0)-(319, 180), 1, B	30 LINE (0, 0)-(319, 180), 1, B
40 J = 45	40 E = 160
50 Q = .1	50 Q = .1
60 K = .1	60 K = .001
70 K3 = 8.000001E-03	70 K1 = .001
80 K4 = .03	80 K4 = .03
100 PSET (T, 180 - Q), 2	100 PSET (T, 180 - Q), 2
110 JR = J / (1 + K * Q)	120 PSET (T, 180 - E), 1
120 DQ = K3 * JR * Q - K4 * Q	130 DQ = E * K1 * Q - K4 * Q
130 Q = Q + DQ	140 DE = -K * E * Q
140 T = T + 1	150 Q = Q + DQ
150 IF T < 319 GOTO 100	160 E = E + DE
	170 T = T + 1
	180 IF T < 319 GOTO 100

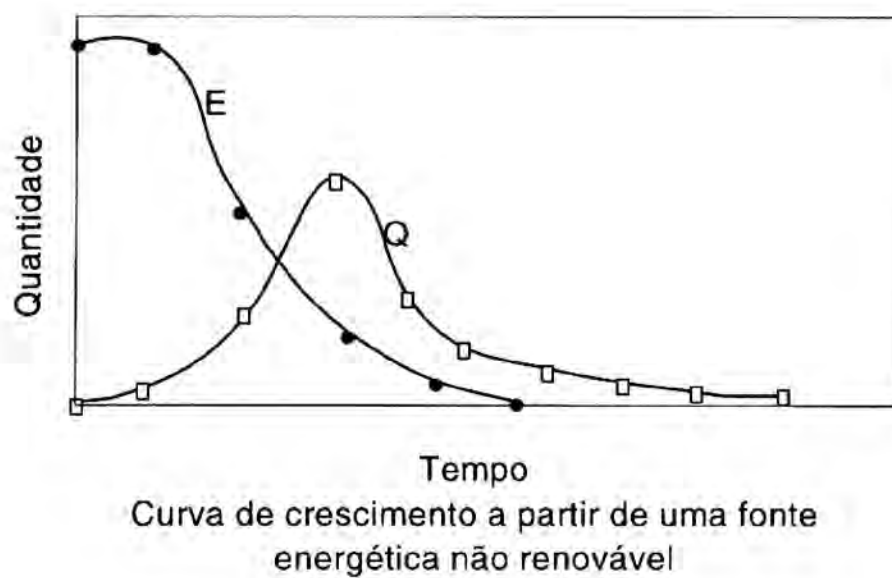
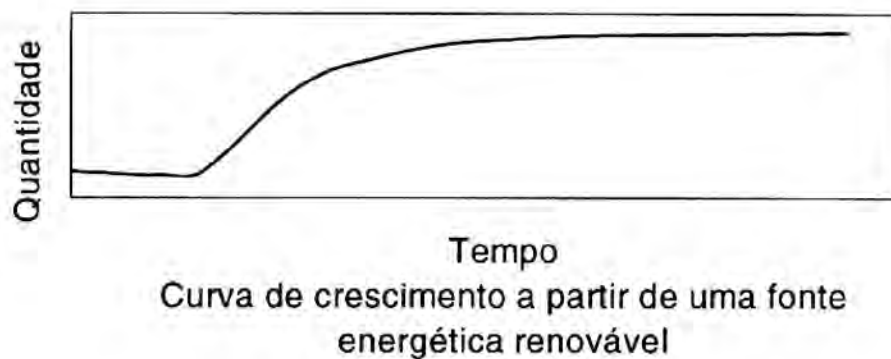


Figura 6. Gráficos de comportamento de sistemas de acumulação a partir de fontes energéticas renovável e não renovável.

Prioritário sobre a definição do enfoque metodológico a ser adotado para a AIA de projetos de desenvolvimento tecnológico agropecuário é a postura prática da equipe interessada na avaliação. Para realizar qualquer AIA, os ingredientes de sucesso abaixo devem ser seguidos (Sadler, 1996):

Ingredientes de sucesso para AIAs

- ◆ **Precocidade:** considerar planejamento um investimento no sucesso.
- ◆ **Alcance:** identificar os focos prioritários para que a análise ambiental se concentre na natureza e significância dos efeitos potenciais (nunca vice-versa).
 - ◆ **Termos de referência:** estabelecer claramente cronogramas, atribuições, responsabilidades.
 - ◆ **Método:** empregar método apropriado à situação e ao alcance, exercitando praticidade contra complexidade.
 - ◆ **Consulta:** assegurar que os agentes envolvidos tenham voz, aproveitando oportunidades de consulta para coleta de dados e definição de alcance em acordo com necessidades e capacidades dos agentes (evitar a todo custo consulta para simples formalização de decisões previamente tomadas - talvez a mais importante fonte de insucesso para a efetividade de AIAs).
 - ◆ **Melhor ciência praticável:** buscar orientação na aplicação de métodos mais complexos. Excesso metodológico é normalmente um importante problema em avaliações ambientais, com efeitos negativos em eficiência, efetividade e significância dos resultados.
 - ◆ **Avaliação de significância:** definir critérios para a aceitabilidade dos impactos com base na probabilidade, extensão e severidade dos efeitos ambientais (e suas conseqüências sociais), reconhecendo que a avaliação de significância deve ser um processo contínuo, que compreenda a avaliação da eficácia das medidas de mitigação indicadas.

continua

Continuação

◆ **Mitigação:** orientar imediatamente as medidas sugeridas a partir das análises para a resolução de problemas diagnosticados.

◆ **Relatório:** um relatório de impacto ao meio ambiente (RIMA) deve ser produzido em linguagem acessível para que tomadores de decisão e outros usuários possam identificar: os problemas, os impactos previstos e conseqüências estimadas com a adoção da tecnologia ou desenvolvimento do projeto, bem como das alternativas consideradas; os limites de confiança da análise, os principais conflitos entre agentes e grupos de interesse envolvidos.

◆ **Revisão de qualidade:** realizar uma avaliação de qualidade, ou por uma rápida revisão ou uma conferência pública completa dos procedimentos adotados e da coerência dos resultados alcançados.

◆ **Acompanhamento:** checar, posteriormente à conclusão da AIA, a propriedade dos resultados e recomendações, mediante quatro procedimentos essenciais:

1. inspeção para assegurar que recomendações são acatadas e implementadas;
2. monitoramento de efeitos para determinar se impactos ocorrem como previsto;
3. manejo dos impactos para corrigir problemas não antecipados;
4. auditoria de impactos e avaliação do processo, a fim de aprender com a experiência, disseminar a informação, e frear a "reinvenção" de AIA.

Quando há oportunidade de adotar uma perspectiva *ex-ante* para a AIA, como é geralmente característico para a avaliação do desenvolvimento tecnológico agropecuário, os aspectos mais complexos e conflituosos tendem a ser minimizados. Nesse sentido, o que é hoje denominado avaliação ambiental estratégica (AAE) é um passo adiante para a avaliação de projetos de pesquisa.

6. AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA - UM PASSO À FRENTE PARA A AIA.

A avaliação ambiental estratégica (AAE) não se caracteriza simplesmente pela prematuridade de início do procedimento em relação aos planos e projetos, mas, também, por confrontar sempre as ações de desenvolvimento propostas para análise com políticas e planos macroeconômicos estabelecidos para a região em apreço. Na verdade, provisões para AAE estão presentemente incluídas em todas as agências importantes de fomento a programas de desenvolvimento do mundo (Lee & Walsh, 1992). Propõe-se que a AAE seja uma atividade precedente à AIA, ou seja, que ambos os procedimentos sejam consecutivamente aplicados no sentido de averiguar a adequação do plano junto às políticas setoriais, e sua perspectiva de sucesso e qualidade ambiental e social após implantação.

Metodologicamente falando, os dois procedimentos apresentam a mesma moldura: a AAE procura circundar os problemas típicos das AIAs, por iniciar as avaliações desde o momento da escolha da própria forma de desenvolvimento que se intenta para uma área, considerando a seleção de corrente tecnológica e, portanto, levando em conta necessariamente a capacidade de manejo e o conhecimento e experiência da população local. Por aplicar-se antes da efetiva ocorrência de impactos ambientais, a AAE normalmente baseia-se em julgamentos subjetivos e emprega dados existentes ou secundários nas avaliações (Haque, 1991). Disso, depreende-se que o objetivo primário pode ser definir, de maneira flexível com base no melhor julgamento, formas de manejo autocorretivas, sempre seguindo o princípio da precaução.

Pelo fato de basear-se nesse princípio e caracterizar-se pela consideração apriorística de políticas e planos predeterminados, a AAE favorece o *julgamento* do projeto de desenvolvimento ou inovação tecnológica, de acordo com certos preceitos. De acordo com Sippe (1996), há uma lista

básica de preceitos para o julgamento ambiental estratégico, qualificando impactos como negociáveis, ou seja, aqueles aceitáveis quando o benefício do projeto ou tecnologia assim justifique; em contraposição a impactos não negociáveis, aqueles cuja ocorrência implica perdas irreparáveis:

Bases para julgamento ambiental estratégico

Impactos negociáveis	Impactos não negociáveis
Ecológicos	
◆ Ausência de degradação além da capacidade de suporte	◆ Degradação de sistemas essenciais de suporte à vida
◆ Ausência de degradação de sistemas produtivos	◆ Abalo à integridade ecológica ◆ Perda de biodiversidade
◆ Uso racional de recursos naturais conservação	◆ Destruição do estado de
Sociais	
◆ Partição razoável de custos e benefícios	◆ Perda de vida humana
◆ Partição razoável de equidade intergerações	◆ Redução excessiva na segurança e saúde pública
◆ Compatibilidade com objetivos e políticas ambientais	◆ Degradação excessiva da qualidade de vida

A AAE vem a ser, então, um complemento das avaliações de impactos, especialmente adequada para os estudos de projetos de desenvolvimento tecnológico.

7. CONCLUSÃO

Por força do acentuado grau de especialização para que o pesquisador de ciência e tecnologia possa desenvolver um trabalho de ponta em nossos dias, e devido ao caráter essencialmente generalista necessário para a abordagem da problemática ambiental de projetos e planos de desenvolvimento, preconiza-se que as equipes interdisciplinares de pesquisa sempre se apoiem em métodos de AIA para a definição de seus projetos, desde a concepção até o acompanhamento dos resultados. Partindo-se de um código de postura direcionado para o desenvolvimento sustentável, e de um amplo arcabouço metodológico suficientemente diversificado para permitir a adaptação de formas de avaliação adequadas às mais variadas situações, oferece-se às equipes um embasamento teórico cujo objetivo principal é motivar a inserção dos procedimentos de AIA como atividade de rotina para os projetos de desenvolvimento tecnológico. Com a incorporação desses procedimentos, a pesquisa agropecuária poderá obter mais um ganho de qualidade, evitando impactos secundários anteriormente imprevisíveis, e adequando-se aos paradigmas de equidade social e qualidade ambiental preconizados pela comunidade mundial.

8. ABSTRACT

This document intends to motivate researchers involved in the design and development of agricultural technologies to apply environmental impact assessment (EIA) procedures as an evaluation tool in all phases of their research projects. The expected outcomes of such an attitude refer to the possibility of ameliorating the very premises of the research in matters of the environment, predisposing the researcher to a pro-active approach for the consideration of ecologically pertinent issues in the technology development process. There is also consideration about the advantages of offering ecologically friendly arguments in favor of the research proposition itself - when appropriate - improving the prospects for funding. The text explains the reasons for the current relevance deposited worldwide on environmental issues, the prominence of the EIA procedure for the onset of the sustainability paradigm, and the posture expected from researchers involved in EIAs. Furthermore, the methodological frames available for the EIA of agricultural technology development projects are revised and commented, in order to offer the researcher a knowledge of the main procedures and their principal limitations. Finally, it is argued that when the EIA process begins concurrently with the conception of the technology itself, i.e., *ex-ante* to technology implementation, the likelihood of "harvesting negative secondary impacts" is lessened, lowering the risks and improving the productivity of research in agricultural technology development.

9. RESUMO

Este documento tem o objetivo de motivar os pesquisadores envolvidos na concepção e desenvolvimento de tecnologias agropecuárias a aplicar procedimentos de avaliação de impactos ambientais (AIA) como instrumento de apreciação de seus projetos de investigação, em todas as suas fases. Os resultados esperados deverão permitir uma adequação dos projetos de pesquisa no tocante a questões ambientais, facilitando uma abordagem proativa no processo de desenvolvimento tecnológico. Consideram-se também as vantagens de oferecer argumentos ecologicamente favoráveis para o projeto de pesquisa em si - quando apropriado – melhorando as perspectivas de captação de recursos financeiros. O texto expõe os motivos para a atual relevância mundialmente depositada nas questões ambientais, o valor dos procedimentos de AIA para o amadurecimento do paradigma da sustentabilidade, e a postura esperada dos pesquisadores envolvidos nas avaliações. Além disso, os métodos disponíveis para a AIA de projetos de desenvolvimento tecnológico agropecuário são revistos e comentados, oferecendo aos pesquisadores uma base de conhecimentos dos principais procedimentos e suas limitações. Finalmente, argumenta-se que quando o processo de AIA é iniciado simultaneamente à própria concepção da tecnologia, isto é, *ex-ante* à sua implementação, a probabilidade de ocorrerem impactos secundários negativos é minimizada, diminuindo os riscos e aumentando a produtividade da pesquisa de desenvolvimento tecnológico agropecuário.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Clayton Campanhola, Luiz José Maria Irias, Perseu Fernando dos Santos e a três revisores anônimos por suas muitas sugestões, que melhoraram sensivelmente o texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZQUETA, D. Social project appraisal and environmental impact assessment: a necessary but complicated theoretical bridge. **Development Policy Review**, v. 10, n. 3, p. 255-270, 1992.
- BARBIER, E. B. Economic valuation of environmental impacts. **Project Appraisal**, v. 3, n. 3, p. 143-150, 1988.
- BARBIER, E. B.; BURGESS, J. C.; FOLKE, C. **Paradise lost? The ecological economics of biodiversity**. London: Earthscan Publications, 1994. 267 p.
- BARBIER, E. B.; MARKANDYA, A.; PEARCE, D. W.; JOHANSSON, P. O. Sustainable agricultural development and project appraisal. **European Review of Agricultural Economics**, v. 17, n. 2, p. 181-196, 1990.
- BISSET, R. Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies. In: Biswas, A.K.; Geping, Q., ed. **Environmental impact assessment for developing countries**. London: Tycooly International, 1987. p. 3-64.
- BOLEA, M. T. E. **Las evaluaciones de impacto ambiental**. Madrid: Centro Internacional de Formación de Ciencias Ambientales, 1980. 100 p.
- BROWN, M. T. *Comunicação Pessoal* - Introductory minimodels for Ecological Economics. Course handout. **Center for Wetlands, University of Florida**. 1996. 49 p.
- CANTER, L. W. **Environmental impacts of agricultural production activities**. Chelsea, Lewis Publishers, 1986. 382 p.
- CASTRO, A. G. DE; RODRIGUES, G. S.; FERREIRA, M. C. Proposta para a abordagem do dilema agricultura x meio ambiente. **Ciência e Cultura**, v. 40, n. 7, p. 646-651, 1988.

- COATES, J. F. Technology assessment: the benefits, the costs, the consequences. **The Futurist**, p. 225-231, 1971.
- CRITTENDEN, R.; LEA, D. A. M.; LAI, K. C. Project appraisal, aid and impact monitoring: a comment. **Journal of Agricultural Economics**, v. 39, n. 2, p. 277-282, 1988.
- DUMANSKI, J.; BENTLEY, C. F.; BRKLACICH, M. Guidelines for evaluating sustainability of land development projects. **Entwicklung + Landlicher Raum**. v. 24, n. 3, p. 3-6, 1990.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental (Jaguariúna, SP). **Plano Diretor do Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental (CNPMA)**. Brasília: Embrapa SPI, 1993. 38p. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 1).
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental (Jaguariúna, SP). **Programa Qualidade Ambiental**: documento orientador. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1995.
- FERNANDES, A. J. Introducing social evaluation for improved project performance: a suggested checklist approach. **Project Appraisal**, v. 5, n. 1, p. 11-18, 1990.
- FERREIRA, C. J. A.; LUCHIARI JR., A.; TOLEDO, L. G. DE; LUIZ, A. J. B.; ROCHA, J.; LELIS, L. L. Influência dos sistemas agrícolas irrigados por aspersão sobre a qualidade dos recursos hídricos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 1996, Campinas, SP. **Anais**. Campinas: ABID, 1996. p. 467-478.
- FLORES, M. X.; QUIRINO, T. R.; NASCIMENTO, J. C.; RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. **Pesquisa para agricultura auto-sustentável - perspectivas de política e organização na Embrapa**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. (EMBRAPA-SEA, Documentos, 5)
- GREEN, C. H.; TUNSTALL, S. M.; N'JAI, A.; ROGERS, A. Economic evaluation of environmental goods. **Project Appraisal**, v. 5, n. 2, p. 70-82, 1990.
- HAQUE, M. M. Sustainable development and environment: a challenge to technology choice decision-making. **Project Appraisal**, v. 6, n. 3, p. 149-157, 1991.

- IBAMA. **Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas**. Brasília: IBAMA/DIRPED/DEDIC/DITEC, 1995. 134 p.
- JOHANSEN, G. The Danish Experience - The perspective of the Ministry of Environment. In: DE BOER, J.J.; SADLER, B., ed. **Environmental assessment of policies**: briefing papers on experience in selected countries. Zoetermeer, The Netherlands: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1996. p. 47-50.
- LAI, K. C. Project impact monitoring - a rejoinder. **Journal of Agricultural Economics**, v. 39, n. 2, p. 281-282, 1988.
- LEE, N.; WALSH, F. Strategic environmental assessment: an overview. **Project Appraisal**, v. 7, n. 3, p. 126-136, 1992.
- LIMA, M. A. DE; VALARINI, P. Desenvolvimento de modelo conceitual metodológico de análise de impacto ambiental em áreas de agricultura irrigada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 1996, Campinas, SP. **Anais**, Campinas: ABID, 1996. p. 427-446.
- LUTZ, E.; MUNASINGHE, M. Integration of environmental concerns into economic analyses of projects and policies in an operational context. **Ecological Economics**, v. 10, n. 1, p. 37-46, 1994.
- MADDOCK, N. Has project monitoring and evaluation worked? **Project Appraisal**, v. 8, n. 3, p. 188-192, 1993.
- NEVES, M. C.; GOMES, M. A. F.; LUIZ, A. J. B.; SPADOTTO, C. A. Mapeamento do potencial de infiltração e escoamento superficial da água para a microbacia do Córrego Espriado - Ribeirão Preto (SP). In: WORKSHOP ON SPECIAL TOPICS ABOUT SOIL PHYSICS AND CROP MODELLING AND SIMULATION, 199, Piracicaba (SP). **Anais**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. p. 55-59 (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 6).
- ODUM, H. T. **Systems ecology**. New York: Wiley, 1983. 644 p.
- ODUM, H. T. The eMergy of natural capital. In: JANSSON, A.; HAMMER, M.; FOLKE, C.; COSTANZA, R., ed. **Investing in natural capital**: the ecological economics approach to sustainability. Washington, D.C.: Island Press, 1994. p. 200-214.
- ODUM, H. T. **Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making**. New York: John Wiley & Sons, 1996. 370 p.

- PADC Environmental Impact Assessment and Planning Unit. **Environmental impact assessment**. Boston: Martinus Nijhoff, 1983. 439 p.
- PESSOA, M. C. P. Y.; LUCHIARI JR., A.; FERNANDES, E. N.; LIMA, M. A. de. **Principais modelos matemáticos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. 94p. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos. 8).
- PINHEIRO, S. L. G. Alternativas para avaliação de impactos ambientais, sociais e regionais na análise de projetos de desenvolvimento. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 28, n. 1, p. 47-70, 1990.
- PORTER, A. L. Technology assessment. **Impact Assessment**, v. 13, p. 135151, 1995.
- QUIRINO, T. R.; RODRIGUES, G. S.; IRIAS, L. J. M. **Ambiente, sustentabilidade e pesquisa: tendências da agricultura brasileira até 2005**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. 21p. (EMBRAPA-CNPMA. Pesquisa em Andamento, 2).
- RODRIGUES, G. S. Evaluación de impactos ambientales de proyectos de desarrollo tecnológico agropecuario. In: PUIGNAU, J.; RUZ, E.; RIQUELME, H., ed. **Valoración económica en el uso de los recursos naturales y del medio ambiente**. Montevideo: IICA/PROCISUR, 1998. No prelo.
- RODRIGUES, G. S.; PARAIBA, L. C.; BUSCHINELLI, C. C. Estimativa da carga contaminante de pesticidas e nitrato para as águas subterrâneas no Estado de São Paulo. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 7, p. 89-108, 1997.
- SADLER, B., ed. **Environmental assessment in a changing world: evaluating practice to improve performance**. [S.l.]: Canadian Environmental Assessment Agency: International Association for Impact Assessment, 1996. 248 p.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo. **Estudo de impacto ambiental – EIA e relatório de impacto ambiental - RIMA: Manual de Orientação**. São Paulo: SEMA – Coordenadoria de Planejamento Ambiental, 1992. 39 p.
- SIPPE, R. A. D. The Australian State Experience - Western Australia. In: DE BOER, J.J.; SADLER, B., ed. **Environmental assessment of policies: briefing papers on experience in selected countries**. Zoetermeer, The Netherlands: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1996. p. 5-26.

- SURHEMA-GTZ. **Manual de avaliação de impactos ambientais**. Curitiba: Secretaria Especial do Meio Ambiente, 1992.
- TACCONI, L.; TISDELL, C. Rural development projects in LDCs: appraisal, participation and sustainability. **Public Administration and Development**, v. 12, p. 267-278, 1992.
- THOMAS, G. W. Analisis de la sustentabilidad del sistema de siembra directa en comparación con la labranza convencional. In: PUIGNAU, J.P.; CAUSARANO, H.; SCHVARTZMAN, J., ed. **Avances en siembra directa**. Montevideo: IICA/PROCISUR, 1995. p. 15-45.
- VAN PELT, M. J. F. Ecologically sustainable development and project appraisal in developing countries. **Ecological Economics**, v. 7, n. 1, p. 19-42, 1993.
- VAN PELT, M. J. F. Sustainability-oriented appraisal of agricultural projects. **Journal of International Development**, v. 6, n. 1, p. 57-78, 1994.
- VERHEEM, R. Environmental assessment at the strategic level in the Netherlands. **Project Appraisal**, v. 7, n. 3, p. 150-156, 1992.
- VITOUSEK, P. M.; EHRLICH, P. R.; EHRLICH, A. H.; MATSON, P. A. Human appropriation of the products of photosynthesis. **BioScience**, v. 36, n. 6, p. 368-373, 1986.
- WARFORD, J. Environment, growth and development. **Project Appraisal**, v. 2, n. 2, p. 75-87, 1987.
- WOOD, C. Strategic environmental assessment in Australia and New Zealand. **Project Appraisal**, v. 7, n. 3, p. 143-149, 1992.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental
Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Ministério da
Agricultura e do
Abastecimento