

AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AGROPECUÁRIA - aplicação do sistema Ambitec

Luiz José Maria Irias¹

Luciano Gebler²

Júlio César Pascale Palhares³

Morsyleide de Freitas Rosa⁴

Geraldo Stachetti Rodrigues⁵

RESUMO: Utiliza-se a metodologia Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária (Sistema Ambitec), segmentos agropecuária (Ambitec Agro), produção animal (Ambitec Produção Animal) e agroindústria (Ambitec Agroindústria) na avaliação de impactos ambientais (ecológicos) dos casos de inovações agropecuárias: uva Niágara rosada para regiões tropicais, poedeira Embrapa 051 e módulos múltiplos para processamento de castanha de caju. Por se tratar de uma metodologia dirigida exclusivamente para avaliação de impactos ecológicos, os estudos devem ser complementados por avaliações específicas para as outras dimensões relevantes de avaliação de impactos. As estimativas obtidas validam a metodologia notadamente em suas características de praticidade, simplicidade, baixo custo e sua natureza integrativa de resultados. Os coeficientes e índices de impacto ambiental estimados permitem sugerir medidas de melhoria tecnológica mitigando resultados negativos e potencializando resultados positivos.

Palavras-chave: avaliação, impacto ambiental, inovação tecnológica, agropecuária, metodologia Ambitec.

ASSESSING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF AGRICULTURAL TECHNOLOGICAL INNOVATIONS - An application of the AMBITEC System

ABSTRACT: This paper discusses the application (and effectiveness) of the Ambitec System - Environmental Impact Assessment System for Agricultural Technology Innovation - in its segments of agriculture (Ambitec Agro), beef production (Ambitec Animal Production) and agricultural industry (Ambitec Agroindustry). The system assesses the ecological impacts of three technological innovations: the Niágara pink grape, the Embrapa 051 laying hen, and the [multi-module] cashew nut processing. Because this methodology is restricted to ecological assessments, the studies must be complemented by specific assessments of the other relevant dimensions of impact assessment. The results of this study can be viewed as examples of valid tests of the Ambitec System, particularly in its features of practicability, simplicity and low cost, as well as of the integrative nature of the results. Environmental impact indices and coefficients allowed to suggest measures of technological improvement that mitigated negative results and maximized positive ones.

Key-words: assessment, environmental impact, technological innovation, agricultural, Ambitec methodology.

JEL Classification: Q1, Q2.

¹Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente (e-mail: irias@cnpma.embrapa.br).

²Engenheiro Agrônomo, Mestre, Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho (e-mail: lugebler@cnpuv.embrapa.br).

³Zootecnista, Doutor, Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves (e-mail: palhares@cnpsa.embrapa.br).

⁴Engenheira Química, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical (e-mail: morsy@cnpat.embrapa.br).

⁵Ecólogo, Ph.D., Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente (e-mail: stacheti@cnpma.embrapa.br).

1 - CONTEXTUALIZAÇÃO

Nas últimas décadas, as questões ambientais têm sido discutidas, pesquisadas e submetidas aos mais diversos sistemas legais em todo o mundo com o objetivo principal de resgatar a qualidade de vida no planeta. Tais preocupações são, em grande parte, resultantes do grau de apropriação que a humanidade tem feito dos recursos ambientais, às vezes muito além da capacidade regenerativa da natureza (RODRIGUES, 1998). Além da imposição legal, outras razões como as de ordem econômica, social, ecológica e ética motivam as organizações a atingirem e demonstrarem uma relação saudável com o meio ambiente. Neste contexto emerge, como extremamente importante, o manejo dos impactos ambientais das atividades antrópicas. Conforme qualifica Sadler (1996), as atividades humanas são impactantes a todos compartimentos ecológicos da terra como atmosfera, clima, hidrosfera, litosfera, pedosfera, biosfera, população humana, economia, energia, transporte e fatores sociais. A importância do entendimento destes impactos pode ser fundamentada: a) no grau de fragilidade do meio ambiente jamais visto face às alterações dos sistemas e ciclos naturais, b) no grau de significância dos impactos e riscos ambientais sem precedentes, e c) na relativa importância das avaliações de impactos ambientais como bases para a formulação de políticas públicas. Estudar os impactos ambientais é, *“indiscutivelmente, um dos instrumentos mais importantes de atuação administrativa na defesa do meio ambiente introduzidos no ordenamento jurídico brasileiro pela legislação ambiental”*, como enfatiza Mirra (1998).

Conforme resolução do CONAMA⁶ *“considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais”* (MIRRA, 1998). Pelo

menos três considerações relevantes devem ser ressaltadas em face desta conceituação de impactos ambientais. A primeira é que o termo ambiental abrange outras dimensões além da ecológica, tais como, social, econômica, cultural, saúde, segurança e bem-estar. A segunda, refere-se ao impacto ambiental entendido como uma *“significante degradação ambiental”* conforme contornos dados à matéria pela Constituição Federal⁷ e as dificuldades inerentes de qualificar o que seja significativa. A terceira, é que tal conceito refere-se a impactos diretos ou indiretos oriundos de atividades humanas, ou seja, de ações antrópicas.

A questão principal é como mensurar os impactos ambientais nesta abrangência de aplicação, de tal forma que seja possível fazer uma avaliação (uma determinação da valia, uma apreciação, um ajuizamento). No caso da agricultura, um desafio adicional é como avaliar os impactos ambientais de tecnologias agropecuárias produzidas pela pesquisa no contexto das instituições, particularmente, pela natureza agressiva por definição das atividades agropecuárias e, pela interdependência e multiplicidade de fatores (inclusive de mercados) importantes determinantes destas atividades. A tecnologia é apenas um desses fatores responsáveis pelas inovações no setor, conquanto possa ser um dos mais relevantes.

Existe na literatura (veja por exemplo CANTER, 1986 e 1996, SADLER, 1996, RODRIGUES, 1998 e PARANÁ, 1999) um vasto arsenal metodológico com os mais diferentes instrumentos, dos mais simples aos mais complexos, disponíveis para avaliações de impactos ambientais. Todos estes instrumentos têm suas potencialidades e limitações dependendo da disponibilidade de dados e de recursos financeiros, tipo de empreendimento e de resultados finais esperados. Ressalvadas algumas exceções, a maioria dos instrumentos metodológicos requer muitos dados, em geral com elevados custos de coleta e tratamento, que na maioria das vezes significa também muito tempo de trabalho. O Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária (Sistema Ambitec) desenvolvido por pesqui-

⁶CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n. 1, de 23 de janeiro de 1986. *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 fev. 1986.

⁷BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*, Brasília, D. F.: Senado, 1988. (Veja artigo 225, § 1º, IV).

sadores da Embrapa Meio Ambiente (RODRIGUES; CAMPANHOLA; KITAMURA, 2002; 2003a; 2003b e IRIAS et al., 2003) restringe-se à demanda institucional de avaliar impactos ambientais de inovação tecnológica agropecuária, segundo os objetivos de desenvolvimento sustentável. No contexto de desenvolvimento do Sistema Ambitec entende-se por “ambientais” os impactos econômicos, ecológicos, sociais e sobre o conhecimento das inovações tecnológicas. O Sistema emprega uma plataforma (MS-Excel[®]) prática, de execução simples, de baixo custo, e passível de aplicação a todo universo tecnológico e ambiental de inserção institucional.

2 - METODOLOGIA - O SISTEMA AMBITEC

O Sistema Ambitec⁸ propõe-se a avaliar impactos da inovação tecnológica no agronegócio na dimensão ecológica⁹ para os segmentos agropecuária (Ambitec Agro), produção animal (Ambitec Produção Animal) e agroindústria (Ambitec Agroindústria). No segmento agropecuária a expressão de impactos das tecnologias inovadoras se materializa por unidade de área (nova cultivar ou melhoramento em pastagens); no segmento produção animal por unidade animal (desenvolvimento de uma vacina); e no segmento agroindústria por estabelecimento agroindustrial (desenvolvimento de um corante). Inovação pressupõe incertezas, fundamenta-se na descoberta científica, é favorecida por instituições formalizadas e interage fortemente com o mercado (DOSI, 1988 e, DOSI; FREEMAN; FABIANI, 1994). No contexto do Sistema Ambitec a inovação tecnológica segue esta conceituação, sendo portanto entendida como uma idéia, uma descoberta científica, que sendo desenvolvida e implementada, produz resultados sustentáveis no mercado. São tecnologias em uso no agronegócio.

⁸O Sistema Ambitec inclui ainda as metodologias Ambitec Social, em fase de testes, e Ambitec Conhecimento, em fase de desenvolvimento, destinadas, respectivamente, para avaliar impactos sociais e sobre o conhecimento das inovações tecnológicas agropecuárias.

⁹Neste trabalho o termo ambiental é usado como sinônimo de ecológico.

O Sistema envolve três etapas. A primeira refere-se ao processo de levantamento e coleta de dados gerais sobre a tecnologia e o segmento do agronegócio ao qual ela se aplica, incluindo a obtenção de dados sobre o alcance da tecnologia (abrangência e influência), a delimitação da área geográfica e universo de adotantes da tecnologia. A segunda etapa trata da aplicação dos questionários em entrevistas individuais com os adotantes selecionados e inserção dos dados sobre os indicadores de impacto nas planilhas eletrônicas¹⁰ desenvolvidas em plataforma MS-Excel[®], obtendo-se os resultados quantitativos dos impactos, os coeficientes de impactos e o índice agregado de impacto ambiental da tecnologia selecionada. E a terceira e última etapa consiste na análise e interpretação desses índices e indicação de alternativas de manejo da tecnologia de forma a minimizar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos, contribuindo assim para o desenvolvimento local sustentável.

O conjunto de planilhas eletrônicas, permite a consideração de diversos aspectos¹¹ ambientais de contribuição de uma dada inovação tecnológica dependendo do segmento ou da dimensão do agronegócio em avaliação. No caso do segmento **agropecuária** (expressão de impactos tecnológicos por unidade de área), são considerados os aspectos Alcance, Eficiência, Conservação e Recuperação Ambiental; no segmento **produção animal** (expressão por unidade animal), Alcance, Eficiência, Conservação, Recuperação Ambiental e Qualidade do Produto; e, no segmento **agroindústria** (expressão por estabelecimento agroindustrial), Alcance, Eficiência, Conservação e Qualidade do Produto. Cada um destes aspectos é composto por um conjunto de indicadores organizados em matrizes de ponderação automatizadas, nas quais seus componentes são valorados com coeficientes de alteração, conforme conhecimento pessoal do

¹⁰Arquivos contendo o conjunto de planilhas eletrônicas do Sistema Ambitec estão disponíveis na página eletrônica da EMBRAPA Meio Ambiente: <<http://www.cnpma.embrapa.br/servicos>>.

¹¹Aspecto ambiental entendido como “*elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Um aspecto ambiental significativo é aquele que tem ou pode ter um impacto ambiental significativo*” (ASSOCIAÇÃO, 1996).

adotante/responsável da tecnologia. Diagramaticamente estas estruturas de aspectos, indicadores (e subindicadores) e componentes foram organizadas e hierarquizadas para cada um dos segmentos (Figuras 1, 2 e 3).

A aplicação do Sistema Ambitec envolve uma entrevista/vistoria conduzida pelo usuário do sistema e aplicada ao adotante/responsável pela atividade do agronegócio. O objetivo principal é a obtenção do **coeficiente de alteração dos componentes**, para cada um dos indicadores de impacto. A inserção desses coeficientes seqüencialmente nas planilhas resulta na expressão automática do coeficiente de impacto ambiental da tecnologia, relativizada por fatores de ponderação devido à escala da ocorrência da alteração e ao peso do componente na composição do indicador. Os resultados finais da avaliação são expressos graficamente na planilha "AIA da Tecnologia". Finalmente, os indicadores são considerados em seu conjunto, para composição do Índice de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica do segmento respectivo. Este índice envolve ponderação da importância do indicador e os pesos relativos aos indicadores podem ser alterados pelo usuário do sistema, desde que o total seja igual à unidade (1).

Na execução da avaliação solicita-se ao adotante/responsável que indique a direção (aumento, diminuição, ou inalteração) dos coeficientes de alteração dos componentes que varia de -3 a +3, dependendo da intensidade do efeito (Tabela 1).

Tabela 1 - Efeitos da Inovação Tecnológica e Coeficientes de Alteração do Componente a serem Inseridos nas Células das Matrizes de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica

Efeito da tecnologia na atividade do agronegócio sob as condições de manejo específicas	Coeficiente de alteração do componente
Grande aumento no componente	+3
Moderado aumento no componente	+1
Componente inalterado	0
Moderada diminuição no componente	-1
Grande diminuição no componente	-3

Fonte: Rodrigues; Campanhola; Kitamura (2003b).

Para reduzir o grau de subjetividade das informações obtidas nestas entrevistas padroniza-se a interpretação dos coeficientes de alteração primeiramente pela seleção e formulação objetiva dos indicadores e componentes e, segundo, pela clara delimitação e definição desses componentes.

Nas matrizes automáticas incluem-se ainda fatores de ponderação que se referem à importância do componente para a formação do indicador e a escala geográfica de ocorrência da alteração no componente. Os valores dos fatores de importância variam com o número de componentes que formam um determinado indicador e somam um (1), constituindo, portanto, fatores de normalização definidos no teste de sensibilidade (GIRARDIN; BOCKSTALLER; VAN DER WERF, 1999). Os valores de importância dos componentes podem ser alterados pelo usuário do Sistema para melhor refletirem qualquer situação específica na qual certos componentes devam ser enfatizados, desde que o valor total de todos os componentes seja igual a um (1).

A escala da ocorrência¹² explicita o espaço no qual se processa a alteração no componente do indicador, conforme a situação específica de aplicação da tecnologia, e pode ser:

- 1) Pontual: quando os efeitos da tecnologia no componente se restringem apenas ao local de sua ocorrência ou a unidade produtiva na qual esteja ocorrendo a alteração. Fator de ponderação igual a 1.
- 2) Local: quando os efeitos se fazem sentir externamente ao local de ocorrência ou à unidade produtiva, porém confinados aos limites do estabelecimento. Fator de ponderação igual a 2.
- 3) No entorno: quando os efeitos se fazem sentir além dos limites do estabelecimento. Fator de ponderação igual a 5.

¹²Nas planilhas eletrônicas, uma das alternativas da escala de ocorrência é sem efeito, ou seja, a alteração devido à tecnologia não se aplica àquele componente em particular (faz-se um x na planilha). Conquanto tenha o mesmo valor computacional de inalterado (alteração zero), essa situação é diferente quando a tecnologia se aplica porém, o componente permanece inalterado e no corpo da planilha (se pontual, ou local ou entorno) insere-se o valor zero (0).

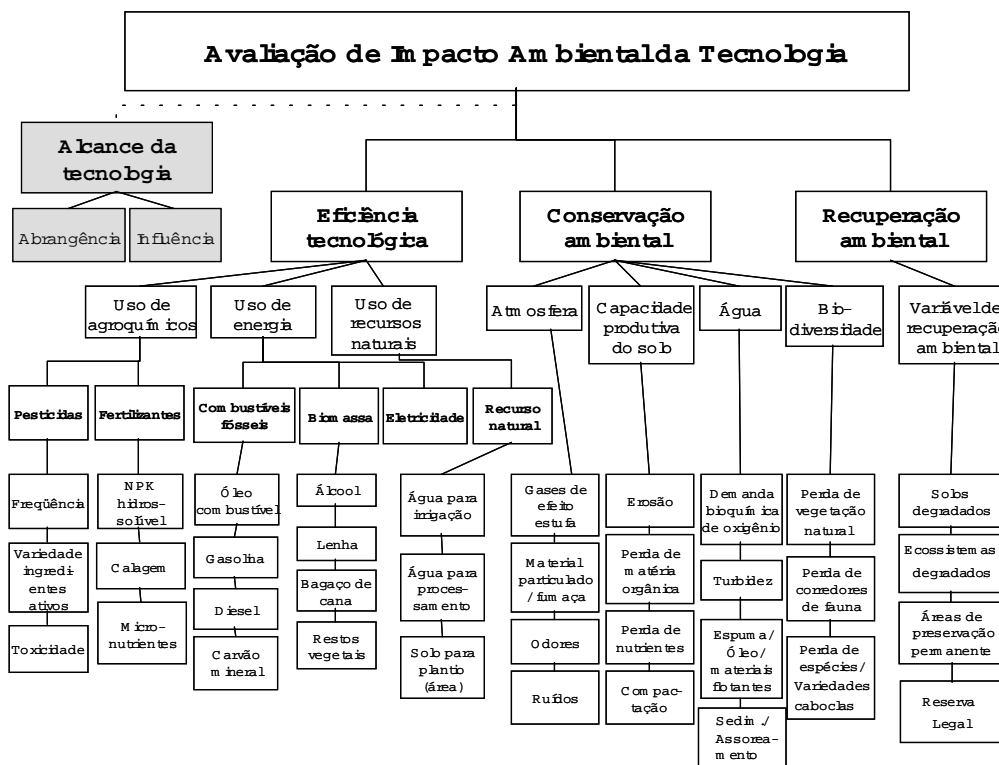


Figura 1 - Estrutura de Impactos Ambientais do Segmento Agropecuária - Aspectos, Indicadores e Componentes, Ambitec - Agro. Fonte: Rodrigues; Campanhola; Kitamura, 2002.

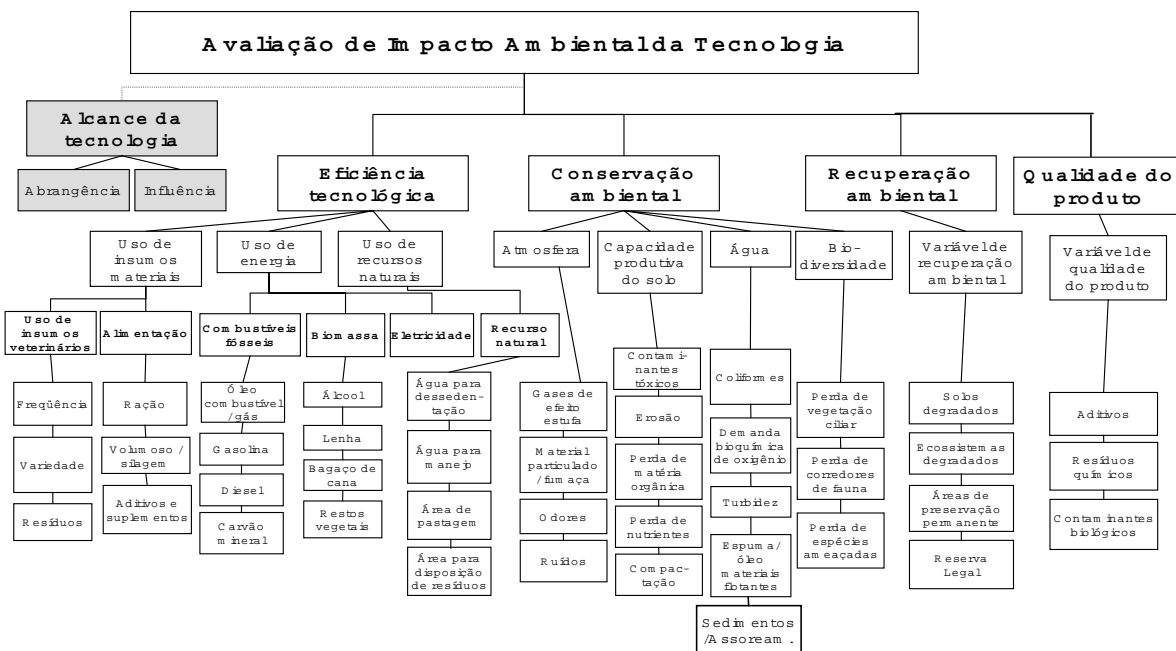


Figura 2 - Estrutura de Impactos Ambientais do Segmento Produção Animal - Aspectos, Indicadores e Componentes, Ambitec - Produção Animal. Fonte: Irias et al., 2003.

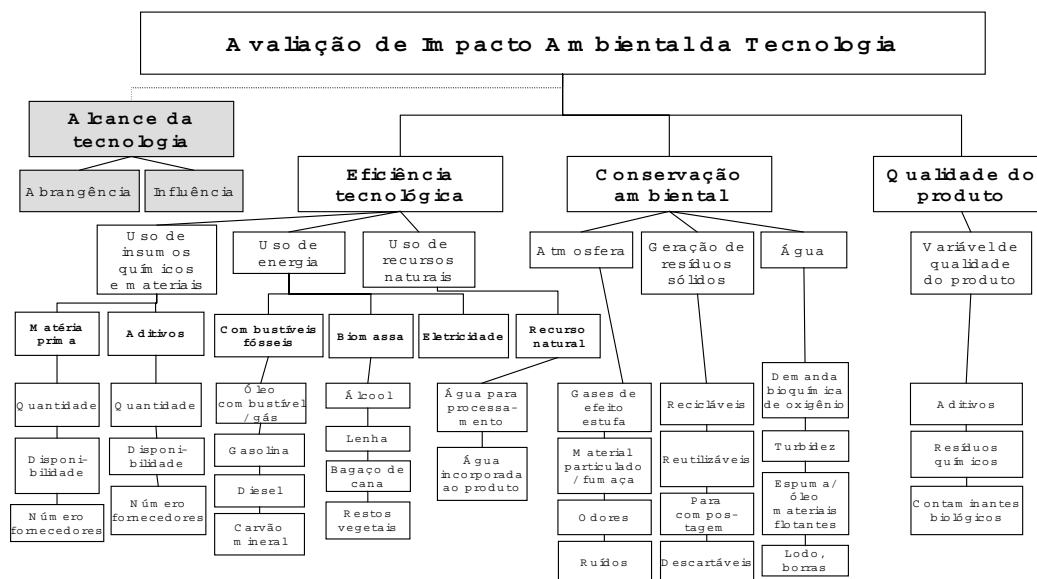


Figura 3 - Estrutura de Impactos Ambientais do Segmento Agroindústria - Aspectos, Indicadores e Componentes, Ambitec - Agroindústria.

Fonte: Irias et al., 2003.

Os valores (1 ou 2 ou 5) dos fatores para ponderação da escala de ocorrência são fixos, não podendo ser modificados pelo usuário do Sistema e expressam um valor proporcionalmente maior quando a tecnologia afeta um espaço ou um ambiente que extrapola os limites do estabelecimento.

Devido à característica muito localizada de alguns componentes de indicadores, algumas matrizes limitam a escala da ocorrência ao âmbito pontual, como por exemplo, todos componentes do indicador uso de agroquímicos, no aspecto eficiência tecnológica do Ambitec Agro.

Finalmente, os indicadores são considerados em seu conjunto, para composição do Índice de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica do respectivo segmento. A composição deste índice envolve ponderação da importância do indicador e os pesos relativos a eles podem ser alterados pelo usuário do sistema, desde que o total seja igual à unidade (1).

2.1 - Segmento Agropecuária (Ambitec Agro)

A estrutura (Figura 1) do Ambitec Agro que

contempla atividades do agronegócio relativas a lavouras, pastagens e reflorestamentos (alterações em termos de unidade de áreas) inclui os aspectos alcance, eficiência, conservação e recuperação ambiental e é composta por oito indicadores, avaliados por 37 componentes.

O alcance da tecnologia expressa a escala geográfica na qual a tecnologia influencia a atividade ou produto, e é definido pela abrangência (área total cultivada com o produto ou dedicada à atividade) e a influência (porcentagem desta área à qual a tecnologia se aplica). Este é um aspecto geral da tecnologia, independente do seu uso local, portanto não está incluído nas matrizes eletrônicas de avaliação, e deve ser obtido a partir das informações do projeto de desenvolvimento tecnológico, ou do pesquisador por ele responsável.

O aspecto eficiência tecnológica trata da contribuição da tecnologia para a sustentabilidade da atividade agropecuária a montante do processo produtivo, representado pelo uso de agroquímicos ("pesticidas" e fertilizantes), uso de energia (combustíveis fósseis, biomassa e eletricidade), e uso de recursos naturais.

Entre os agroquímicos, os "pesticidas" repre-

sentam o uso de todos agrotóxicos e são avaliados em termos de alterações dos componentes quanto à frequência das aplicações, à variedade de seus ingredientes ativos (diferentes produtos) e da toxicidade (danos ambientais inclusive à saúde das pessoas). O uso de fertilizantes é avaliado em relação às alterações nas quantidades de NPK hidrossolúvel (lixiviação), na aplicação de calcário ou de calagem (melhoria das características físico-químicas do solo) e na reposição de micronutrientes do solo. O uso de energia é avaliado pelo consumo de combustíveis fósseis (alterações no uso de óleo combustível, gasolina, diesel e carvão mineral); pelo consumo de biomassa (alterações no uso de álcool, lenha, bagaço de cana e restos vegetais); e pelas alterações na demanda de eletricidade. O uso dos recursos naturais é avaliado em termos da necessidade imposta pela tecnologia quanto às alterações no consumo de água para irrigação e para processamento e da incorporação de áreas (solos) para plantio.

O aspecto conservação é avaliado pelos impactos da tecnologia sobre a qualidade ambiental face às possibilidades de contaminação dos resíduos gerados pela atividade produtiva agropecuária, a depauperação dos *habitats* naturais e a diversidade biológica. São impactos avaliados por alterações nos componentes dos indicadores atmosfera, capacidade produtiva do solo, água e biodiversidade.

A qualidade atmosférica é avaliada por alterações provocadas pela tecnologia nos componentes emissão de gases de efeito estufa (por exemplo, dióxido de carbono e metano), de material particulado (poeiras) e fumaça, de odores e de ruídos. A capacidade produtiva dos solos, um dos principais indicadores de sustentabilidade das atividades agropecuárias, é avaliada pelas alterações em termos de erosão, perda de matéria orgânica, perda de nutrientes e compactação dos solos. A qualidade da água, um dos indicadores mais sensíveis às atividades agropecuárias, é avaliada por alterações na demanda bioquímica de oxigênio (conteúdo de matéria orgânica), na turbidez ou material em suspensão (particulado ou coloidal, orgânico ou inorgânico), nos materiais flutuantes/óleos/espumas, e na sedimentação/as-

soreamento. A conservação da biodiversidade, fundamental para o desenvolvimento sustentável especialmente para o papel multifuncional da agricultura, é avaliada por alterações na perda da vegetação natural (ciliar, do topo de montanhas, de encostas íngremes, etc.), na perda de corredores de fauna, e na perda de espécies e de variedades caboclas de plantas e animais.

O aspecto recuperação ambiental se justifica pelo estado de degradação das áreas de produção agrícola em geral, impondo a necessidade de restaurar ecossistemas como objetivo comum das inovações tecnológicas no contexto da agricultura sustentável. Refere-se à efetiva contribuição da inovação tecnológica para promover a recuperação da qualidade ambiental e dos ecossistemas (princípio da resiliência), por meio da melhoria das condições ou propriedades de compartimentos ambientais ou estoque de recursos. Os componentes avaliados do indicador “variáveis de recuperação ambiental” são alterações na recuperação de solos degradados (física, química e biologicamente), nos ecossistemas degradados (áreas marginais expostas a queimadas, sobrepastoreio e outras formas de pressão), nas áreas de preservação permanente (definadas em legislação pertinente), e nas áreas da reserva legal (quando ainda não consideradas).

2.2 - Segmento Produção Animal (Ambitec Produção Animal)

A estrutura (Figura 2) do Ambitec Produção Animal que contempla atividades do agronegócio relativas à pecuária (alterações em termos de unidade animal) inclui os aspectos alcance, eficiência, conservação, recuperação e qualidade do produto, e é composto por nove indicadores avaliados por 43 componentes.

O alcance da tecnologia neste segmento tem a mesma conceituação anteriormente apresentada, tendo-se o cuidado de adequar o entendimento de abrangência como o número total de animais sujeitos à tecnologia e à influência como a porcentagem

destes animais influenciados pela mesma tecnologia

O aspecto eficiência tecnológica, que neste caso também trata da contribuição da tecnologia para a sustentabilidade da atividade agropecuária, é avaliada através de alterações nos componentes dos indicadores uso de insumos materiais, uso de energia e uso de recursos naturais. O uso de energia é avaliada conforme as considerações feitas para o segmento "agropecuária" (Ambitec Agro). As diferenciações são relativas aos indicadores: insumos materiais (insumos veterinários e alimentação) e recursos naturais. A eficiência tecnológica no uso dos insumos materiais é avaliada, no caso dos insumos veterinários, através das alterações nos componentes: frequência de uso, variedade de produtos veterinários demandados e, quantidade de resíduos resultantes. A alimentação é avaliada conforme alterações nas quantidades dos componentes ração, volumosos/silagagens, aditivos e suplementos. O uso dos recursos naturais é avaliada em termos das alterações observadas nos componentes consumo de água para dessedentação e para manejo, uso de áreas para pastagens e para disposição de dejetos e resíduos.

O aspecto conservação é avaliada, praticamente, da mesma forma como descrito para o Ambitec Agro, com exceção das adições: do componente "contaminantes tóxicos" na estrutura do indicador capacidade produtiva do solo e do componente "coliformes" na estrutura do indicador água. No primeiro caso, trata-se de alterações que liberem contaminantes tóxicos no solo e, no segundo caso, de alterações no nível de coliformes fecais no indicador água.

Os componentes do aspecto recuperação ambiental são os mesmos (solos degradados, ecossistemas degradados, áreas de preservação permanente e reserva legal) do segmento agropecuária (Ambitec Agro) e também são avaliados da forma como descrita naquele segmento.

O aspecto qualidade do produto considera alterações provocadas pela tecnologia de acordo com o conceito de segurança alimentar (*food safety*), particularmente quanto às características nutricionais e de saúde. O indicador "variável de qualidade do

produto" é avaliada pelas alterações dos componentes como presença de aditivos, de resíduos químicos e de contaminantes biológicos.

2.3 - Segmento Agroindústria (Ambitec Agroindústria)

A estrutura (Figura 3) do Ambitec Agroindústria que contempla atividades do agronegócio relativas à indústria de produtos agrícolas (alterações em termos de estabelecimento industrial) inclui os aspectos alcance, eficiência, conservação e qualidade do produto e é composto por sete indicadores, avaliados por 32 componentes. Não é pertinente o aspecto recuperação ambiental dado o caráter pontual das atividades agroindustriais e, no aspecto conservação ambiental não se considera a conservação do solo, tendo em vista que as atividades agroindustriais não são avaliadas quanto suas relações com a área ocupada, mas considera-se o estabelecimento como um todo.

O alcance da tecnologia neste segmento também tem a mesma conceituação como nos casos descritos anteriormente (Ambitec Agro e Produção Animal), tendo-se o cuidado de adequar o entendimento de abrangência como o número total de estabelecimentos industriais, potencialmente beneficiados pela tecnologia e a influência, como a porcentagem destes estabelecimentos aos quais a tecnologia se aplica.

Em termos de eficiência tecnológica o Ambitec Agroindústria tem a mesma estrutura (componentes) e formas de avaliação que os anteriores quanto ao uso de energia (combustíveis fósseis, biomassa e eletricidade), sendo diferente apenas quanto aos indicadores uso de insumos químicos e materiais (matéria-prima e aditivos) e, uso de recursos naturais.

Os indicadores insumos químicos e materiais são avaliados pelas alterações nos componentes: quantidade, disponibilidade e número de fornecedores das matérias-primas e aditivos utilizados. O uso dos recursos naturais é avaliada em termos da

necessidade imposta pela tecnologia quanto às alterações no consumo dos componentes: água para processamento e água incorporada aos produtos.

O aspecto conservação ambiental é avaliado pelos impactos da tecnologia sobre a qualidade ambiental face às possibilidades de contaminação da atmosfera e, pela geração de resíduos sólidos. A não ser pela adição do componente lodo e borras no indicador qualidade da água, todos os demais componentes deste indicador e do indicador atmosfera são avaliados como descritos no Ambitec Agro. Por outro lado, inclui-se um novo indicador, a geração de resíduos sólidos que é avaliado face as alterações nos componentes especificados como resíduos recicláveis, reutilizáveis, para compostagem e descartáveis.

O aspecto qualidade do produto é avaliado da mesma forma como discutido no Ambitec Produção Animal, isto é, com base no conceito de segurança alimentar (*food safety*), e o indicador “variável de qualidade do produto” é avaliado pelas alterações dos componentes em termos da presença de aditivos, de resíduos químicos e de contaminantes biológicos.

2.4 - Estimativas dos Coeficientes e do Índice de Impacto Ambiental

Inseridos os respectivos valores obtidos de alteração dos componentes nas respectivas matrizes de ponderação os resultados dos coeficientes de impacto ambiental da inovação tecnológica do agronegócio são automaticamente expressos graficamente nas planilhas (plataforma MS-Excel®) de AIA da Tecnologia. Uma tabela síntese apresenta o conjunto dos indicadores de impacto para cada segmento em avaliação, normalizados para comparação no gráfico síntese dos coeficientes de impacto. Esta normalização se faz necessária, pois as planilhas têm escalas diferentes condicionadas pela ponderação de seus componentes. A principal diferença entre indicadores, que justifica esta normalização, relaciona-se a

restrição a escala de ocorrência pontual daqueles cujo alcance não ultrapassa os limites da unidade produtiva. Nos resultados finais todos coeficientes são expressos numa mesma escala (-15 a +15), a maior observada, permitindo portanto a comparação direta do desempenho ambiental da inovação tecnológica para cada indicador. Finalmente, “Índices de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica” do agronegócio nos seus diversos segmentos (agropecuária, produção animal e agroindústria) são calculados e expressos graficamente.

O cálculo dos coeficientes de impacto ambiental para cada indicador é obtido pela expressão:

$$Cia_i = \sum_{j=1}^m A_{ji} * E_{ji} * P_{ji}$$

onde:

Cia_i = coeficiente de impacto ambiental do indicador i ;
 A_{ji} = coeficiente de alteração do componente j do indicador i ;

E_{ji} = fator de ponderação para escala de ocorrência espacial do componente j do indicador i ;

P_{ji} = fator de ponderação para importância do componente j na composição do indicador i .

m = número de componentes do indicador i .

O Índice de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica é obtido pela expressão:

$$Iia_t = \sum_{i=1}^m Cia_i * P_i$$

onde:

Iia_t = índice de impacto ambiental da tecnologia t ;

Cia_i = coeficiente de impacto ambiental do indicador i ;
 P_i = fator de ponderação para importância do indicador i para composição do índice de impacto ambiental da tecnologia t .

m = número de indicadores.

Com base nestes resultados o avaliador procede à avaliação contextual da inovação tecnológica, segundo o desempenho ambiental observado na situação específica de adoção considerada. Dessa forma, pode-se identificar os problemas e orientar sobre alternativas que possam contribuir para melhorar o desempenho ambiental da tecnologia no contexto específico do sistema produtivo do estabelecimento do agronegócio.

3 - APLICAÇÕES DO SISTEMA AMBITEC

3.1 - Ambitec Agro: cultivar de uva niágara rosada

Em termos do aspecto ambiental **alcance**, o cultivo da uva de mesa nas regiões tropicais, entre elas o Noroeste de São Paulo, apresenta uma abrangência atual de 1.100 hectares, sendo que a área cultivada com a cultivar Niágara é de 250 hectares, ou seja 23% do total plantado. O manejo da cultura permite a obtenção de duas safras anuais, que não é exclusivo apenas para esta cultivar. Esta tecnologia deverá se expandir para outras regiões.

A tabela 2 apresenta os pesos de ponderação de importância por indicador de impacto e uma síntese dos principais resultados da aplicação da metodologia Ambitec Agro, com as estimativas dos coeficientes de impactos ambientais por indicador e o índice de impacto da cultivar de uva Niágara rosada para regiões tropicais. Admitiu-se um peso de 0,125 para cada indicador de impacto ambiental, refletindo assim uma importância relativa única dada ao conjunto de indicadores.

Esta inovação tecnológica atingiu um índice de impacto ambiental positivo (desejável) igual a 2,07 nas estimativas. O maior coeficiente de impacto é referente ao aspecto **eficiência tecnológica** devido à redução do uso de agroquímicos (10,5), pela intensa redução no volume de aplicação de pesticidas (mais de 30%) indicando uma certa rusticidade desta cultivar em relação às tradicionalmente utilizadas (Uva Itália). As alterações observadas para todos componentes deste indicador (frequência, variedade de ingredientes ativos e toxicidade) foram reduzidas significativamente (coeficiente de alteração igual a -3, uma grande diminuição). O indicador fertilizantes permaneceu inalterado (0) com o uso da tecnologia. A redução do uso de energia (coeficiente de impacto positivo de 1,5) é também devido à rusticidade da cultivar, pois, uma vez que a intensidade de tratamentos reduziu-se em torno de 50%, o consumo com óleo diesel diminuiu significativamente (-3 para o coeficiente de alteração). Todos os demais componentes do indicador uso de energia têm valores de alterações

iguais a zero (não se aplica ou componente inalterado). O uso de recursos naturais teve um coeficiente de impacto pequeno (-0,5), mas negativo, sugerindo possibilidades de melhoria tecnológica. Esse valor foi resultante de um moderado aumento na incorporação de novas áreas de produção (1) que não foi compensado pela moderada redução (-1) no uso de água para irrigação (uso de água para processamento permaneceu inalterado) pois a ponderação de importância favoreceu em 10% a incorporação de novas áreas.

O segundo coeficiente de impacto positivo foi o aumento do potencial produtivo do solo (3,75), referente ao aspecto **conservação ambiental**, principalmente pela redução no trânsito de máquinas e redução significativa na compactação do solo (coeficiente de alteração igual a -3). Esta redução refletiu em grau menor, mas na mesma direção, também no indicador atmosfera (coeficiente de impacto igual a 0,9) pela moderada redução (coeficiente de alteração igual a -1), mesmo que pontual, para todos componentes (gases de efeito estufa, material particulado/fumaça e ruídos, exceto para odores, mantido inalterado). Todos componentes dos indicadores água e biodiversidade tiveram valores de alterações iguais a zero (não se aplica ou componente inalterado), portanto coeficiente de impacto igual a zero.

O aspecto **recuperação ambiental** teve um coeficiente de impacto pequeno, mas positivo (0,4), refletindo efeitos desejáveis na recuperação de solos e ecossistemas degradados. Esta tecnologia vem começando a incorporar antigos solos degradados (coeficiente de alteração igual a 1) de pastagem para a produção de uvas finas, com a recuperação das condições de solo para plantio. Ao mesmo tempo recupera ecossistemas anteriormente degradados (coeficiente de alteração igual a 1). Os demais componentes deste indicador (áreas de preservação permanente e reserva legal) permanecem inalterados (0) com o uso da tecnologia.

3.2 - Ambitec Produção Animal: poedeira Embrapa 051

No aspecto alcance da tecnologia, a Poedeira

Tabela 2 - Uva Niágara Rosada para Regiões Tropicais: Indicadores de Impacto Ambiental, Pesos, Coeficientes de Impactos e Índice de Impacto Ambiental, 2003

Indicadores de impacto ambiental	Peso do indicador	Coeficientes de impacto
Uso de agroquímicos	0,125	10,5
Uso de energia	0,125	1,5
Uso de recursos naturais	0,125	-0,5
Atmosfera	0,125	0,9
Capacidade produtiva do solo	0,125	3,75
Água	0,125	0
Biodiversidade	0,125	0
Recuperação ambiental	0,125	0,40
Índice de impacto ambiental da inovação tecnológica		2,07

Fonte: Dados da pesquisa.

Embrapa 051 estima ter um plantel de mais de 1,0 milhão de animais, distribuídos nos Estados de Santa Catarina, São Paulo, Pará, Maranhão, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul, que representa mais de 6% do plantel nacional de poedeiras de ovos vermelhos no ano de 2002. No mercado nacional, o uso desta tecnologia é significativo com tendências de crescimento devido à sua característica social peculiar na viabilização da pequena produção familiar.

Na ponderação de importância (Tabela 3), sete dos indicadores têm o mesmo peso (12%). A biodiversidade é tratada com um peso um pouco menor (11%) e, a recuperação ambiental é vista como o menos importante (5%) no contexto e contribuições dos indicadores. Também são apresentados o índice de impacto ambiental da inovação tecnológica (0,90) e as estimativas dos coeficientes de impacto ambiental por indicador. Este índice positivo, mas relativamente baixo, é influenciado, principalmente, pelos coeficientes de impacto dos indicadores uso de energia (4,5) (especificamente pela grande redução de eletricidade), uso de recursos naturais (1,8) e os impactos positivos na atmosfera (1,8). Destaca-se que esse índice pode ser melhorado se houver atuações em alguns indicadores, principalmente, a biodiversidade que teve um efeito negativo (coeficiente de impacto igual a -3), escolhendo áreas com um histórico de manejo e, tomando medidas para conservação das características físicas do solo, mantendo uma

cobertura vegetal de forma a evitar erosão e compactação. Na discussão a seguir por aspectos ambientais esses resultados serão tratados com mais detalhes.

Em relação ao aspecto **eficiência tecnológica**, o indicador uso de insumos materiais teve um coeficiente de impacto igual a zero (0), primeiro porque a poedeira Embrapa 051 usa as mesmas recomendações para insumos veterinários e aditivos/suplementos em ração que as tecnologias tradicionais, portanto todos componentes deste indicador permaneceram inalterados (0). Em segundo lugar, os ganhos, mesmo que moderados (-1) em termos de diminuição do uso de ração, foram anulados pelo aumento (1) na mesma intensidade de volumosos/silagem, pois nesta criação também utiliza-se forrageiras, diferentemente das criações em confinamento.

Quanto ao indicador uso de energia, a grande contribuição desta tecnologia (coeficiente de impacto igual a 4,5) é resultante da significativa redução de uso de eletricidade (coeficiente de alteração -3) pois, todos demais indicadores (combustíveis fósseis e biomassa) tiveram seus componentes inalterados ou não se aplicavam no caso. Como as instalações e o manejo da Poedeira Embrapa 051 se dão de forma semiconfinada, não intensificada, as instalações são muito menos demandantes de eletricidade que os galpões comuns de criação e algumas técnicas de manejo que necessitam de grandes aportes de energia elétrica não são utilizadas.

Para o indicador uso de recursos naturais (co-

Tabela 3 - Poedeira Embrapa 051: Indicadores de Impacto Ambiental, Pesos, Coeficientes de Impactos e Índice de Impacto Ambiental, 2003

Indicadores de impacto ambiental	Peso do indicador	Coeficientes de impacto
Uso de insumos materiais	0,12	0
Uso de energia	0,12	4,5
Uso de recursos naturais	0,12	1,8
Atmosfera	0,12	1,8
Capacidade produtiva do solo	0,12	1
Água	0,12	0
Biodiversidade	0,11	-3
Recuperação ambiental	0,05	0,3
Qualidade do produto	0,12	1
Índice de impacto ambiental da inovação tecnológica		0,90

Fonte: Dados da pesquisa.

eficiente de impacto 1,8), a quantidade de água para dessedentação é a mesma requerida pelas outras tecnologias, desta forma, este componente permaneceu inalterado (0). Por outro lado, com ponderação de ocorrência local, houve uma grande diminuição (coeficiente de alteração -3) dos componentes água para manejo e área para disposição de resíduos, metade compensada pelo grande aumento (3) no componente área de pastagem, face ao tipo de sistema de criação. Sendo um sistema semiconfinado, a água gasta, principalmente para higienização, apresenta uma sensível redução, pois não há necessidade de retirada de resíduos via hídrica. Estes resíduos são dispostos diretamente no solo, nas pastagens às quais os animais têm acesso e, como o grau de concentração de cabeças por metro quadrado desta tecnologia é menor que as tecnologias confinadas, a área para disposição de resíduos tem uma considerável redução.

No aspecto **conservação ambiental**, a tecnologia Poedeira Embrapa 051 trouxe melhorias em termos dos indicadores atmosfera e capacidade produtiva do solo (coeficientes de impacto ambiental 1,8 e 1, respectivamente) que, no entanto, foram mais que anulados pelas perdas dos componentes do indicador biodiversidade (coeficiente de impacto ambiental -3).

No indicador atmosfera, com um coeficiente de impacto ambiental igual a 1,8 e alterações de

componentes ponderados em escala de ocorrência local, a produção de “ruídos” apresenta-se inalterada (coeficiente de alteração 0) quando se compara a Poedeira Embrapa 051 com as tecnologias tradicionais. Gases de efeito estufa apresentam uma grande diminuição (-3), principalmente, considerando-se a redução de emissão de gás carbônico devido ao fato de não haver o acúmulo de resíduos em pequenas áreas e em ambientes fechados. O componente material particulado e fumaça tem um moderado aumento (1) devido aos animais terem acesso à área de pastagem e sendo um hábito intrínseco a eles, a ação de ciscar causa uma suspensão de material particulado. Os odores, por outro lado, apresentam uma moderada diminuição (-1), por esse ser um sistema de criação semiconfinado e não existir uma concentração de resíduos de forma a comprometer a qualidade do ar.

Com relação à capacidade produtiva do solo, a tecnologia apresenta uma moderada diminuição (coeficiente de alteração -1) nos componentes de perda de matéria orgânica e perda de nutrientes do solo. Isto é decorrência da disposição direta das fezes e urina das aves na área de pastagem, o que provoca uma melhora das características químicas do solo. Em contrapartida, a tecnologia pode provocar um impacto negativo nas características físicas do solo, verificadas pelo moderado aumento (1) nos componentes erosão e compactação. A maior incidência de

erosão está relacionada à cobertura do solo. Se a área de pastagem dos piquetes for manejada corretamente, mantendo-se sempre o solo coberto com vegetação, este impacto pode ser reduzido. A compactação diz respeito ao pisoteio provocado pelos animais, que dependendo da taxa de lotação dos piquetes poderá ter coeficiente de alteração maior ou menor. O coeficiente de impacto ambiental deste indicador foi pequeno (1), mas positivo, pois as vantagens que a tecnologia propicia em termos de redução dos contaminantes tóxicos e de perdas de matéria orgânica e de nutrientes são quase que anuladas pelas desvantagens causadas pelo aumento da erosão e compactação dos solos.

Os componentes do indicador qualidade de água não se aplicam no caso desta tecnologia, portanto sem efeito (0), pois não há uma relação direta entre esta e as propriedades físicas, químicas e biológicas das águas naturais.

Com relação ao indicador biodiversidade (coeficiente de impacto ambiental igual a -3), a tecnologia apresenta um grande aumento (coeficiente de alteração 3) nos componentes perda de vegetação nativa e perda de espécies/variedades caboclas, devido ao tipo de sistema de criação (parte a pasto). Toda a área de pastagem irá ser impactada quanto a sua biodiversidade vegetal, pois o ideal é que esta área seja cultivada com espécies forrageiras para manutenção da cobertura do solo. Em relação ao componente perda de corredores da fauna, a tecnologia não apresenta nenhum efeito.

O único componente alterado e de forma pontual para aspecto **recuperação ambiental** é o referente a uma moderada (1) recuperação de solos degradados, devido as potenciais alterações químicas que a tecnologia pode causar. As demais variáveis consideradas neste caso não são aplicáveis. O coeficiente de impacto ambiental resultante é positivo, conquanto relativamente pequeno (0,3).

No aspecto **qualidade do produto** todos os componentes (aditivos, resíduos químicos e contaminantes biológicos), considerados no indicador variáveis de qualidade do produto, tiveram reduções moderadas (-1) na escala pontual de ocorrência. Em

relação a aditivos a tecnologia apresenta uma moderada diminuição, pois os aditivos ainda são passíveis de serem utilizados apesar da recomendação em contrário. Assim, como a ração é manejada pelo próprio produtor e este tem a cultura de adicionar este tipo de substância às rações, considerou-se a redução moderada. Como conseqüência, a redução na concentração de resíduos químicos também será moderada, pois estes são, muitas vezes, resultado do uso incorreto dos aditivos. Considerando-se como contaminantes biológicos aqueles oriundos da manipulação incorreta dos animais e seus produtos, este componente também apresentou moderada redução. Esta tecnologia tem como característica a rusticidade, assim seu manejo, muitas vezes, não ocorre em situações ideais, expondo-a a este tipo de contaminação. O coeficiente de impacto ambiental resultante é portanto positivo, mas relativamente baixo (1), considerando a escala de possibilidade (até 15).

3.3 - Ambitec Agroindústria: Processamento de Castanha de Caju

Para a caracterização do **alcance** da tecnologia, módulos múltiplos (minifábricas) de processamento de castanha de caju, a abrangência foi considerada como o total de amêndoas de castanha produzidas no país e a influência como o total de amêndoas de castanha produzidas utilizando-se tais módulos. Assim, a indústria processadora de castanha de caju no Brasil produziu, nos últimos anos, uma média de 27.000 toneladas de amêndoas, ou o correspondente a 135.000 toneladas de castanha de caju (abrangência). Estima-se que as 150 minifábricas implantadas na Região Nordeste tenham capacidade de processar cerca de 24.000 toneladas de castanha de caju por ano (influência). Entretanto, estas unidades processaram no ano 2002 apenas 12.000 toneladas/ano, resultando em uma capacidade ociosa de 50%. Supondo que as minifábricas fossem capazes de processar de acordo com sua capacidade nominal, a tecnologia teria potencial de alcançar 17,7% da produção nacional de castanha de caju. Entretanto,

essa influência se restringe atualmente a cerca de 9%.

Na tabela 4 pode-se observar a utilização de um peso relativo à importância dos indicadores de impacto ambiental constante (15%) para a grande maioria destes indicadores. Apenas a qualidade do produto tem um peso um pouco menor (10%).

A tabela 4 também mostra a síntese dos resultados com os coeficientes de impacto ambiental por indicador e o índice final de impacto ambiental da inovação tecnológica (igual a 5,5). Este valor retrata resultado desejável em termos ambientais para a tecnologia “módulos múltiplos” face aos significativos benefícios ambientais traduzidos pelo sentido positivo e pela magnitude dos coeficientes de impactos ambientais, principalmente no aspecto eficiência tecnológica, indicadores uso de insumos materiais (3), uso de energia (4,5) e uso de recursos naturais (7,5) e, no aspecto conservação ambiental, indicadores atmosfera (15) e água (11,25). Cabe destacar que em relação ao aspecto de conservação ambiental, principalmente o indicador “geração de resíduos sólidos” (coeficiente de impacto ambiental negativo igual a -4,5) merece atenção especial, pois a disposição inadequada das cascas provoca impactos no solo e, dependendo das suas características e relevo da região, provoca também escoamento e lixiviação para as águas superficiais e subterrâneas. A discussão a seguir detalha um pouco mais as principais causas destes resultados.

É importante destacar que, apesar da existência de uma tecnologia convencional de processamento de castanha, representada pelas grandes indústrias, a avaliação da nova tecnologia será feita de forma isolada e não comparativa, uma vez que as minifábricas foram concebidas num formato que congrega associações e famílias de produtores rurais sem a pretensão de substituir a grande indústria processadora de castanha de caju.

No aspecto **eficiência tecnológica**, a nova tecnologia promove reduções nos indicadores: usos de insumos químicos e materiais (3), uso de energia (4,5) e usos de recursos naturais (7,5). Estes ganhos ambientais são proporcionados pelas reduções significativas (coeficientes de alteração iguais a -3) para os

componentes: quantidades consumidas de matéria-prima, de eletricidade e de água para processamento. A quantidade de matéria-prima reduziu-se porque, dado os elevados índices de amêndoas inteiras (85%) na nova tecnologia, necessita-se de menor quantidade inicial de matéria-prima para se produzir o mesmo número de amêndoas inteiras (produto final). O consumo de eletricidade é baixo, principalmente em função dos sistemas de classificação e corte serem manuais. Foi ampliado o consumo de GLP¹³, usado no cozedor, nas estufas e nas fritadeiras. Como o modelo de minifábricas não envolve o uso de caldeiras, elimina-se assim o consumo de óleo combustível. Assim, considerou-se que não houve alteração no componente óleo combustível/gás na comparação entre os dois sistemas tecnológicos. O consumo reduzido de água é devido a não existência da etapa de umidificação da castanha. Em todos os demais componentes desses indicadores de eficiência tecnológica tem-se a condição de não aplicação (sem efeito) ou inalterado.

No que se refere ao aspecto **conservação ambiental**, todos os resultados da tecnologia são extremamente expressivos considerando a magnitude dos respectivos coeficientes de impactos: 15 para o indicador atmosfera, -4,5 para geração de resíduos sólidos e 11,25 para água. Como nas minifábricas não se usam caldeiras, há vantagens retratadas nos elevados coeficientes de alteração (-3) aplicáveis no entorno (além dos limites da fábrica) para os componentes no indicador atmosfera, principalmente devido à não emissão de gases e material particulado/fumaça, pela diminuição de ruído (decorrente do processo de corte ser manual) e, ainda redução de odores. No caso do indicador geração de resíduos sólidos, a não utilização de caldeiras elimina a prática de uso da casca da castanha como combustível. Com isto as cascas geradas no processamento das minifábricas não seguem uma rotina de coleta adequada e são, na sua maioria, dispostas de forma inadequada no solo implicando num grande aumento (coeficiente de alteração igual a 3) na geração de

¹³São necessários 26kg de gás para processar 550kg de castanha e produzir 5 caixas de amêndoas (113).

Tabela 4 - Processamento de Castanha de Caju: Indicadores de Impacto Ambiental, Pesos, Coeficientes de Impactos e Índice de Impacto Ambiental, 2003

Indicadores de impacto ambiental	Peso do indicador	Coeficientes de impacto
Uso de insumos materiais	0,15	3
Uso de energia	0,15	4,5
Uso de recursos naturais	0,15	7,5
Atmosfera	0,15	15
Geração de resíduos sólidos	0,15	-4,5
Água	0,15	11,25
Qualidade do produto	0,10	0,35
Índice de impacto ambiental da inovação tecnológica		5,55

Fonte: Dados da pesquisa.

resíduos sólidos descartáveis. O líquido presente na casca da castanha (LCC) é um componente que contém compostos fenólicos de alto potencial poluidor. A disposição inadequada provoca impactos no solo e, dependendo de suas características e relevo da região, provoca também o escoamento e lixiviação para as águas superficiais e subterrâneas. Com relação ao indicador qualidade da água, como a tecnologia de módulos múltiplos não utiliza muita água, a geração de efluentes é pequena, diminuindo fortemente (-3) a carga poluidora representada pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO), turbidez e materiais flotantes. O componente lodo/borras não se aplica neste caso.

O aspecto **qualidade do produto**, é avaliado segundo o conceito de segurança alimentar (*food safety*), particularmente nos aspectos nutricionais e de saúde (alterações na presença de aditivos, resíduos químicos e contaminantes biológicos). Com respeito ao indicador “contaminantes biológicos”, o que se observa é que a grande manipulação existente nas tecnologias de módulos múltiplos aumenta o risco de contaminação microbiana, entretanto, como a amêndoa de caju é um produto que, além da baixa atividade de água é obtido a partir de processos que utilizam altas temperaturas, observa-se ausência dessa contaminação. Portanto, foi considerado valor zero para o indicador “contaminantes biológicos”. Com respeito aos resíduos químicos, enquanto na tecnologia de módulos múltiplos há cozimento da castanha em autoclaves em vapor saturado, nos de-

mais processos, o cozimento ocorre em líquido presente na casca da castanha (LCC). É de se esperar que a incorporação de compostos fenólicos residuais, provenientes do LCC, se dê mais intensamente nestes últimos. A presença desses compostos afeta negativamente atributos sensoriais de sabor, cor e aroma do produto final. Portanto, foi considerado que houve uma pequena diminuição (-1), em escala de ocorrência pontual, no componente resíduos químicos. Neste caso não se aplicam aditivos.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas considerações gerais são relevantes de se destacar da aplicação da metodologia do Sistema Ambitec. Em termos de alcance (abrangência e influência) todas tecnologias avaliadas têm amplas possibilidades de expansão para outras áreas. Dentre as características do Sistema com implicações ambientais diretas, a natureza integrativa e de mensuração adimensional - componente (coeficientes de alteração ambiental), indicador (coeficientes de impacto ambiental), aspecto (coeficientes de impacto ambiental) e inovação tecnológica (índice de impacto ambiental agregado) - favorece e facilita as avaliações dos diferentes compartimentos ecológicos da inovação tecnológica agrícola. Desta forma, as comparações são possíveis e pertinentes intra e inter casos avaliados. Dentre os resultados dos casos estudados e sumarizados (Tabela 5) apenas três indica-

Tabela 5 - Uva Niágara Rosada, Poedeira Embrapa 051 e Processamento de Castanha de Caju: Indicadores de Impacto Ambiental, Coeficientes de Impacto Ambiental e Índice de Impacto Ambiental, 2003

Indicadores de impacto ambiental	Coeficientes de impacto ambiental		
	Uva niágara	Poedeira 051	Castanha
Uso de agroquímicos	10,5	-	-
Uso de insumos materiais	-	0	3
Uso de energia	1,5	4,5	4,5
Uso de recursos naturais	-0,5	1,8	7,5
Atmosfera	0,9	1,8	15
Capacidade produtiva do solo	3,75	1	-
Geração de resíduos sólidos	-	-	-4,5
Água	0	0	11,25
Biodiversidade	0	-3	-
Recuperação ambiental	0,40	0,3	-
Qualidade do produto	-	1	0,35
Índice de impacto ambiental da inovação tecnológica	2,07	0,90	5,55

- Coeficientes não pertinentes (não se aplicam) nos respectivos casos.

Fonte: Dados das tabelas 2, 3 e 4.

dores apresentaram coeficientes de impacto ambiental negativos (-0,5; -3; e -4,5) sinalizando explicitamente possibilidades de melhorias de qualidade ambiental nas inovações tecnológicas avaliadas.

A grande maioria dos demais coeficientes apresentou resultados positivos, alguns relativamente altos (7,5; 10,5; 11,25 e 15) considerando que a escala vai de -15 a +15, sinalizando portanto contribuições ambientalmente desejáveis destas tecnologias. O destaque foi para o novo sistema de processamento de castanha de caju, com reduções significantes na poluição atmosférica (15). Todos índices estimados de impacto ambiental são positivos, com destaque novamente para o sistema de processamento de castanha de caju (5,5). A seguir são destacadas algumas particularidades de cada uma das tecnologias avaliadas.

4.1 - Uva Niágara Rosada para Regiões Tropicais

O maior coeficiente de impacto ambiental (10,5) ocorreu no aspecto ambiental eficiência tecnológica, devido a significantes reduções em todos componentes do indicador "uso de pesticidas". O

uso de energia também reduziu especialmente no que se refere ao consumo de óleo diesel. Os resultados obtidos para o uso de recursos naturais (-0,5) sugerem possibilidades de melhorias tecnológicas notadamente em termos de usos de água e demanda de novas áreas. A redução do trânsito de máquinas trouxe contribuições efetivas à conservação ambiental, via melhorias na compactação do solo. Há também possibilidades de melhorias via indicações que a tecnologia facilita a recuperação de solos e ecossistemas degradados.

4.2 - Poedeira Embrapa 051

Os destaques positivos desta tecnologia são no uso de energia (4,5), especificamente redução no consumo de eletricidade; uso dos recursos naturais (1,8) via diminuição de água para manejo e área para disposição de resíduos; e na redução da poluição atmosférica (1,8), diminuindo sensivelmente a produção de gases de efeito estufa e material particulado. As razões para tais benefícios são relacionadas em grande parte pelo sistema semiconfinado da poedeira Embrapa 051, que reduz fortemente o consu-

mo de eletricidade e pela disposição direta dos animais nas pastagens. Por outro lado, o sistema de pastagem traz conseqüências negativas quanto à biodiversidade (-3), pois aumenta a perda de vegetação nativa e de espécies/variedades caboclas. O ideal é que esta área seja cultivada com espécies forrageiras, mantendo a cobertura do solo.

4.3 - Processamento de Castanha de Caju

O sistema de módulos múltiplos ou minifábricas para o processamento de castanhas de caju tem quase todos os seus coeficientes de impacto ambiental positivos e de expressivas magnitudes (uso de insumos materiais 3, de energia 4,5, de recursos naturais 7,5, redução da poluição atmosférica 15 e conservação de água 11,25). O destaque negativo é no aspecto conservação ambiental particularmente no aumento da geração de resíduos sólidos descartáveis (-4,5). A característica manual do sistema de classificação e corte da castanha, aliado à eliminação do uso de caldeiras no processamento das amêndoas, explicam em grande parte os ganhos positivos, com destaque para a significativa redução da emissão de gases, material particulado/fumaça, odores e ruídos, além de uma sensível economia no uso da água. O lado negativo, pelo aumento da geração de resíduos sólidos, é também devido ao sistema, pois com a não utilização de caldeiras as cascas são dispostas de forma inadequada no solo. Este indicador do aspecto conservação ambiental é, sem dúvida, a principal possibilidade de melhoria de qualidade ambiental deste sistema de processamento.

LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de gestão ambiental - especificação e diretrizes para uso, NBR ISO 14001**. Rio de Janeiro, 1996.

CANTER, L. W. **Environmental impact assessment**. 2nd. ed. New York: McGraw-Hill, 1996. 660 p.

_____. **Environmental impact of agricultural production activities**. Chelsea: Lewis Publishers, 1986. 382 p.

DOSI, G. The nature of the innovative process. In: _____ et al. **Tecnological change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988.

_____; FREEMAN, C.; FABLANI, S. The process of economic development: introducing some stylized facts and theories on technologies, firms and institutions. **Industrial and Corporative Change**. v. 3, n. 1, 1994.

GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; VAN DER WERF, H. Indicators, tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. **Journal of Sustainable Agriculture**. v. 13, n. 4, p. 5-21, 1999.

IRIAS, L. J. M. et al. **Avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas nos segmentos agropecuário, produção animal e agroindústria (Sistema Ambitec)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 17 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica). No prelo.

MIRRA, A. L. V. **Impacto ambiental: aspectos da legislação brasileira**. São Paulo: Editora Oliveira Mendes, 1998.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **MAIA - Manual de Avaliação de Impactos Ambientais**. 3. ed. Curitiba: SEMA/IAP/GTZ, 1999.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa: fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 66 p. (Embrapa Meio Ambiente, Documentos, 14).

_____; CAMPANHOLA, C., KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 349-375, set./dez. 2002.

_____; _____. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: Ambitec-Agro**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003b. 93 p. (Embrapa Meio Ambiente, Documentos, 34).

_____; _____. An environmental impact assessment system for agricultural R&D. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 23, p. 219-244, 2003a.

SADLER, B. **Environmental assessment in a changing world: evaluating practice to improve performance**. Canadian: Environmental Assessment Agency/International Association for Impact Assessment, 1996.

Recebido em 08/12/2003. Liberado para publicação em 11/02/2004.