

Epistemologia e história da Ciência em Ecologia: o passo inicial na formação do ecólogo

Epistemology and the history of Science in Ecology: the initial step in the education of ecologists

Epistemología e historia de la Ciencia en Ecología: el paso inicial en la formación del ecólogo

Clarissa Machado Pinto Leite, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. Endereço: Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia. Rua Barão de Geremoabo, s/n Ondina. CEP: 40.170-115 – Salvador, BA. Telefone: (71) 3283-6559. Fax: (71) 3283-6511. E-mail: clarismachado@gmail.com.

Juliana Costa Piovesan, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. Telefone: (71) 3283-6568. E-mail: julipio@yahoo.com.br.

Carla Alecrim Colaço Ramos, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. Telefone: (71) 3203-8618. E-mail: ramos.carla@gmail.com

Tiago Jordão Porto, Programa de Pós-Graduação em Diversidade Animal. Telefone: (71) 3283-6559. E-mail: tjporto@ufba.br

Wellington Bittencourt dos Santos, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. Telefone: (71) 3237-0259. E-mail: biowell@hotmail.com.

Maria Silva Cunha, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. Telefone: (71) 3283-6562. E-mail: liacnh@gmail.com.

Juliana Hipólito de Sousa, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. E-mail: jhdsousa@yahoo.com.

Angélica Yohana Cardozo, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. E-mail: yohanacardozo@yahoo.es.

Jocilene Brandão Herrera, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. E-mail: joice_bios@yahoo.com.br.

Nei Freitas Nunes-Neto, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. E-mail: nunesneto@gmail.com.

Resumo

Uma educação consistente sobre teoria, história e filosofia da Ciência para estudantes de pós-graduação em Ecologia pode elevar a qualidade das pesquisas nesse campo. Entender a prática científica como um processo integrado, desde a criação das hipóteses até as análises estatísticas, é importante, mas não suficiente. É relevante compreender que a atividade científica é precedida e guiada por nossa concepção sobre o conhecimento científico. Neste trabalho, discutimos o envolvimento da epistemologia e história da Ciência na Ecologia e sua importância na formação dos ecólogos, ressaltando implicações da escolha de diferentes abordagens estatísticas. Argumentamos a favor da integração de tais áreas à educação formal de ecólogos e apresentamos formas de incluí-las no currículo dos programas de pós-graduação em Ecologia.

Palavras-chave: História da Ciência. Filosofia da Ciência. Ensino de Pós-Graduação. Ecologia.

Abstract

A consistent education about the theory, history, and philosophy of science to graduate students of ecology could increase the quality of research in this field. Understanding scientific practice as an integrated process from hypothesis selection through statistical analysis is necessary but insufficient. In this paper we aim to discuss the importance of the epistemology and the history of science in training ecologists and to encourage a search for a deeper understanding of discussions in this area. To this end we bring arguments favoring the integration of epistemology and history of science in formal ecology education. We also discuss the implications of choosing different statistical approaches and of selecting an appropriate conceptual framework for ecology education. Finally, we present alternative approaches for including these issues in graduate education in ecology.

Keywords: History of Science. Philosophy of Science. Graduate Education. Ecology.

Resumen

Una educación consistente sobre teoría, historia y filosofía de la Ciencia para estudiantes de posgrado en Ecología puede elevar la calidad de las investigaciones en ese campo. Entender la práctica científica como un proceso integrado, desde la creación de las hipótesis hasta los análisis estadísticos, es importante, pero no suficiente. Es relevante comprender que la actividad científica es precedida y guiada por nuestra concepción sobre el conocimiento científico. En este trabajo, discutimos la involucración de la epistemología e historia de la Ciencia en la Ecología y su importancia en la formación de los ecólogos, resaltando implicaciones de la elección de diferentes abordajes estadísticos. Argumentamos en favor de la integración de tales áreas a la educación formal de ecólogos y presentamos formas de incluir las mismas en el currículo de los planes de posgrado en Ecología.

Palabras clave: Historia de la Ciencia. Filosofía de la Ciencia. Enseñanza de Posgrado. Ecología.

Introdução

Alguns autores têm enfatizado que, além de questões metodológicas, uma educação consistente sobre teorias, história e filosofia da Ciência para estudantes de pós-graduação em Ecologia poderia elevar a qualidade das pesquisas nesse campo (MARTINS *et al.*, 2007; SCARANO, 2008). Concordamos que o conhecimento científico é construído por meio de um processo integrado, desde a elaboração da hipótese até a análise dos dados, conforme defendido por Boyles *et al.* (2008), em resposta a Butcher *et al.* (2007). Entendemos, porém, que tal processo é antecedido e guiado pelas próprias concepções do que constitui o conhecimento científico e dos seus mecanismos históricos e sociais por meio dos quais se constrói e propaga. A partir disso, podemos dizer que, para produzir conhecimento científico de boa qualidade, é importante ter uma compreensão relativamente sofisticada¹ das bases históricas e epistemológicas do conhecimento que estamos produzindo (PICKETT; KOLASA; JONES, 2007). Tal compreensão da natureza da Ciência (LEDERMAN, 2006) pode embasar um entendimento mais preciso das lógicas utilizadas em diferentes abordagens estatísticas,

que se apoiam em noções distintas sobre os usos de probabilidade, conforme veremos em mais detalhes abaixo. Ter uma compreensão mais rica sobre a natureza da Ciência é importante para que possamos evitar, por exemplo, problemas como a emulação de métodos mais utilizados, aceitação de argumentos de autoridade e modismos, que são amplamente encontrados na literatura ecológica (PETERS, 1991). É importante ainda lembrar que uma formação contextualizada histórica e epistemologicamente poderá aperfeiçoar a interpretação dos resultados de pesquisas e gerar conclusões mais consistentes sobre problemas ecológicos. Além disso, tal formação pode contribuir para superar o que, a nosso ver, é uma deficiência do ensino atualmente: não enfatizar as bases históricas e epistemológicas da Ciência durante a formação dos futuros educadores.

Quanto à história da Ciência podemos dizer que ela tem, pelo menos, uma implicação direta na prática científica. Conhecer a história do seu campo de investigações permite ao cientista estar mais apto a produzir conhecimento original, em vez de propor algo que pode ser mera repetição de uma proposta antiga. Trata-se de evitar a reinvenção de questões de pesquisa ou mesmo soluções para velhas questões que já foram propostas. Esse conhecimento do que já foi realizado (conhecimento histórico por natureza) é necessário para um trabalho científico de qualidade, na medida em que permite ao cientista dirigir seus esforços para as lacunas de conhecimento em sua área ou para questões de pesquisa mal elaboradas.

Quanto ao conhecimento dos pressupostos da metodologia empregada em trabalhos científicos, grande parte dos pesquisadores utiliza os testes clássicos de hipótese nula (STEPHENS; BUSKIRK; DEL RIO, 2007; BUTCHER *et al.*, 2007) sem entender a lógica incorporada ao método (STEPHENS; BUSKIRK; DEL RIO, 2007; GOODMAN, 1999) e tampouco a concepção filosófica que os norteia. De modo similar, abordagens alternativas com concepção distinta, como verossimilhança máxima e bayesiana, são utilizadas sem uma compreensão apropriada de seus fundamentos (DENNIS, 2004; MAYO, 2004). Ao que parece, tais exemplos decorrem do desconhecimento ou da confusão gerada por um longo e controverso debate no âmbito da filosofia da estatística (BUTCHER *et al.*, 2007). Contudo, informar-se sobre as concepções defendidas nesse debate e compreender os aspectos positivos e as

limitações de cada abordagem são pré-requisitos essenciais para o pesquisador em formação.

Desse modo, procuramos discutir a importância de aspectos metateóricos – de natureza epistemológica e historiográfica – na formação dos ecólogos e incitar a busca por um maior aprofundamento das discussões nessa área. Para tal, apresentaremos argumentos a favor da inserção de epistemologia e história da Ciência na formação de ecólogos. Discutiremos também as implicações da escolha de diferentes ferramentas estatísticas, assim como questões relacionadas à estrutura curricular dos programas de pós-graduação em Ecologia. Alternativas pedagógicas que auxiliariam a solucionar os problemas abordados também serão apresentadas.

O papel da epistemologia e da história da Ciência na formação de ecólogos

A epistemologia e história da Ciência se dedicam, entre outras coisas, a obter mais clareza sobre de que modo tradições de pesquisa se renovam e se diversificam ao longo do percurso histórico, sobre a natureza do conhecimento produzido pela Ciência e sua consistência interna. Vale ressaltar que tais reflexões – de natureza metacientífica – nem sempre estão presentes na prática cotidiana do cientista, na qual é comum encontrarmos um tratamento do conhecimento científico como se esse fosse uma construção inquestionável. A partir da década de 1960, com a queda da influência intelectual dos positivistas lógicos, consolidou-se a compreensão desse conhecimento como um produto cultural em perpétua transformação (ver DUTRA, 2009; CHALMERS, 1999). Tais transformações podem ser entendidas tanto como um produto de interações internas à própria dinâmica da comunidade científica como também de interações entre a comunidade científica e outros grupos culturais humanos¹. Entretanto, de acordo com Chauí (2000), é importante ressaltar que essas mudanças não podem ser interpretadas como um processo de acúmulo paulatino e linear ao longo do tempo. Essa filósofa defende que há rupturas não lineares de uma concepção para outra (em termos kuhnianos, isso seria uma mudança paradigmática).

¹ Como, por exemplo, as relações entre o conhecimento científico e o conhecimento tradicional de comunidades indígenas (TORRI e LAPLANTE, 2009). Para uma discussão relacionada, sobre as interações que se dão, na escola, entre o conhecimento científico e o conhecimento indígena, sugerimos, por exemplo, a consulta de Baptista e El-Hani, 2009.

Quando novos fatos ou evidências são incompatíveis com uma determinada teoria, um novo corpo teórico é adotado, desde que seja capaz de explicar as novas evidências e realizar previsões bem-sucedidas de maneira mais completa do que o anterior. Essa posição, que assume a existência de revoluções, mudanças radicais no nosso conhecimento sobre o mundo e nos seus pressupostos metafísicos e epistemológicos, foi desenvolvida de modo bastante perspicaz por Thomas Kuhn (1962), em sua obra *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Vale apontar que Kuhn realiza um movimento de ruptura com a concepção positivista, na qual a Ciência é vista como uma atividade de acumulação progressiva e linear de conhecimento (para mais detalhes, ver DUTRA, 2009, e também CHALMERS, 1999). Kuhn mostrou que nem sempre o conhecimento científico cresce de modo linear, cumulativo; em vez disso, há momentos de ruptura, que foram chamados de revoluções científicas. Usando um exemplo da história da física, Kuhn mostrou que os físicos abandonaram a teoria mecânica de Newton e passaram a adotar a teoria da relatividade de Einstein, mas essa substituição não foi resultado da mera acumulação linear do conhecimento. A teoria da relatividade representou uma revolução científica, na medida em que seus pressupostos metafísicos e epistemológicos rompem radicalmente com os pressupostos da mecânica newtoniana.

Quanto à noção de método nas ciências, vale considerar a posição de Francis Bacon, filósofo empirista do século XVII. Bacon foi um pensador de grande importância, por conta de suas reflexões sobre o método científico. Ele foi, supostamente, o filósofo que formalizou o método usado por Newton em sua mecânica. Bacon propôs que a ciência é feita a partir da coleta de dados, com observação organizada, e do surgimento de teorias a partir de tais observações por meio de uma indução por exclusão completa (CHALMERS, 1999). O método proposto por Bacon defendia o uso do indutivismo, apoiando-se fortemente em uma epistemologia empirista (DUTRA, 2009). Em 1934, Karl Popper e Gaston Bachelard publicaram, separadamente, obras que apresentavam as principais falhas do indutivismo, o que se dava no contexto de suas críticas ao positivismo lógico. Em seu manuscrito *The Bucket and the Searchlight: Two Theories of Knowledge*, Popper (2000 [1977]) defende a ideia de que o pesquisador tem um papel ativo na observação e que sempre irá assumir alguma expectativa, mesmo que pense o contrário. Esse filósofo ofereceu argumentos fortes a favor da ideia de que as hipóteses precedem as observações e de que a investigação científica

sempre se inicia a partir do conhecimento teórico acerca do assunto que se pretende abordar, de onde se deduziriam hipóteses e previsões específicas.

O método hipotético-dedutivo, como foi chamado, também foi alvo de duras críticas que envolviam o esquema, ainda fortemente logicista, proposto por Popper (visto que Popper o herdou dos empiristas lógicos). Para filósofos posteriores a Popper, não apenas aspectos lógicos eram considerados importantes na concepção do conhecimento científico, mas também aspectos históricos, sociológicos e psicológicos. Filósofos como Thomas Kuhn, Paul Feyerabend e Imre Lakatos (um discípulo de Popper) foram responsáveis pela virada na filosofia da Ciência de uma concepção estritamente logicista para uma concepção historicista. A partir dessa nova perspectiva, que se consolidou entre as décadas de 1960 e 1970 como a chamada “nova filosofia da Ciência”, o conhecimento científico deve ser compreendido como um produto social e histórico e não mais apenas como um objeto de análise lógica, como pretendiam os positivistas. Apesar dessa notável mudança de concepção, que representa uma ruptura com o pensamento do próprio Popper, décadas mais tarde a filósofa Deborah Mayo se dedicou ao aperfeiçoamento das ideias propostas pelo falsificacionismo popperiano. Mayo (1996), em sua proposta de aprendizado a partir do erro, argumenta que o “teste severo de hipóteses” deve ser o procedimento adotado pelo cientista, de modo que seja dada devida atenção aos controles experimentais, aos pressupostos dos dados e que se utilizem os testes estatísticos convencionais.

Como podemos observar, uma reflexão crítica e apurada sobre a dinâmica de tais alterações nas concepções filosóficas apoia uma percepção plural e historicista da própria Ciência. Uma vez evidenciado tal caráter de mudança inerente à construção do conhecimento científico, faz-se necessária a busca por um posicionamento claro do cientista em relação à sua concepção epistemológica, o que, a nosso ver, deve conduzir a implicações diretas para o seu fazer científico.

No entanto, frequentemente, o uso dos métodos tem se dado de forma alienada por parte dos cientistas, que, por vezes, agem como emuladores dos métodos em voga. Ou seja, trabalham com os métodos disponíveis sem a devida preocupação em relação à coerência com o

seu alinhamento epistemológico, sendo, em grande parte, conduzidos passivamente por tradição ou emulação de autoridade (PETERS, 1991).

Sabemos que a disputa entre as concepções hipotético-dedutivista (falsificacionismo) e indutivista (bayesianismo) se mantém na atualidade entre abordagens estatísticas utilizadas na Ecologia e em outras ciências. É importante ressaltar que há uma dominância contemporânea do falsificacionismo na literatura ecológica, abordagem que embasa epistemologicamente 90% ou mais dos estudos (STEPHENS; BUSKIRK; DEL RIO, 2007). O bayesianismo e o falsificacionismo se embasam em tradições filosóficas distintas e são defendidos por diferentes autores (HILBORN e MANGEL, 1997; MAYO, 2004). Portanto, seria enriquecedor se, além de incluir o planejamento prévio do tipo de teste estatístico como parte do delineamento amostral (BOYLES *et al.*, 2008), os alunos compreendessem as bases históricas e epistemológicas das concepções que norteiam suas decisões metodológicas, para então utilizar conscientemente as abordagens estatísticas disponíveis. Essa compreensão viabilizaria também o aumento na qualidade do ensino de Ecologia, como será abordado nos tópicos a seguir.

Fundamentos filosóficos das abordagens estatísticas utilizadas nas análises de dados

Como mencionado por Boyles *et al.* (2008) e admitido também por nós, interpretações errôneas sobre o uso e valor da estatística em pesquisas são comuns entre os estudantes de Ecologia. Entretanto, embora uma formação insuficiente em estatística e a compreensão inadequada de aspectos do delineamento possam dificultar o seu uso (BOYLES *et al.*, 2008), sugerimos que nessa formação seja incluído o debate sobre os aspectos filosóficos que fundamentam as próprias abordagens estatísticas. Nesse debate, constam as discussões a respeito da validade do conhecimento produzido, da estrutura e lógica incorporada nos métodos, além dos limites associados aos métodos utilizados (e. g., testes estatísticos de significância, estatística bayesiana e de verossimilhança máxima).

O passo inicial para uma boa compreensão desse debate é o entendimento de que existem duas tradições filosóficas distintas quanto

ao uso da probabilidade na inferência (MAYO e COX, 2006). Enquanto para os bayesianos o valor de probabilidade significa o grau de confiança em uma proposição, para os frequentistas, cuja concepção epistemológica é baseada no falsificacionismo, o valor de probabilidade significa a frequência de ocorrência de uma classe de eventos particular em uma série de repetições (GOTELLI e ELLISON, 2004; MAYO e COX, 2006). Essa diferenciação, embora simples e claramente explicada nos capítulos introdutórios de alguns livros de Ecologia (e. g. GOTELLI e ELLISON, 2004), parece não ser tão clara no raciocínio dos estudantes.

Um dos métodos que segue a abordagem frequentista dos valores de probabilidade é conhecido por teste de significância estatística ou teste estatístico de hipótese nula (TEHN) (MAYO, 2004). Associando o conhecimento filosófico do falsificacionismo de Popper ao método ortodoxo frequentista da estatística de Neyman-Pearson, os TEHN usam o método hipotético-dedutivo para estimar a chance de obter resultados iguais ou mais extremos do que o observado, caso a hipótese nula fosse verdadeira (GOTELLI e ELLISON, 2004). O uso desses testes tem predominado em revistas de alto impacto em Ecologia (STEPHENS; BUSKIRK; DEL RIO, 2007) e, segundo alguns autores, tem dificultado a inserção de outras abordagens (HOBBS e HILBORN, 2006; BUTCHER *et al.*, 2007; STEPHENS; BUSKIRK; DEL RIO, 2007). Além disso, foi defendida a diminuição da dependência em relação a esses testes e o uso mais frequente de outros métodos, como a estatística bayesiana ou técnicas de informação teórica, na comparação de modelos (GOODMAN, 1999; HOBBS e HILBORN, 2006; STEPHENS; BUSKIRK; DEL RIO, 2007).

Críticas aos TEHN apontam para a interpretação errônea do valor de probabilidade gerado (GOODMAN, 1999; STEPHENS; BUSKIRK; DEL RIO, 2007), a arbitrariedade na escolha do valor de significância para os testes (HILBORN e MANGEL, 1997; GOODMAN, 1999; OKLAND, 2007) e a limitação da abordagem binária de rejeição ou aceitação de apenas uma única alternativa (STEPHENS; BUSKIRK; DEL RIO, 2007; ver PICKETT; KOLASA; JONES, 2007, para uma discussão das possibilidades e limitações da abordagem de verossimilhança). Além disso, Okland (2007) afirma que as amostras estatisticamente desejáveis são ecologicamente irrelevantes por conta das propriedades das variáveis ecológicas, dos desenhos amostrais e dos dados que não cumprem os pressupostos exigidos pelos testes estatísticos. Esse problema advém não apenas

de um uso insuficientemente crítico da ferramenta, mas também da própria natureza complexa dos fenômenos ecológicos. Para Hobbs e Hilborn (2006), existe uma inversão de valores, de modo que a escolha das perguntas tem sido limitada aos pressupostos impostos pelos testes estatísticos convencionais, em vez de os testes serem escolhidos para satisfazer as necessidades das questões ecológicas. Algumas dessas críticas foram discutidas, enquanto outras podem ser interpretadas como limitações de quem faz uso da técnica e não do teste de hipótese nula em si. Apesar disso, as limitações desse método têm sido usualmente citadas em artigos científicos, o que oferece uma boa oportunidade para despertar o interesse no tema, entre estudantes e pesquisadores.

Seguindo outra tradição filosófica do uso da probabilidade na inferência, adeptos da abordagem indutivista bayesiana calculam o aumento na confiabilidade de hipóteses a partir dos dados, utilizando o teorema de Bayes, uma fórmula de probabilidade condicional proposta por Thomas Bayes no século XVIII (QUINN e KEOUGH, 2002; GOTELLI e ELLISON, 2004). A abordagem bayesiana utiliza o conhecimento a priori – que pode ser derivado do cálculo de uma equação descrita para o fenômeno ou do cálculo das estimativas dos parâmetros empíricos advindos de outros estudos – para gerar e testar hipóteses (GOTELLI e ELLISON, 2004).

Para Mayo (2004), embora o bayesianismo seja bastante popular entre os filósofos, esse método concebe graus subjetivos de crença, maneira inadequada para a construção de uma metodologia objetiva para a Ciênciaⁱⁱ. Assim como Mayo (2004), Dennis (2004) apoia o uso da abordagem frequentista nas análises estatísticas com base no argumento de que a Ciência trabalha por meio da replicabilidade e do ceticismo, características que estariam ausentes no bayesianismo. Esse autor vai ainda mais longe, ao afirmar que seria perigoso utilizar a abordagem bayesiana em análises ecológicas e políticas ambientais. De acordo com Lele (2004) e Goodman (2004) esse subjetivismo pode ser arriscado para a Ciência. Entretanto, eles destacam que existem formas para aproveitar essa informação de modo que possa ser utilizada na inferência científica e estatística.

Sabemos que as posições divergentes desse debate são exaustivamente discutidas no âmbito da filosofia e da prática científica. Contudo, a atividade do cientista deve envolver cada vez mais a prática

reflexiva, hábito valioso que deve ser estimulado entre pesquisadores em formação e estudantes. Cabe notar, nesse contexto, que reflexões de natureza metodológica têm sido cada vez mais relegadas a segundo plano, em alguns veículos científicos, o que tem suprimido ou reduzido substancialmente a seção de materiais e métodos dos artigos (e. g. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America – PNAS). Essa tendência contemporânea vai exatamente em sentido oposto àquele que defendemos aqui.

Implicações para a formação de pesquisadores em Ecologia

O alcance da verdade na Ciência consiste em uma impossibilidade lógica e empírica. A concepção de Popper mostra que a Ciência, embora nos forneça um conhecimento mais seguro do que aquele do senso comum, jamais poderá alcançar um conhecimento definitivo, o que pode ser justificado pela natureza provisória das teorias científicas. Desse modo, uma das principais falhas na formação de pesquisadores em Ecologia é a transmissão do conhecimento científico como uma cópia perfeita da realidade, sendo apresentado de maneira pronta e acabada como uma “retórica de conclusões”, expressão de Joseph Schwab (MATTHEWS, 1994). É importante superar a deficiência do ensino de Ciências, descontextualizado histórica e filosoficamente, que está na base da formação dos pesquisadores, os quais poderão atuar como docentes de alunos de graduação. Tais deficiências alcançam, em última instância, as etapas iniciais da educação formal. De fato, como bem colocado por Duarte (2004), os professores das primeiras etapas da educação formal omitem a história da Ciência e atribuem essa defasagem a sua má formação.

É importante notar que uma educação científica descontextualizada histórica e filosoficamente não é exclusiva da formação de pós-graduandos, mas está presente nos vários níveis da educação científica. Defendemos, com base na literatura sobre o ensino de Ciências (MATTHEWS, 1994; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001), que uma educação científica contextualizada histórica e epistemologicamente traz diversos benefícios, entre os quais: (i) promoção do raciocínio crítico; (ii) melhora na compreensão do conhecimento científico; (iii) humanização da Ciência ao conectá-la às questões éticas, políticas e necessidades pessoais dos

estudantes. Particularmente, no caso da educação de pós-graduandos em Ecologia, os benefícios supracitados trarão contribuições decisivas para a própria pesquisa na área. Por exemplo, um pesquisador em formação, durante a construção de seu projeto de pesquisa, de posse do conhecimento da história do campo no qual seu trabalho se insere, tem mais elementos para encontrar lacunas de conhecimento na área específica de seu interesse. Além disso, um pesquisador que tenha uma compreensão informada pela história e filosofia da Ciência acerca do funcionamento social da comunidade científica e de sua interface com outros grupos sociais tende a ter uma percepção menos ingênua sobre as implicações éticas e políticas de seu trabalho. Em suma, ele tende a tornar-se mais crítico com relação ao seu próprio trabalho e aos pressupostos assumidos nos testes de hipóteses, na construção de modelos e na aplicação (quando pertinente) do conhecimento produzido na sociedade.

O ensino da maioria dos cursos de pós-graduação em Ecologia tem fragmentado as etapas da construção do conhecimento científico, o que leva os alunos a não entenderem a prática científica como um processo integrado (BOYLES *et al.*, 2008). Uma possível consequência indesejável dessa prática de ensino é uma aprendizagem deficiente (BOYLES *et al.*, 2008). Ao iniciarem suas pesquisas, esses alunos apresentarão dificuldade para conceber a lógica existente por trás de teorias e modelos, formular hipóteses, analisar dados e interpretar e comunicar os resultados dos seus trabalhos (MAGNUSSON e MOURÃO, 2004). Boyles *et al.* (2008) atribuem essa defasagem à deficiência no ensino de Ecologia, que tem sido realizado, em muitas instituições, sem conexão com ferramentas importantes de conhecimento, como delineamento experimental e estatística. Acreditamos, porém, que uma atenção primordial deve ser dada à inserção de uma abordagem filosófica e histórica mais consistente, além de maior integração entre as disciplinas nos cursos de Ecologia (MILLENBAH e WOLTER, 2009).

A partir do exposto, é importante que os alunos sejam apresentados inicialmente a uma disciplina específica sobre epistemologia e história das Ciências. Entretanto, essa ênfase pontual no processo pedagógico não é suficiente para garantir apropriação desse conhecimento. Assim, pensamos que alguma atenção também deve ser dirigida para uma abordagem transversal, ou seja, uma abordagem

pedagógica em que as demais disciplinas abarquem conteúdos programáticos contextualizados por reflexões histórico-filosóficas sobre a construção do conhecimento específico de cada uma delas. Embora possa haver desinteresse e mesmo deficiência de formação de alguns professores no que concerne à história e filosofia da Ciência, pensamos que isso é muito mais um desafio a ser enfrentado do que um obstáculo intransponível. Nesse sentido, obter alguma compreensão acerca da natureza da Ciência depende não apenas do ensino e da estrutura pedagógica das disciplinas, mas também do papel ativo de professores e estudantes no seu aprendizado. Um exemplo de leitura que pode ser usada com proveito é o livro *Ecological Understanding: The nature of theory and the theory of nature* (2007), de Pickett, Kolasa e Jones, que fornece um bom eixo norteador de discussões sobre a natureza do conhecimento científico em Ecologia.

Em uma análise dos relatórios da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), constatamos que existem atualmente 40 cursos regulamentados na área de Ecologia. Desses, 24 oferecem pelo menos uma disciplina relacionada à filosofia da Ciência ou apresentam conteúdo relacionado a disciplinas de delineamento experimental ou redação científica. Atualmente, a carga horária destinada ao ensino de história e filosofia da Ciência varia entre 15 e 90 horas, mostrando a discrepância na ênfase dada a esse assunto. Vale ressaltar que uma das exigências da Capes na última avaliação (2008) foi a inclusão do ensino de história e filosofia da Ciência nos currículos dos cursos de pós-graduação em Ecologia. Tal movimento tem levado professores e alunos a questionamentos e pode ser um bom passo para o início de uma nova cultura científica, mais crítica e reflexiva.

Uma experiência positiva pode ser encontrada no Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento (PPGEcoBio) da Universidade Federal da Bahia. Nesse curso, a cada triênio a estrutura curricular é avaliada internamente por professores e alunos e sugestões são incorporadas para o próximo triênio. Três anos após terem sido incluídas disciplinas obrigatórias, que estimularam uma maior discussão sobre os projetos de pesquisa dos alunos pelos docentes e pelos próprios pós-graduandos, foi observada uma melhoria na qualidade das dissertações produzidas. O curso é iniciado com a disciplina *Introdução à Estatística Aplicada a Projetos em Ecologia*

(atualmente denominada *Delineamento Amostral*), que traz discussões constantes sobre concepções distintas de produção de conhecimento e qualidade das informações empíricas e da responsabilidade social no uso de recursos para pesquisa. Além disso, a disciplina procura desenvolver capacidades de planejamento, coleta e análise de dados. Em sequência, é oferecida a disciplina *Métodos de Campo*, que passou a funcionar como uma decorrência da primeira disciplina, quando os alunos colocam em prática o conhecimento adquirido. Posteriormente, os alunos são apresentados à disciplina *Bioestatística*, que passou a ter um caráter mais instrumental das análises estatísticas. Logo em seguida, finalizando o primeiro semestre, os estudantes passam pela disciplina de *Seminários*, em que recebem críticas a seus projetos a tempo de incorporá-las em seu planejamento. As disciplinas teóricas são oferecidas no segundo semestre letivo. Atividades de *Estágio Docente Orientado* tornaram-se cursos extracurriculares oferecidos ao público acadêmico e profissional (ROCHA *et al.*, 2007). Adicionalmente, a disciplina *História e Epistemologia da Ciência aplicada à Ecologia*, obrigatória no curso de doutorado e optativa para o curso de mestrado, consolida a ênfase do Programa nesse tema.

Entre as principais falhas na formação de ecólogos estão o uso indiscriminado e pouco crítico de abordagens estatísticas, bem como uma compreensão ingênua sobre a construção do conhecimento científico como um processo integrado, pontos discutidos por Butcher *et al.* (2007) e Boyles *et al.* (2008), estudantes de pós-graduação em Ecologia. Entretanto, há fortes argumentos a favor da inserção do conhecimento sobre epistemologia e história da Ciência para a formação de ecólogos (MARTINS *et al.*, 2007; SCARANO, 2008) e a experiência de que tal inclusão traz resultados positivos (ROCHA *et al.*, 2007). Portanto, além de entender a construção do conhecimento científico como um processo integrado, desde a elaboração da hipótese até a análise dos dados, acrescentamos que a formação de ecólogos deve incluir reflexões sobre epistemologia e história da Ciência como passo inicial para uma compreensão, mesmo que modesta, sobre a natureza da ciência que praticam.

Agradecimentos

Agradecemos à FAPESB, ao CNPq e à Capes pela concessão de bolsas, que contribuíram para a realização deste trabalho. Agradecemos

também ao professor Pedro Luis Bernardo da Rocha pela valiosa orientação no desenvolvimento deste estudo concebido durante sua disciplina; e ao professor Charbel Niño El-Hani e ao mestre Agustin Camacho Guerreiro por suas contribuições para o manuscrito. Por fim, agradecemos aos revisores anônimos que contribuíram para a melhoria da qualidade deste trabalho.

Recebido em 06.04.2010

Aprovado em 22.07.2010

Notas

ⁱ O uso da noção de uma “compreensão relativamente sofisticada” acerca da natureza da Ciência merece algumas considerações. Na própria filosofia da Ciência há uma heterogeneidade de pensamento sobre o que é o conhecimento científico, como ele deve ser construído, e, portanto, sobre o que é uma compreensão sofisticada ou adequada do conhecimento científico. Por exemplo, filósofos como Thomas Kuhn, Paul Feyerabend, Imre Lakatos, entre outros, discordam sobre muitos pontos, em discussões bem conhecidas na literatura (para um exemplo, ver LAKATOS e MUSGRAVE, 1970). Contudo, apesar dessas discordâncias, todos esses filósofos têm uma base comum: suas críticas ao projeto filosófico do positivismo lógico. Por essa razão, suas abordagens, em conjunto, constituem o pós-positivismo. Uma das críticas é precisamente o fato de que qualquer análise filosófica do conhecimento científico não pode estar dissociada de uma análise da história do desenvolvimento da Ciência. Aqui é bastante pertinente uma máxima de Lakatos (1978, p. 102), que, parafraseando Kant, disse: “A filosofia da ciência sem história da ciência é vazia; a história da ciência sem filosofia da ciência é cega”. Dessa perspectiva, para nós, uma compreensão relativamente sofisticada envolveria uma apreensão do que há de comum entre os filósofos da Ciência pós-positivistas. Isso implica, entre outras coisas, dar um destaque maior à história da Ciência e também a considerar fatores não-cognitivos (como os sociais, políticos) como relevantes para a construção e aceitação de teorias científicas. Uma compreensão relativamente sofisticada deveria também contemplar, em alguma medida, as próprias controvérsias nas quais esses filósofos estão envolvidos. Para mais detalhes sobre o que constitui uma concepção

pós-positivista acerca da natureza da Ciência, sugerimos os estudos de Teixeira *et al.*, 2009 e Dutra, 2009.

ⁱⁱ A objetividade, tal como a concebemos, inspirada em Schrader-Frechette e McCoy (1993), não é uma propriedade de afirmações sobre o mundo, mas de práticas humanas. A objetividade científica emerge a partir da crítica intersubjetiva mútua, sistemática e contínua (entre cientistas em uma comunidade, nos congressos, nos periódicos etc). Essa prática de crítica é o que corrige os vieses subjetivos, individuais, e seleciona o que há de consensual nas afirmações de vários cientistas. Isso é o que chamamos de conhecimento objetivo. Não é obviamente o conhecimento verdadeiro, absolutamente correto sobre o mundo natural, mas é um conhecimento alcançado por meio de crítica sistemática e consenso.

Referências bibliográficas

BAPTISTA, G. C.; EL-HANI, C. N. The Contribution of Ethnobiology to the Construction of a Dialogue Between Ways of Knowing: A Case Study in a Brazilian Public High School. *Science & Education*, v. 18, n. 4, 2009, p. 503-520.

BOYLES, J. G.; AUBREY, D. P.; COOPER, B. S.; COX, J. G.; COYLE, D. R.; FISHER, R. J.; HOFFMAN, J. D.; STORM, J. J. Statistical Confusion Among Graduate Students: Sickness or Symptom? *Journal of Wildlife Management*, v. 72, n. 8, 2008, p. 1869-1871.

BUTCHER, J. A., GROCE, J. E.; LITUMA, C. M.; COCIMANO, M. C.; SÁNCHEZ-JOHNSON, Y.; CAMPOMIZZI, A. J.; POPE, T. L.; REYNA, K. S.; KNIPPS, A. C. S. Persistent Controversy in Statistical Approaches in Wildlife Sciences: A Perspective of Students. *Journal of Wildlife Management*, v. 71, n. 7, 2007, p. 2142 -144.

CHALMERS, A. F. What Is This Thing Called Science? 3a ed. Brisbane: Queensland Press, 1999.

CHAUÍ, M. Convite à Filosofia. São Paulo: Editora Ática, 2000.

DENNIS, B. Statistics and the Scientific Method in Ecology. In: TAPER, M. L.; LELE, S. R. (Eds.). The nature of scientific evidence: statistical,

philosophical, and empirical considerations. Chicago: University of Chicago Press, 2004.

DUARTE, M. D. A História da Ciência na Prática de Professores Portugueses: Implicações para a Formação de Professores de Ciências. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, 2004, p. 317-331.

DUTRA, L. H. Introdução à teoria da ciência. Florianópolis: UFSC, 2009.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, 2001, p. 125-153.

GOODMAN, D. Taking the Prior Seriously: Bayesian Analysis without Subjective Probability. In: TAPER, M. L.; LELE S. R. (Eds.). *The nature of scientific evidence: statistical, philosophical, and empirical considerations*. Chicago: University of Chicago Press, 2004.

GOODMAN, S. N. Toward Evidence-Based Medical Statistics. 1: The P Value Fallacy. *Annals of Internal Medicine*, v. 130, n. 12, 1999, p. 995-1004.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. A primer of ecological statistics. Sunderland: Sinauer Associates, 2004.

HILBORN, R.; MANGEL, M. The ecological detective: confronting models with data. Princeton: Princeton University Press, 1997.

HOBBS, N. T.; HILBORN, R. Alternatives to statistical hypothesis testing in Ecology: A guide to self teaching. *Ecological Applications*, v. 16, n. 1, 2006, p. 5-19.

KUHN, T. S. A Estrutura das Revoluções Científicas. São Paulo: Perspectiva, 1962.

LAKATOS, I. In: *The Methodology of Scientific Research Programmes (Philosophical Papers Volume I)*. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Eds.). *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, 1970.

LEDERMAN, N. G. Nature of Science: Past, Present and Future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). Handbook of Research on Science Education. Estados Unidos: Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006.

LELE, S. R. Elicit Data, Not Prior: On Using Expert Opinion in Ecological Studies. In: TAPER, M. L.; LELE, S. R. (Eds.). The nature of scientific evidence: statistical, philosophical, and empirical considerations. Chicago: University of Chicago Press, 2004.

MAGNUSSON, W. E.; MOURÃO, G. Statistics without math. Sunderland: Sinauer Associates, 2004.

MARTINS, R. P.; LEWINSOHN, T. M.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; COUTINHO, F. A.; FONSECA, G. A. B.; DRUMOND, M. A. Rumos para a formação de ecólogos no Brasil. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, v. 4, n. 7, 2007, p. 25-41.

MATTHEWS, M. Science Teaching – The Role of History and Philosophy of Science. New York: Routledge, 1994.

MAYO, D. G. Learning from Error. In: MAYO, D.G. (Ed.). Error and the Growth of Experimental Knowledge. Chicago: University of Chicago Press, 1996.

MAYO, D. G. An Error-Statistical Philosophy of Evidence. In: TAPER, M. L.; LELE, S. R. (Eds.). The nature of scientific evidence: statistical, philosophical, and empirical considerations. Chicago: University of Chicago Press, 2004.

MAYO, D. G.; COX, D. R. Frequentist statistics as a theory of inductive inference. In: ROJO, J. (Ed.). Optimality: The Second Erich L. Lehmann Symposium. Ohio: Beachwood, 2006.

MILLENBAH, K. F.; WOLTER, B. H. K. The Changing Face of Natural Resources Students, Education, and the Profession. *Journal of Wildlife Management*, v. 73, n. 4, 2009, p. 573-579.

OKLAND, R. H. Wise use of statistical tools in ecological field studies. *Folia Geobotanica*, v. 42, 2007, p. 123-140.

PETERS, R. H. A critique for ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

PICKETT, S. T.; KOLASA, J.; JONES, C. G. Ecological Understanding: The Theory of Nature and the Nature of Theory. 2nd edition. San Diego: Academic Press, 2007.

POPPER, K. The Bucket and the Searchlight: Two Theories of Knowledge. In: KELLER, D. R.; GOLLEY, F. B. (Eds.). The philosophy of Ecology: from science to synthesis. Athens: University of Georgia Press, 2000 [1977].

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

ROCHA, P. L. B.; VIANA, B. F.; EL-HANI, C. N.; SILVA, E. M.; BARROS JR., F. C. R.; RAMALHO, M.; MAFALDA JR., P. O.; SILVA, S. A. H. Pós-graduação em Ecologia no Instituto de Biologia da UFBA: um currículo em evolução. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, v. 4, n. 8, 2007, p. 227-244.

SCARANO, F. R. A expansão e as perspectivas da pós-graduação em Ecologia no Brasil. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, v. 5, n. 9, 2008, p. 89-102.

STEPHENS, P. A.; BUSKIRK, S. W.; DEL RIO, C. M. Inference in ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 22, n. 4, 2007, p. 192-197.

SCHRADER-FRECHETTE, K.; MCCOY, E. Methods in Ecology. Cambridge: University Press, 1993.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE Jr., O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 3, 2009, p. 529-556.

TORRI, M.-C.; LAPLANTE, J. Enhancing innovation between scientific and indigenous knowledge: pioneer NGOs in India. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 5, n. 29, 2009, p. 1-12.