

Bases Ecológicas da Sustentabilidade e Sistemas de Avaliação

Geraldo Stachetti Rodrigues ¹

Introdução

O que é a ECOLOGIA? Seria uma ética com vistas a salvar animais e plantas; um partido político; um movimento de impugnação contra a energia nuclear, a poluição, e os organismos transgênicos; um sentimento romântico de retorno à natureza; uma disciplina científica derivada da biologia; ou em seu maior alcance, uma postura social para o desenvolvimento sustentável da humanidade? Seria a ecologia uma filosofia, uma mensagem, um mito, uma religião, ou uma ciência? Em suas mais variadas facetas, o termo ecologia, na atualidade, invoca todas estas definições.

Como ciência, dotada de um corpo de conhecimento definido e metodologia estabelecida, a ecologia é muito recente, pós 1869, quando foi definida por Ernst Haeckel (1834-1920) como o estudo da relação entre os organismos e seu ambiente. Como filosofia, ou enfoque científico para a compreensão da natureza, a ecologia teria milênios, desde Aristóteles, Marthius, Spix, Linnaeus, Humboldt, Malthus, Darwin... Seria o ramo do conhecimento uma vez denominado de História Natural.

A ecologia moderna pode ser definida como “a análise experimental da distribuição e abundância (Krebs, 1978). O arcabouço teórico da ecologia parte da organização da natureza em níveis de complexidade: desde átomos e moléculas compondo células que formam tecidos, que constituem órgãos de organismos que compõem populações, que se agregam em comunidades nos ecossistemas que formam a biosfera (Figura 1).

¹ Ecólogo, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna (SP) – stacheti@cnpma.embrapa.br

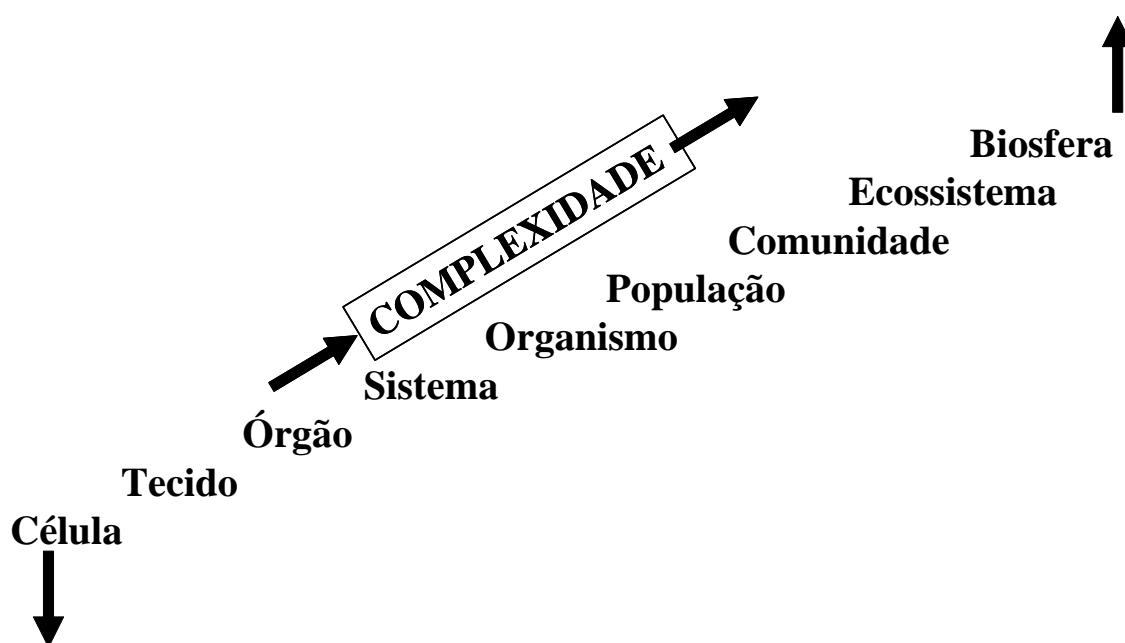


Figura 1. Níveis de complexidade da natureza e escopo da Ecologia.

Conceitos Básicos e Ecossistemas

Como ciência de síntese, o nível hierárquico mais importante da abordagem ecológica é o ECOSISTEMA: o ecossistema consta de dois componentes fundamentais, quais sejam, a **estrutura**, composta pelos elementos da natureza, os organismos e seu ambiente especial, e a função, ou o **modo de operar**, os processos que resultam das interações e do ajuste mútuo entre os elementos daquela estrutura. A **função** dos ecossistemas, ou seja, o resultado do **modo de operar das partes que formam a estrutura**, é a evolução em complexidade, tendendo ao clímax - as paisagens naturais da Terra.

Os processos pelos quais os ecossistemas alcançam e mantêm o estado de equilíbrio dinâmico representado pelo clímax resultam da interação mútua de um crescente número de componentes da estrutura, adicionados durante a sucessão ecológica, sob a influência reguladora dos **fatores ecológicos**.

Fatores ecológicos são todos os condicionantes do ambiente passíveis de agir diretamente sobre um organismo, em ao menos uma fase de seu ciclo de vida.

Assim, a altitude ou a profundidade, p.ex., não são fatores ecológicos, mas a pressão, a temperatura, a luminosidade, que agem diretamente, sim.

Os fatores ecológicos atuam das seguintes formas:

1. Eliminando espécies dos territórios onde as condições climáticas e físico-químicas não sejam favoráveis, influenciando na distribuição e repartição geográfica dos organismos, e na configuração dos biomas;
2. Modificando as taxas de fecundidade e mortalidade dos organismos, agindo na densidade das populações;
3. Favorecendo ou não a manutenção de modificações adaptativas, influenciando o próprio curso da evolução biológica.

Os fatores ecológicos dividem-se em bióticos e abióticos. Os fatores ecológicos bióticos resultam da interação entre os organismos, como predação, competição, parasitismo, mutualismo e outras formas de simbiose. Uma característica essencial dos fatores bióticos é serem dependentes da densidade, ou seja, um fator influenciará um organismo na proporção da densidade de sua população. Os fatores ecológicos bióticos favorecem a estabilidade dos ecossistemas, dado que uma população numerosa tenderá a sofrer, e.g., taxas de predação superiores a uma população pequena, resultando em um balanço na distribuição das espécies.

Em contraposição, os fatores ecológicos abióticos são os determinantes físico-químicos do ambiente: temperatura, disponibilidade de nutrientes e de água, luminosidade, pressão, salinidade, o próprio tempo, entre outros. Normalmente os fatores ecológicos abióticos agem sobre as populações de maneira independente da densidade, influenciando os organismos de acordo com suas capacidades específicas de suportar as variações das condições do ambiente (Rodrigues, 2004).

Vários conceitos importantes emergem dessas definições e são essenciais para a seleção e utilização de bioindicadores, quais sejam, os conceitos de lei do mínimo, fator limitante, valência ecológica, e finalmente, bioindicadores:

Lei do Mínimo

Liebig (1803-1873) enunciou que o desenvolvimento dos vegetais é limitado pelo nutriente cuja concentração seja inferior ao valor mínimo necessário à sua nutrição adequada.

Fator Limitante

Ampliando esse conceito, Shelford (1877-1968) definiu fator limitante como aquela condição do ambiente que esteja abaixo ou acima dos limites de tolerância do organismo.

Valência ecológica

Essas definições induzem ao conceito de valência ecológica de uma espécie, ou seja, a capacidade específica de suportar variações em um determinado fator. Assim, e.g., há espécies estenotérmicas cuja resistência a variações de temperatura é pequena, em contraste a espécies euritérmicas, resistentes a grandes variações de temperatura no ambiente.

Bioindicadores

Desde que fatores específicos freqüentemente determinam os organismos que podem ocorrer em determinado ambiente, pode-se avaliar a qualidade dos fatores – e, por conseguinte do próprio ambiente - a julgar pela ocorrência de organismos, especialmente aqueles estenoecos (cuja valência ecológica seja estreita), que se configuram nos melhores bioindicadores.

Completa-se o ciclo conceitual

A análise experimental da distribuição e abundância dos organismos fornece a base para a seleção e a utilização de bioindicadores. Ampliando-se o conceito, pode-se dizer que uma grande variedade e diversidade de indicadores de qualidade ambiental, sejam físico-químicos, biológicos, socioeconômicos, ecológicos ou de eficiência de processos produtivos, oferecem a base de entendimento da natureza e

dos efeitos das alterações impostas pelos processos produtivos. Quando estes efeitos interferem (positiva ou negativamente) com o bem estar social, eles são qualificados como Impactos Ambientais. Indicadores são, pois, a base do ferramental metodológico para realização de Avaliações de Impactos Ambientais e de sustentabilidade das atividades produtivas agropecuárias (Rodrigues, 1999).

Quando indicadores empregados em Avaliações de Impacto Ambiental (AIAs) são integrados com um fim definido, compõem-se os Sistemas de AIA. A seleção dos indicadores adequados é crucial para a adequação dos sistemas de AIA, e deve levar em consideração, de acordo com a abordagem sistêmica oferecida pela teoria ecológica, os níveis hierárquicos da natureza, por exemplo:

1. A folha de uma planta de soja responde rapidamente à disponibilidade de água e nutrientes oferecidos através de irrigação;

2. O desenvolvimento da cultura e a produtividade do campo agrícola apresentam resposta mais lenta, e integram aquelas mudanças de curto termo ocorridas nas plantas individuais em resposta à irrigação;

3. O equilíbrio econômico e ecológico da fazenda representa um outro nível hierárquico, superior, correspondente à integração dos vários campos cultivados, bem como de outras atividades e variáveis envolvidas com a condução e gestão da fazenda;

4. Para entenderem-se os mecanismos envolvidos na produtividade da cultura, avalia-se o estado nutricional das plantas. Uma boa disponibilidade de fatores de crescimento para as plantas da cultura emerge como maior produtividade, cujo significado para a fazenda é a própria razão das operações agrícolas.

O desenvolvimento das atividades produtivas em uma situação sustentável e com um ambiente de qualidade se dará através do planejamento das intervenções sobre a natureza, conforme a vocação dos ecossistemas. A fundamentação ecológica introduzida nesta parte do presente texto buscou oferecer um instrumental conceitual e metodológico para esse desenvolvimento sustentável das atividades produtivas.

Sistemas de Avaliação de Impacto Ambiental e de Sustentabilidade

A agropecuária brasileira atravessa um período de franca expansão da capacidade produtiva e na conquista de mercados, em seus mais diversos níveis de organização. Com certa independência quanto à escala produtiva e ao nível de capitalização, produtores cada vez melhor qualificados têm alcançado desde os mercados internacionais de “commodities” até nichos especiais, como a produção orgânica, a integrada, e atividades rurais diferenciadas como o agroturismo e os pesque-pagues.

Ainda que preservem interesses e características próprias, refletidos no debate sócio-político quanto aos rumos do desenvolvimento rural do país, produtores familiares e empresários rurais integram-se a um verdadeiro movimento de redefinição das demandas dos consumidores. Essa dinâmica é geradora de uma nova conformação das cadeias produtivas rurais e de sua interação com os mercados.

Esse processo de desenvolvimento inclui, como um eixo orientador convergente, a qualificação de formas de produção sustentáveis, independente da atividade produtiva, da filiação tecnológica, ou da condição socioeconômica do produtor. Para satisfazer a esse objetivo de desenvolvimento sustentável, são necessários instrumentos que permitam realizar a gestão ambiental de atividades e de estabelecimentos rurais.

A presente sessão deste texto debate a dualidade entre aspectos tecnológicos e ambientais do manejo agropecuário e situa a importância da adoção de ferramentas metodológicas para a Avaliação de Impactos Ambientais de atividades, formas de manejo, práticas e inovações tecnológicas agropecuárias, buscando-se promover melhorias no desempenho ambiental dos estabelecimentos rurais, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

A conectividade característica do atual dinâmico momento socioeconômico mencionado acima implica que os objetivos de desenvolvimento devem, necessariamente, envolver e coordenar ações que integrem os três setores (poder público, iniciativa privada e organizações da sociedade civil). Cada qual desses setores impõe requisitos, respectivamente, legais, de competitividade e de visibilidade, entre outros, determinantes da própria viabilidade das atividades rurais que se quer sustentáveis.

O papel da agricultura nos processos produtivos que envolvem os três setores depende, essencialmente, de decisões e capacidades dos produtores quanto aos aspectos tecnológicos e ambientais do manejo agropecuário. A depender dessas inclinações tecnológicas e ambientais, as atividades rurais estarão mais proximamente associadas a objetivos de inserção nos mercados convencionais de “commodities”, ou dirigidas a nichos especiais, de produtos e serviços com diferenciada agregação de valor.

Uma evidente dualidade existe quanto a essas inclinações tecnológicas e ambientais. De um lado, um conjunto de práticas tecnológicas associa-se à realização de uma agricultura dita moderna e empresarial, como o manejo integrado de pragas, a agricultura de precisão (com seus componentes de manejo sítio-específico e rastreabilidade), os organismos transgênicos, a produção de alimentos seguros e os processos de certificação auditada e de denominação de origem controlada.

De outro lado, listam-se as filiações ambientais ou ecológicas, como as formas de produção orgânica, natural e biodinâmica, a agroecologia (com seus componentes de diversificação e integração de sistemas agroflorestais), a conservação da biodiversidade e dos recursos genéticos, a segurança alimentar e os processos de certificação participativa e denominação de origem sustentável.

A enunciada dualidade, contudo, vincula-se, antes, às convicções e inclinações dos produtores quanto a filiação tecnológica e direcionamento de mercado, e não a problemas de compatibilidade entre os meios (o manejo, as práticas, as tecnologias que definem as formas de produção) e os fins (a manutenção e melhoria da capacidade produtiva e sustentação no mercado) das atividades rurais. Isso quer dizer que tecnologias modernas e manejos alternativos podem e devem, ambos, ser integrados e empregados para realizar o desenvolvimento sustentável.

Este embate entre definições tecnológicas e de vinculação produtiva, que igualmente envolvem produtores familiares e empresariais, constitui o marco da estrutura de impactos ambientais e da conseqüente sustentabilidade da agricultura. Portanto, métodos de avaliação de impactos são instrumentos adequados para definição de tecnologias, formas de manejo e atividades que minimizem os efeitos negativos das atividades produtivas e que maximizem a eficiência produtiva e o uso racional dos recursos naturais.

As ações de organização e manejo da produção agropecuária, voltadas para o desenvolvimento rural sustentável na atualidade, que indicam a convergência entre meios e fins da adoção de inovações tecnológicas e de desempenho ambiental dos estabelecimentos rurais, e sistemas de AIA associados, podem ser assim enunciados:

- Impacto ambiental de inovações tecnológicas –
 - Ambitec-Agro (e produção animal e agroindústria);
- Impacto social de inovações tecnológicas –
 - Ambitec-Social
- Gestão ambiental –
 - APOIA-NovoRural
- Inserção sustentável no mercado –
 - Eco.cert-Rural PROCISUR

Estes sistemas de AIA estão disponíveis para atender a variadas demandas, desde especificamente a seleção e indicação de inovações tecnológicas agropecuárias, a avaliação e gestão de atividades rurais, e a preparação dos produtores para a eco-certificação de suas atividades e estabelecimentos (Rodrigues & Campanhola, 2003; Rodrigues et al., 2003a,b). O Capítulo “Sistemas de Avaliação de Impacto Ambiental em Estabelecimentos Rurais: Ambitec, APOIA-NovoRural e Eco.cert-Rural PROCISUR”, incluído neste volume, traz um detalhamento da base conceitual, do desenvolvimento metodológico e da aplicabilidade destes sistemas para a promoção do desenvolvimento sustentável das atividades rurais.

Conclusão

Agricultura sustentável é o manejo e utilização dos ecossistemas agrícolas de modo a manter sua diversidade biológica, produtividade, capacidade regenerativa, vitalidade e habilidade de funcionamento, de modo que possa preservar – agora e no futuro – significantes funções ecológicas, econômicas e sociais. Ainda que todos os mecanismos de gestão sejam valiosos para a organização produtiva, aqueles que priorizam qualidades especiais de ambientes e comunidades locais favorecem a conformação de relacionamentos mais éticos e solidários entre os produtores, de um lado, e os consumidores, de outro.

A avaliação e implantação desses modelos diferenciados de produção podem ser obtidos com a aplicação de sistemas de AIA, promovendo-se a gestão ambiental das atividades rurais. Com isso, viabilizam-se relações sociais que ampliam a inserção daqueles produtores comprometidos com o desenvolvimento sustentável, estendendo o alcance social do manejo ecológico agropecuário.

Agradecimentos

As equipes da Embrapa Meio Ambiente e do IBAMA/PB agradecem ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro ao projeto “Gestão Ambiental das Atividades Rurais na APA da Barra do Rio Mamanguape (PB)”, que dá suporte aos trabalhos aqui apresentados. Agradecimentos são dirigidos à Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), que possibilitou acesso ao acervo bibliográfico referente à APA; à Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (FIEP), pelo fornecimento de informações sobre as indústrias localizadas na área de estudo; à Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/PB); ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); ao Centro de Mamíferos Aquáticos, Projeto Peixe-Boi Marinho; à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), especialmente ao Núcleo de Estudos e Pesquisas dos Recursos do Mar (NEPREMAR), pela parceria no curso “Gestão Ambiental e Certificação das Atividades Rurais da APA da Barra do Rio Mamanguape”, realizado na Universidade. Agradecemos aos gestores e administradores locais e à Prefeitura do Município de Rio Tinto, pela atenção. O êxito nas atividades realizadas até o presente momento pela equipe do IBAMA/PB e da Embrapa Meio Ambiente, que resultam na elaboração desse livro, deve-se, sobretudo, à colaboração dos agricultores e produtores rurais da APA, dos presidentes das associações de moradores, pescadores e agricultores, dos representantes dos trabalhadores e dos moradores das comunidades visitadas – Aritingui, Barra de Mamanguape, Cravassu, Curral de Fora, Lagoa de Praia, Pacaré, Praia de Campina, Tanques, Taberaba, Tatupeba, Tavares, Vila Veloso e aos caciques das Aldeias Indígenas: Akajutibiró, Brejinho, Caieira, Camurupim e Jaraguá – que tão calorosamente receberam e colaboraram com o nosso grupo de trabalho na APA da Barra do Rio Mamanguape. A esses todos somos especialmente gratos.

Referências

KREBS, C. J. **Ecology**: analysis of distribution and abundance. New York: Harper & Row Publishers, 1978. 678 p.

RODRIGUES, G. S. Conceitos ecológicos aplicados à agricultura. **Revista Científica Rural**, v. 4, n. 2, p. 155-166, 1999.

RODRIGUES, G. S. Bases ecológicas para seleção de bioindicadores e conformação de índices integrados. In: FERRACINI, V. L.; QUEIROZ, S. C. do N. de; SILVEIRA, M. P. (Ed.). **Bioindicadores de qualidade de água**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. CD-ROM. p. 8-29.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. An environmental impact assessment system for agricultural R&D. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 23, p. 219-244, 2003a.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária**: Ambitec-Agro. Jaguariúna: Embrapa meio Ambiente, 2003b. 93 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 34). (on-line www.cnpma.embrapa.br).