

# Rumos para a formação de ecólogos no Brasil\*

Rogério Parentoni Martins<sup>1</sup>  
Thomas Michael Lewinsohn<sup>2</sup>  
José Alexandre Felizola Diniz-Filho<sup>3</sup>  
Francisco Ângelo Coutinho<sup>4</sup>  
Gustavo Alberto Bouchardet da Fonseca<sup>5</sup>  
Maria Auxiliadora Drumond<sup>6</sup>

## Resumo

O país avançou consideravelmente na formação de novos ecólogos, na produção científica de relevância internacional, na formulação de políticas ambientais e de uma legislação favorável ao desenvolvimento sustentável. Apesar disso, em locais onde há alta diversidade em espécies, tais como as regiões amazônicas, cerrado e semi-árido brasileiros, empreendimentos agropastoris e outras atividades econômicas e industriais de ampla escala têm resultado na redução considerável de ecossistemas e habitats naturais para muitas espécies, das quais a vasta maioria ainda não foi satisfatoriamente estudada, quando não é taxonomicamente desconhecida.

É muito importante publicar artigos de relevância e alcançar o conseqüente reconhecimento internacional, porém é de importância semelhante discutir as conseqüências do aumento da magnitude de nossos problemas ambientais e propor a adoção de procedimentos efetivos para transformar essa realidade indesejável.

As formas pelas quais isso poderia se realizar incluem o fomento em nossas pós-graduações de fóruns permanentes de discussão sobre esses problemas, a busca de alternativas realistas para sua solução em curto, médio e longo prazos, e a luta para que essas alternativas sejam explicitamente incorporadas ao rol de políticas públicas ambientais que efetivamente se concretizam.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento da ecologia brasileira. Formação de ecólogos. Políticas públicas ambientais.

## Abstract

The first graduate programs in Ecology started in Brazil 30 years ago, and this science in Brazil is fastly growing up since then. Many young Brazilian ecologists have graduated both in Brazil and abroad and there was a significant increase in the number of indexed paper

<sup>1</sup> Doutor em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Coordenador do curso de pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Presidente do Fórum Nacional de pós-graduação em Ecologia – UFMG. Avenida Antônio Carlos, 6.627 – UFMG-ICB – Departamento de Biologia Geral, Pampulha – CEP: 30123-970 – Belo Horizonte-MG – Caixa-postal: 486. wasp@icb.ufmg.br

<sup>2</sup> Doutor em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Coordenador de curso de pós-graduação. Prof. Livre Docente da Unicamp. Instituto de Biologia, Departamento de Zoologia. thomasl@unicamp.br

<sup>3</sup> Doutor em Zoologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp). Professor Titular da Universidade Federal de Goiás (UFG), Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Geral. diniz@icb.ufg.br

<sup>4</sup> Doutor em Educação pela UFMG. Professor Adjunto da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), Programa de Pós-graduação *lato e stricto sensu* (Prepes), Mestrado Profissional em Ensino. Livre Docente da UFMG. mestradoprepes@pucminas.br

<sup>5</sup> Doutor em Wildlife and Range Sciences pela Universidade da Flórida, Estados Unidos. Professor Titular da UFMG, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Zoologia. g.fonseca@conservation.org

<sup>6</sup> Doutoranda em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre pela UFMG. Consultora em Gestão Ambiental e Políticas Públicas Ambientais. dodoradrumond@uol.com.br

\* Agradecimentos: Ao Professor Fábio Scarano pela leitura criteriosa e pelas contribuições que ajudaram a melhorar a compreensão de certas partes do texto. Agradecemos também ao revisor anônimo que igualmente contribuiu para aperfeiçoar a compreensão do texto.

published by Brazilian ecologist. Despite this progress, biodiversity-rich regions such as the Amazon forest, the cerrados and the semi-arid are threatened by large scale activities that cause a dramatic reduction of natural habitats and provoke ecosystem disturbances.

The importance of publishing relevant scientific papers is obvious for the advancement of Ecology in Brazil and elsewhere. Nevertheless it is also very relevant that ecologists engage in discussions about our environmental problems in order to proposal effective ways to transform this undesirable reality. A productive way to reach this goal is to stimulate ecologists to engage in national meetings to discuss the integration between scientific ecological competence and its application in real situations. The next important step should be an effective ecologist's participation in public policies formulation and application.

**Keywords:** Development of Brazilian Ecology. Ecologist Training. Environmental Public Policies

## **Introdução**

A Ecologia no Brasil desenvolveu-se significativamente em termos de formação de novos pesquisadores e de publicação de artigos em revistas internacionais de alto impacto, em apenas trinta anos após o início simultâneo, em 1976, dos quatro primeiros cursos de pós-graduação no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (Inpa), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade de Brasília (UnB) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Esse desenvolvimento deu-se em parte devido ao grande interesse que essa ciência relativamente nova no país despertou em jovens biólogos brasileiros. Além disso, é um resultado muito positivo da implantação pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de políticas de desenvolvimento científico, dentre elas os estímulos à formação de jovens doutores em boas universidades dos Estados Unidos e Europa. A julgar pelo quarto lugar que a Ecologia ocupa no ranking das ciências brasileiras, que nos últimos dez anos publicaram trabalhos científicos em revistas de alto impacto (SCARANO; OLIVEIRA, 2005), esses estímulos lograram sucesso, tendo em vista até mesmo o relativamente curto período no qual esse crescimento ocorreu. Entretanto, é importante notar que, embora a produção científica esteja em periódicos considerados de boa qualidade, há ainda muito espaço para melhoria no que diz respeito à qualidade dos veículos que os ecólogos preferencialmente escolhem para divulgar os produtos de seus trabalhos. Isso pode ter diferentes causas; por exemplo, a timidez dos pesquisadores em submeter manuscritos a

periódicos de primeira linha. Outra explicação possível é a de que os ecólogos brasileiros têm conseguido reproduzir experimentos realizados em outros países, testar previsões de hipóteses interessantes e gerar dados de alta qualidade, mas ainda vêm realizando pouca pesquisa “de ponta” no país. De toda forma, enfatizamos a importância de se produzir cada vez mais conhecimento de alto nível na Ecologia brasileira, o que deveria se refletir em um aumento gradativo do impacto das publicações brasileiras no exterior. Além disso, não obstante o incontestável sucesso na melhoria da pesquisa básica em Ecologia do Brasil, o país enfrenta ainda problemas ambientais sérios. Tais problemas ameaçam o funcionamento de seus sistemas ecológicos e a integridade da biodiversidade brasileira (SCARANO; OLIVEIRA 2005), especialmente em certos biomas, tais como o cerrado e a mata atlântica, onde ela se expressa de formas mais significativas e complexas. O país avançou consideravelmente na formação de novos ecólogos e em sua produção científica, na formulação de políticas ambientais e de uma legislação favorável ao desenvolvimento sustentável. Apesar disso, em locais de alta diversidade em espécies, tais como as regiões amazônicas, caatinga e os cerrados brasileiros, empreendimentos agropastoris e outras atividades industriais de ampla escala têm resultado na redução considerável de ecossistemas e *hábitats* naturais para muitas espécies, das quais a vasta maioria ainda não foi satisfatoriamente estudada, quando não é taxonomicamente desconhecida. Desse modo, continua a prevalecer um gigantesco descompasso entre as políticas de desenvolvimento econômico e as políticas públicas ambientais que deveriam privilegiar o desenvolvimento sustentável em termos da conservação de recursos naturais. Por falta de um planejamento que priorize a combinação otimizada de crescimento econômico com a conservação ambiental, ou simplesmente por não entenderem o valor que os ecossistemas naturais representam, alguns tomadores de decisão governamentais e empresariais fazem vista grossa sobre o imperativo de sustentabilidade efetiva para o desenvolvimento nacional.

Nessa perspectiva, se por um lado há motivos para comemorar o bom desenvolvimento da ciência ecológica, por outro, aumenta a responsabilidade dos Programas de Pós-graduação em Ecologia continuarem formando jovens pesquisadores cada vez mais competentes profissionalmente e competitivos em nível internacional. Porém, tendo em vista o quadro crítico referido acima, nossa responsabilidade é também a de formar cientistas conscientes de que, a par de procurar conhecer cada vez mais a natureza dos mecanismos ecológicos e evolutivos geradores de uma biodiversidade expressiva, é necessário um outro tipo de perspectiva. É muito importante publicar artigos de relevância e o conseqüente reconhecimento internacional, porém é de importância semelhante discutir as conseqüências do aumento da magnitude de nossos problemas ambientais e propor a adoção de procedimentos efetivos para transformar essa realidade indesejável.

As formas pelas quais isso poderia se realizar incluem o fomento em nossas pós-graduações de fóruns permanentes de discussão sobre esses problemas, a busca de alternativas realistas para sua solução em curto, médio e longo prazos, e a luta para que essas alternativas sejam explicitamente incorporadas ao rol de políticas públicas ambientais que efetivamente se concretizem. No entanto, essas não são tarefas isoladas para uma ou outra pós-graduação, mas sim demandam a cooperação entre as pós-graduações brasileiras. Mais do que competir entre si os programas devem, ao contrário, fortalecer-se mutuamente; as pós-graduações mais consolidadas e bem estruturadas, auxiliando aquelas ainda incipientes, a fim de que estas superem as dificuldades para se estruturar.

Felizmente, nos últimos dez anos, conseguimos estabelecer um diálogo frutífero, embora ainda insuficiente, entre as pós-graduações em Ecologia no Brasil, por meio do Fórum Nacional de Coordenadores de Pós-Graduação em Ecologia. Hoje devidamente consolidado, o Fórum é a representação legítima do conjunto desses programas e por isso detém força política suficiente para ser ouvido e respeitado nas diversas instâncias responsáveis pelas políticas científicas e públicas relacionadas ao meio ambiente. Torna-se necessária agora uma reflexão sobre os rumos que devemos seguir e ações que devemos implementar para sermos eficientes e efetivos no alcance de nossos objetivos.

Desse modo, há uma série de ações a serem tomadas, tanto do ponto de vista acadêmico quanto do ponto de vista de práticas que levem à conservação e o manejo de nossos ecossistemas, em especial aqueles onde os impactos dos empreendimentos forem mais intensos e, portanto, necessitem de medidas práticas mais emergenciais. Para tanto gostaríamos de discutir vários pontos relevantes ao desenvolvimento e inserção social da ecologia no Brasil. Dois tópicos, desenvolvimento científico da ecologia e ecologia na prática, são suficientemente abrangentes para conter e estimular um conjunto de reflexões importantes.

### **Ecologia Teórica e História Natural**

A respeito do desenvolvimento científico da Ecologia, cabe refletir sobre o papel que a história natural deve ter como base para o desenvolvimento de modelos ecológicos mais realistas ou as situações que merecem investigação como estudos de caso. É fundamental reconhecer de forma clara a identidade da ecologia científica, a fim de que reconheçamos também da mesma forma quais são nossas possibilidades e os limites de nossas ações. É importante discutir

entre nós e com nossos alunos os métodos de pesquisa em Ecologia, pois a utilização preferencial de um método qualquer pode ser inadequada em certas situações (e.g. SHRADER-FRECHETTE; McCOY, E.D. 1993). Além das questões metodológicas, fazer ciência de alto nível implica um conhecimento histórico e filosófico suficiente para que entendamos a natureza do conhecimento que estamos produzindo. Finalmente, faz-se necessário discutir se é possível e desejável a unidade da Ecologia e em quais bases seria possível esta ocorrer. Note-se que a unidade da Ecologia fará sentido na medida em que ela resultar em um aumento substancial na qualidade do conhecimento ecológico que estamos produzindo nas diversas vertentes reconhecidas como ecológicas.

Um aspecto extremamente importante para continuar o desenvolvimento científico da ecologia no Brasil diz respeito a uma formação mais sólida em teoria ecológica e em análise de dados ecológicos. Há alguns anos, o comitê de Ecologia e Meio Ambiente da Capes propôs que todos os Programas de Pós-graduação em Ecologia do Brasil possuíssem uma disciplina de estatística ecológica, ou análise de dados, obrigatória em suas matrizes curriculares. Além disso, a partir de 2005, o comitê passou a exigir de cursos novos e antigos que garantissem ao estudante acesso a conteúdos de História da Ecologia e Metodologia da Pesquisa e/ou Filosofia da Ciência. É difícil avaliar, em curto prazo de tempo, o impacto dessas iniciativas, mas é preciso que haja consciência por parte da comunidade acadêmica em questão da sua importância para a melhor formação científica dos ecólogos brasileiros.

É indiscutível que o Brasil, por possuir uma biodiversidade extremamente elevada, torna-se um dos países mais estratégicos para a pesquisa ecológica, principalmente porque uma boa parte dessa biodiversidade ainda é desconhecida em seus detalhes. Esses aspectos podem ser sintetizados nos chamados “limitantes Wallaceanos e Linneanos”, que designam a falta de conhecimento sobre padrões de distribuição das espécies, e mesmo de sua sistemática básica. Obviamente, além desses problemas, notam-se lacunas no conhecimento de aspectos fisiológicos, comportamentais, morfológicos e ecológicos das espécies. Esses problemas, embora existam na maior parte dos países do mundo, tomam proporções assustadoras nas regiões tropicais, dada sua elevadíssima biodiversidade. Assim, esta diversidade elevada e tão pouco conhecida deve ser um estímulo e desafio permanentes à pesquisa em Ecologia no Brasil.

Embora estudos de cunho naturalista continuem a ser fundamentais, ecólogos e biólogos no Brasil necessitam de uma formação teórico-metodológica mais sólida a fim de acompanhar os avanços que ocorrem em nível mundial e que possam, inclusive, dar mais consistência científica a esses estudos em história natural. Não é

possível, como alguns tendem a argumentar, aguardar que essas falhas de conhecimento básico sejam sanadas para só então passar a pensar em outros aspectos mais aprofundados da ecologia e biologia dos organismos. Caso isso ocorra, o Brasil estará perdendo o “bonde” da história científica em Ecologia. Até porque, em um mundo globalizado, se os ecólogos brasileiros não assumirem esse papel, outros irão fazê-lo sem maiores problemas, relegando os brasileiros a meros coletores de informação, alienados do trabalho intelectual de alto nível (cf. DE MATTOS; SCARANO, 2002 e BARBOSA et al., 2004).

Assim, uma maior integração entre pesquisas mais descritivas em história natural e teóricas em Ecologia possui diferentes componentes: 1) componente epistemológico: no qual a atividade científica deve estar solidamente embasada em aspectos filosóficos e metodológicos, deixando de ser puramente descritiva e baseada em acumulação de fatos; 2) componente sócio-político: no qual uma maior integração da pesquisa feita por pesquisadores brasileiros deva favorecer uma melhoria brasileira no ranking mundial da ciência ecológica, já que o grande acesso a material biológico de interesse, associado a uma boa aplicação de conceitos e metodologias ‘de ponta’ deve aumentar a produção científica em revistas de alto impacto; e 3) componente ambiental emergencial: já que se espera que essa integração efetiva, associada aos aspectos destacados em (1) e (2), amplie a atuação dos ecólogos no Brasil em decisões relativas ao meio ambiente, tanto pelo aumento da atividade científica em si quanto pelo aumento da credibilidade destes por parte dos organismos governamentais e não-governamentais envolvidos em questões ambientais.

Para que essa integração se concretize de forma efetiva, portanto, é preciso que os ecólogos brasileiros, principalmente ainda em fase de formação, sejam incentivados também a pensar em problemas ecológicos atuais, tanto em escala regional como global o que implica no acompanhamento constante da literatura científica internacional e muito provavelmente em um conhecimento histórico e retrospectivo do desenvolvimento da teoria/metodologia ecológica como um todo. Isso permite ter uma visão global das áreas que estão sendo pesquisadas, eventualmente sugerindo novas linhas de pesquisa, ou permitindo pelo menos avaliar de forma clara que problemas ecológicos ainda não foram bem explorados e resolvidos. Atualmente, análises cienciométricas já podem ser utilizadas para esse fim, mas obviamente mesmo a aplicação dessas técnicas bibliométricas exige um amplo conhecimento ‘a priori’ sobre o campo de estudo no qual se está interessado.

É preciso ressaltar também que, à medida que o conhecimento ecológico avança e o número de ferramentas para coleta de informação aumenta, abre-se um leque de opções para análise ecológica, bem como uma série de possibilidades de aplicação dos dados obtidos

na resolução de problemas ambientais. Atualmente é possível avaliar padrões de biodiversidade, desde a análise de variações genéticas em populações por meio de marcadores moleculares, que permitem avaliar processos microevolutivos, até análises de padrões de paisagem e biogeográficos, com base em técnicas e informações cada vez mais acuradas obtidas por sensoriamento remoto, aliada à captura de dados em coleções biológicas. É possível perceber, entretanto, que uma parte da pesquisa teórica atual objetiva encontrar processos trans-escalares que tendam a unificar as concepções de biodiversidade, buscando explicar fenômenos em escalas amplas (e. g., os gradientes latitudinais de diversidade) a partir de processos que se manifestam em pequena escala (razões metabólicas individuais e tamanho de corpo) (BROWN et al. 2003). Observa-se, assim, que há numerosas fronteiras de pesquisa ecológica que exigem um conhecimento interdisciplinar e integrado, dentro da Biologia e em outras áreas do conhecimento científico, e que poderão ser mais exploradas por pesquisadores com acesso a dados de alta qualidade sobre biodiversidade. É preciso, entretanto, que os pesquisadores estejam atentos a tais avanços teóricos e conceituais.

Em um segundo momento, após a identificação desses problemas atuais e importantes, é preciso pensar sobre a melhor maneira de investigá-los, o que por sua vez implica coleta e processamento de informação. É extremamente importante que os ecólogos brasileiros tenham claro que essa é uma segunda fase do desenvolvimento de pesquisa, e que a coleta de dados sem um objetivo a priori é normalmente uma estratégia sub-ótima, já que os pesquisadores, nesse caso, tendem a coletar mais dados do que o necessário ou viável para testar previsões de uma hipótese, ou que não obtenham os dados essenciais a este teste. Voltando à questão da integração entre ecologia de campo e a teoria ecológica, é bastante comum ouvirmos dos ecólogos algo como: “já que vamos estar no campo, poderíamos também coletar dados sobre isso, aquilo e aquilo mais...”. Embora em princípio seja desejável racionalizar o uso dos recursos para realizar trabalhos de campo, esses dados acessórios, que normalmente são um sub-produto do projeto principal, muitas vezes tendem a causar problemas para a coleta dos dados principais (por exemplo, seria possível ter coletado mais amostras para o teste central do projeto e aumentado o seu poder em resolver um problema específico, caso o pesquisador não tivesse usado o tempo na coleta de outros dados que, de fato, ainda não sabe para que irão servir no futuro).

O outro lado dessa mesma moeda é o de que obter dados sem uma teoria prévia pode causar perda de informação importante, ou seja, se o pesquisador tivesse se dado conta da necessidade de um determinado dado, ele teria sido incluído no planejamento do trabalho de campo. Esses dois problemas são, infelizmente, ainda

muito comuns no Brasil e no mundo. Os pesquisadores tendem a lidar com eles tentando atingir por tentativa e erro um equilíbrio entre esforço de coleta dos dados principais e o quanto seria possível obter de dados paralelos. Entretanto, o modo correto de resolver a questão é definir objetivamente que dados precisam ser coletados antes de fazê-lo (ver FORD, 2000).

Um problema associado é o da dificuldade em se analisar os dados obtidos em campo, nos laboratórios ou na própria literatura científica, apesar das facilidades atuais em termos de aumento da capacidade computacional e dadas pela disponibilidade de softwares desenvolvidos especificamente para análises ecológicas. Embora nossa experiência acadêmica mostre claramente que esse problema vem diminuindo nos últimos anos (talvez em função da própria recomendação do comitê de Ecologia da Capes), está ainda longe de ser dado por superado. As dificuldades de muitos ecólogos em relação a esse aspecto, associadas às facilidades computacionais atuais, mostram inclusive que o problema não está, geralmente, na análise dos dados em si (ou seja, no conhecimento aprofundado de técnicas estatísticas ou matemáticas na análise dos dados), mas sim na questão da teoria ecológica subjacente aos dados. Ou seja, como o pesquisador não os coletou pensando em uma teoria ecológica ‘a priori’, ele não sabe nem o que fazer com eles, tornando-se freqüente a necessidade de perguntar a um estatístico “o que faço com esses dados?”. Boa pergunta, que um estatístico, sem boa formação em ecologia, dificilmente será capaz de resolver além do trivial “faça um qui-quadrado!”

Ainda é preciso insistir que, para conseguir analisar seus dados adequadamente, os ecólogos não precisam ser ‘experts’ na teoria subjacente das técnicas estatísticas que utilizam (embora isso seja interessante, acreditamos que seja inviável a princípio, já que isso exigiria uma formação muito mais aprofundada em estatística, matemática e computação). Entretanto, é preciso ter o conhecimento básico, a compreensão bem fundamentada da metodologia a ser aplicada e, com isso, a capacidade para interpretar os resultados gerados pelas análises. O que se espera (e se observa em muitos casos) é que, à medida que o pesquisador se familiariza com o procedimento de análise, ele se torna cada vez mais seguro de sua aplicação e do sentido ecológico dos resultados obtidos. Não raramente, a partir daí, ele passa a compreender melhor as bases estatísticas e computacionais do referido método. Para que isso aconteça, sem dúvida, é preciso romper algumas barreiras psicológicas iniciais e, para muitos, passar a ter uma postura muito desejável de humildade diante do desconhecido.

Dois outros aspectos em relação à obtenção e análise de dados são ainda essenciais para a formação de ecólogos. Em primeiro lugar,



assim como destacamos a necessidade de se definir a hipótese para um trabalho antes de iniciá-lo, a análise de dados faz parte dessa definição prévia: ela é escolhida e determinada pela formulação e abordagem do estudo – experimental, observações comparativas, etc. Em segundo lugar, problemas ecológicos são geralmente complexos e muitos procedimentos estatísticos convencionais são inadequados para analisá-los. Procedimentos inadequados levam à perda de eficiência dos testes estatísticos, ou mesmo a inferências incorretas. Há um vasto repertório de novos procedimentos que vêm sendo adotados ou experimentados em estudos ecológicos: podemos citar, por exemplo, novos procedimentos multivariados, modelos loglineares complexos, testes de randomização, métodos Bayesianos, modelos de equações estruturais, seleção de modelos por teoria de informação, modelos lineares gerais, análises de autocorrelação espacial, entre outros (TAPER; LELE, 2004; LEGENDRE; LEGENDRE, 1998; GOTELLI; GRAVES, 1996; MANLY, 1997; BURNHAM; ANDERSON, 2002).

De qualquer modo, o tão propalado distanciamento entre ecólogos teóricos e de campo torna-se cada vez mais sem sentido em um mundo que requer ações práticas urgentes para lidar com problemas ambientais. Os Programas de Pós-graduação em suas atividades de formação devem buscar não só um balanço, mas também uma integração, entre esses dois componentes. Além disso, não é absurdo pensar que uma estratégia para alcançar essa meta seja também associar a isso um componente de desenvolvimento regional, estimulando os alunos a pensarem em problemas ambientais concretos mais próximos a eles, sem perder de vista, claro, o contexto continental ou mundial no qual esses problemas ocorrem.

### **Ecologia, Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável**

Por outro lado, não devemos esquecer que os problemas ambientais e a construção de políticas públicas necessárias à sua minimização requerem ações multidisciplinares, articulações intra e interinstitucionais e conhecimento dos processos relacionados ao planejamento e gestão ambiental. Sendo formados por um dos ramos da ciência das mais abrangentes, esperar-se-ia que os ecólogos atuassem efetivamente na construção dessas políticas, de forma articulada com outras disciplinas e setores. No entanto, para alcançarem uma atuação efetiva nesse campo prático de trabalho, tão necessário para a melhoria do quadro ambiental existente, biólogos e ecólogos acabam sendo autodidatas, já que as instituições de ensino e pesquisa pouco oferecem para sua formação nas áreas de políticas públicas, tanto nos cursos de graduação como de pós-graduação. A ideologia do desenvolvimento

sustentável, por exemplo, tão difundida a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, demanda ações ambientais integradas aos campos social e econômico, o que torna necessário que os ecólogos e biólogos tenham a capacidade de discutir aspectos ligados à economia ambiental e à sociologia, dentre tantos outros. No entanto, constatamos que muitos projetos que se propõem a viabilizar o uso sustentado dos recursos naturais, mas que, na verdade, enfocam aspectos da ecologia de populações e de comunidades, resultam em bons trabalhos científicos, sem que possam, no entanto, ser aplicados praticamente na mudança de uma realidade indesejada. Os problemas ambientais se avolumam, enquanto muitos trabalhos são realizados de forma fragmentada e pouco eficiente. O mesmo acontece 'do outro lado': projetos de cunho estritamente social são desenvolvidos sob a ótica anunciada do desenvolvimento sustentável, mas tratam somente do estímulo ao escoamento da produção e à organização da sociedade, sem práticas adequadas de manejo dos recursos naturais. Dessa forma, percebe-se que a produção e a difusão dos conhecimentos ecológicos são insuficientes, apesar do evidente crescimento da demanda por recursos da biodiversidade para suprir o mercado de alimentos, artefatos, fitoterápico, de cosméticos, dentre muitos outros.

A atuação de biólogos e ecólogos é ainda mais precária na implantação de grandes empreendimentos, como os agronegócios, que já levaram à substituição de grandes áreas da floresta amazônica e do cerrado brasileiro. Em muitas situações tais projetos têm grandes facilidades de aprovação junto aos órgãos licenciadores estaduais e nacionais, tanto pelos discursos sociais a eles associados, que muitas vezes adotam retoricamente a 'política da sustentabilidade', quanto pela falta de profissionais capacitados para lidar com um planejamento ambiental de tal cunho e porte. São raros os casos em que biólogos e ecólogos conhecem a estrutura e o processo de licenciamento, ou seja, a dinâmica da gestão ambiental. As disciplinas voltadas aos impactos ambientais, especialmente em cursos de graduação, muitas vezes se resumem à descrição de atividades impactantes e não às metodologias, normas, leis, práticas e processos institucionais envolvidos no licenciamento de empreendimentos e na recuperação de áreas degradadas. Muitas vezes, como consultores, a atuação dos biólogos se restringe aos estudos de impacto ambiental (também fragmentados nas diferentes áreas do conhecimento, e geralmente realizados tardiamente, quando as decisões políticas já foram tomadas) e não ao acompanhamento das diferentes fases do processo de licenciamento. Como técnicos dos órgãos licenciadores, ocorre a denominada aprendizagem em serviço, ou seja, vão se dar conta de onde estão e como podem contribuir quando já se encontram inseridos no turbilhão institucional.

Não faltam exemplos das lacunas de articulação entre a formação atual do ecólogo e a realidade do trabalho relacionado as políticas públicas. Também não faltam exemplos da pouca informação ecológica necessária para a construção dessas políticas, como, por exemplo, para a elaboração das listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção. Sem dúvida, o método escolhido para sua construção é extremamente relevante, mas, infelizmente, para um grande número de espécies, ainda dispomos apenas de um número reduzido de informações sobre sua distribuição e sobre a dinâmica das suas populações, especialmente quando se deseja avaliar as flutuações ou alterações de longo prazo. Optamos pelo 'princípio da precaução', isso é considerar espécies ameaçadas de extinção, quando há lacunas de conhecimento sobre elas. No entanto, poderíamos assumir nosso desconhecimento e lutar para promover pesquisas que sirvam para subsidiar o julgamento do grau de ameaça sobre determinadas espécies, caso não seja viável julgá-las pelos critérios estabelecidos pela União Mundial pela Natureza que foram incorporados pelo Brasil na elaboração de suas listas oficiais. Por outro lado, talvez seja necessário readequar estes critérios para melhor aplicá-los às condições brasileiras.

### Ecologia, Filosofia e História da Ciência

Além do que foi até agora discutido, consideramos importante na formação do ecólogo que este tenha a oportunidade de se inteirar de aspectos da história e filosofia da ecologia referentes à estrutura teórica que utiliza. Esse conhecimento permitirá que o ecólogo defina com clareza o foco de sua pesquisa, elaborando hipóteses e testando as previsões delas provenientes. Um bom ponto de partida é o de reconhecer o que se considera como conhecimento científico.

Uma concepção ingênua de senso comum da ciência é a de que conhecimento científico é conhecimento provado; as teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção de dados adquiridos por observação e experimentação; a ciência é baseada nos nossos sentidos e, finalmente, opiniões e suposições não têm lugar na ciência (CHALMERS 1993). Durante o século XX, na Filosofia da Ciência desenvolveram-se novas visões da natureza da ciência (e.g., HANSON, 1965; KUHN, 1978; FEYERABEND, 1989, entre outros). Esta nova visão identifica a ciência como uma construção humana, provisória, suscetível de reformulação e reconstrução (OLIVEIRA, 1993). Portanto, as teorias, hipóteses e leis científicas seriam passíveis de questionamento por serem construções individuais, dependentes das concepções do pesquisador. Em um estudo sobre concepção de ciência realizado junto a alunos de pós-graduação em Ecologia

– mestrado e doutorado – Silva et al. (2002) notaram que tais alunos têm concepções sobre a ciência bem próximas da concepção ingênua caracterizada por Chalmers. Além disso, não foram encontradas diferenças importantes entre as concepções dos alunos de pós-graduação e alunos de graduação. Talvez apenas isso bastasse para justificar a introdução da Filosofia da Ciência em cursos de formação de ecólogos, bem como de formação de cientistas em geral.

A ciência ecológica atravessou um substancial progresso desde que surgiu há pouco mais de cem anos. Neste rápido crescimento, geraram-se uma grande série de subdisciplinas, tais como ecologia de organismos, de populações, de comunidades, de ecossistemas, de paisagem etc. Em tais subdisciplinas, novos dados, conceitos, testes, metáforas, modelos e generalizações estão constantemente aparecendo (cf. PICKETT et al., 1994). Na medida em que há uma proliferação de subdisciplinas, há também um aumento de lacunas em nossa compreensão dos fenômenos ecológicos. Estas lacunas, que podemos chamar de áreas de agnosia, surgem nas interfaces entre as subdisciplinas e, em nossa opinião, colocam a necessidade de pesquisas que possam abranger diversas subdisciplinas, aumentando nossa compreensão das relações entre fenômenos e processos. Toda subdisciplina tende a desenvolver seus próprios pontos de vista, pressuposições, definições, vocabulário e métodos. Nessa progressão, acaba tornando-se uma disciplina distinta, com a conseqüência de que um mesmo termo pode adquirir significados distintos em diferentes (sub) disciplinas. Pickett et al. (1994) citam como exemplos os termos “regulação”, “desenvolvimento” e “evolução”, que têm significados diferentes em Ecologia de populações, de comunidades ou de ecossistemas. Assim, para uma estruturação conceitual da Ecologia, torna-se necessário relacionar os pontos de vistas das diferentes subdisciplinas.

A integração do conhecimento em Ecologia é uma necessidade premente, que desempenharia um papel crucial para o aumento de nossa compreensão dos fenômenos ecológicos, bem como para fazer avançar a Ecologia como um todo. A integração envolve a combinação de dados, perspectivas, aproximações, modelos ou teorias que são aparentemente díspares (PICKETT et al., 1994). Suas aplicações práticas são imediatas. O chamado manejo ecológico, por exemplo, é a aplicação das conquistas científicas da Ecologia a problemas socialmente definidos. Pode-se imaginar, portanto, a importância da constituição de um conhecimento mais integrado em Ecologia para um gerenciamento mais responsável e eficaz dos recursos naturais.

Para que isso ocorra, um projeto de desenvolvimento teórico da Ecologia deve estar aliado às pesquisas empíricas e estudos de caso que normalmente são desenvolvidos nos Programas de Pós-graduação, não obstante a boa qualidade desses estudos. A integração do

conhecimento requer que a estrutura conceitual de uma disciplina esteja explicitada na forma de uma teoria. Conseqüentemente, a teoria é o meio pelo qual se organiza nossa compreensão sobre o mundo. Historicamente, teorias são construídas entrelaçadas a outras teorias e campos de pesquisas. Portanto, o estudo histórico de um determinado campo científico é necessário para o aumento de nossa compreensão sobre a natureza e o status das teorias constitutivas daquele campo de conhecimento (cf. PICKETT et al., 1994).

Se quisermos promover o avanço teórico da ecologia brasileira e contribuir para a formulação de uma Ecologia científica autônoma, devemos manter em mente que a constituição de um campo científico está intimamente ligada a atividades de elaboração de teorias.

Muitos desses conceitos mais gerais se situam na fronteira entre as ciências e a metafísica e cumprem papel integrativo dentro das teorias científicas das quais fazem parte, dando um contorno claro ao objeto de estudo, organizando modelos, teorias, metáforas e entidades de maneira unificada e coerente (EMMECHE; EL-HANI, 2000). Tal organização unificada e coerente, apesar de insuficiente, é necessária para tornar a ecologia uma ciência autônoma, distinguindo seu objeto de estudo do objeto de estudos de outras ciências, tais quais a Engenharia Ambiental ou a Geografia.

Finalmente, é necessário ter em mente que a introdução de Filosofia e Histórica da Ciência nos currículos formadores de pesquisadores deve, na medida do possível, fazer parte de um projeto mais amplo de compreensão da natureza do conhecimento humano, seus modos de validação, seus pressupostos e suas implicações filosóficas. Nesses termos, esse projeto deve estar aliado à construção de significados para a conexão entre ciência e os aspectos culturais não científicos, éticos e políticos da sociedade. Assim, percebe-se a relevância das diretrizes da Capes quando esperam que os cursos garantam acesso aos seus alunos a estes conteúdos.

### **Ecologia e Conservação da diversidade biológica**

Atestando a natureza da Ecologia como ciência autônoma, a mesma já pode ser observada como geradora de novas subáreas, em particular aquelas que buscam em seus preceitos aplicações práticas para problemas gerados por um planeta crescentemente dominado pelo homem. Restam poucas grandes áreas naturais relativamente inalteradas pela espécie humana, e mesmo estas não estão livres da influência de fenômenos globais, como alteração do clima e da composição da atmosfera. A Amazônia está sendo revelada nos diversos modelos de mudança climática como a área de floresta

tropical do mundo onde as mais severas modificações irão ocorrer. Medidas adaptativas são, portanto urgentemente necessárias para antecipar as mudanças previstas. Nesse sentido, a Ecologia e as suas subdisciplinas oferecem as melhores opções para uma ciência que sirva às necessidades de se gerenciar um planeta essencialmente modificado pelo homem buscando-se minimizar a erosão progressiva da diversidade biológica do único lugar no universo onde comprovadamente existe vida. Ressalte-se aqui o papel de um dos principais “filhotes” da Ecologia, a chamada Biologia da Conservação.

Diferentemente da Ecologia, a Biologia da Conservação, que inclui o conceito de manejo de ambientes naturais, da flora e da fauna, foi definida desde o início como uma disciplina com uma agenda bastante urgente. De nascença, apresentou-se também como uma disciplina híbrida utilizando-se de partes não só da Ecologia, mas também da Genética, Demografia, Fisiologia e de outras áreas das ciências biológicas e meio ambiente em geral. Em sua adolescência, a Biologia da Conservação começou a agregar novos preceitos oriundos das ciências econômicas e sociais. Essa hibridização se deu parcialmente porque os problemas de conservação são multifacetados e requerem um tratamento multidisciplinar, mas principalmente porque há necessidade de respostas rápidas a problemas ambientais igualmente prementes.

Conservação e manejo são áreas perpetuamente em crise. A Biologia da Conservação é considerada a “disciplina da U.T.I.” – a demora no tratamento pode matar o paciente, mesmo arriscando-se o mesmo resultado se o tratamento ministrado for incorreto devido à pressa com a intervenção. A resposta tradicional dos pesquisadores da área acadêmica de que “precisamos de mais dados para poder opinar sobre essa questão” já não mais se adequa às necessidades da sociedade, em particular daqueles países que detêm uma fração desproporcionalmente alta da biodiversidade mundial, como é o caso do Brasil. O nosso país disputa com a Indonésia o privilégio de ser o mais megadiverso do mundo, em particular considerando-se a biodiversidade terrestre. Somos hoje, por outro lado, também os campeões em níveis absolutos de conversão de habitats naturais em áreas utilizadas ou degradadas pelo homem.

As decisões sobre o destino dos *habitats* naturais não são colocadas nas mesas dos ecólogos ou biólogos da conservação, e mesmo se fossem as mesmas não iriam esperar até o momento quando houvesse confiança suficiente para emitir uma opinião dentro dos limites considerados adequados no mundo acadêmico tradicional. Mas a ciência tem muito a dizer sobre questões prementes, mesmo face às deficiências nas bases de informação, sem necessidade de violarem-se os preceitos da prática científica. Na realidade, a Biologia da Conservação segue com seu apetite híbrido inabalado. Dentre as novas

ferramentas apropriadas de outras áreas, encontra-se o gerenciamento de risco, ou seja, poder matematicamente estimar-se o risco de certas decisões frente à incerteza quanto aos dados utilizados para propor-se o diagnóstico e as soluções associadas. Posições mais cautelosas frente aos riscos implicam em perdas potenciais de alvos importantes para a conservação, como espécies endêmicas e áreas insubstituíveis. Posições mais flexíveis podem acarretar em exageros quanto aos problemas e quanto ao custo das soluções, mas estão no cerne do já comentado “princípio da precaução” – na dúvida, tome a decisão mais segura a favor da biodiversidade e do meio ambiente, já que os erros na direção oposta podem ser irreparáveis. Em outras palavras, é aceitável errar, utilizando-se de parâmetros técnicos e científicos adequados, quando o objetivo final da intervenção visa proteger um alvo de conservação cuja eliminação resultaria em uma perda irreparável. Esse princípio já faz parte de acordos internacionais.

Apesar de o Brasil possuir hoje 30 Programas de Pós-Graduação na área abrangente de Ecologia, o país precisa urgentemente formar quadros com amplo embasamento teórico e senso prático nessas questões. Não basta apenas a formação de ecólogos com sólida base teórica. Apesar de a maioria destes programas abordar em grau variado a ciência e as técnicas associadas à conservação e ao manejo de biodiversidade e ambientes naturais, a experiência com o recrutamento dos egressos desses programas pelo mercado de trabalho indica que a exposição dos mesmos a esses assuntos não tem sido adequada. Essa deficiência tende a produzir profissionais com dois tipos de viés: aquele do profissional tímido por falta de conhecimento teórico e prático adequado (o tímido por ignorância), e aquele do tímido produzido por superexposição aos problemas que podem resultar das proposições baseadas em dados relativamente parcos (o tímido por aversão ao risco). Nenhum dos dois serve às necessidades que confrontam a biodiversidade brasileira. Desse modo, talvez uma alternativa seja a dos mestrados profissionais, defendida por Scarano e Oliveira (2005)

Mas há lados positivos dessa equação. O Brasil é hoje, sem dúvida, o país megadiverso em vias de desenvolvimento melhor capacitado para gerir seus recursos naturais. Esse quadro é relativamente recente, a partir de uma linha base muito precária, iniciada há apenas 30 anos. Isso pode parecer muito tempo, mas não se formam recursos humanos em menos tempo que o de uma geração. Com um pouco mais de foco e direcionamento, impulsionado tanto por parte dos programas de capacitação quanto pelas agências de fomento, poderá se avançar muito no preenchimento das lacunas aqui identificadas.

Recebido em 27/2/2007

Aprovado em 21/6/2007

## Referências

- BARBOSA, F. A. R.; SCARANO, F. R.; SABARÁ, M. G.; ESTEVES, F. A. Brazilian LTER: Ecosystem and biodiversity information in support of decision-making. *Environmental monitoring and assessment*, Dordrecht – The Netherlands, v. 90, p. 121-133, 2004.
- BROWN, J. H.; GILLOOLY, J. F.; WEST, G. B.; SAVAGE, V. M. The next step in macroecology: from general empirical patterns to universal ecological laws. In: BLACKBURN, T. M.; GASTON, K. J. (Eds.). *Macroecology: concepts and consequences*. Blackwell, 2003. p. 408-424.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. 2. ed. Springer, New York. 2002.
- CHALMERS, A. F. *O que é ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.
- DE MATTOS, E. A.; SCARANO, F. R. Carbon sequestration: what really matters? A reply to Buckeridge & Aidar. *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 2, n. 2, 2002.
- EMMECHE, C. e EL-HANI, C. N. Definindo Vida. In: EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. (Orgs.). *O que é vida? Para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000. p. 31-56.
- FEYERABEND, P. *Contra o método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.
- FORD, E. D. *Scientific method for ecological research*. London: Cambridge University Press, 2000.
- GOTELLI, N. J.; GRAVES, G. R. *Null models in ecology*. Smithsonian Institution Press, 1996.
- HANSON, N. R. *Patterns of discovery*. Cambridge: Cambridge University Press, 1965.
- KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1978.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical ecology*. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- MANLY, B. F. *Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in ecology*. Chapman and Hall, New York. 1997.
- OLIVEIRA, V. Natureza da ciência e formação inicial dos professores de física e química. *Revista de Educação, Lisboa*, v. 3, n. 1, p. 67-76, 1993.



PICKETT, S. T. A.; KOLASA, J.; JONES, C. G.; *Ecological understanding: the nature of theory and the theory of nature*. San Diego: Academic Press, 1994.

SCARANO, F. R.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Sobre a importância da criação de mestrados profissionais na área de ecologia e meio ambiente. *Revista Brasileira de Pós-graduação*, Brasília, , p. 90-96, 2005.

SILVA, F. A. R.; COUTINHO, F. A.; MARTINS, R. P. Concepções de biólogos sobre a natureza da ciência. VIII ENCONTRO PERSPECTIVA DO ENSINO DE BIOLOGIA, São Paulo. Coletânea do VIII EPEB, 2002.

SUPPE, F. *The structure of scientific theories*. Urbana: University of Illinois Press, 1977.

TAPER, M. L.; LELE, S. *The nature of scientific evidence: statistical, philosophical and empirical considerations*. Chicago: University of Chicago Press, 2004.