



EPISTEMOLOGIA NA ECOLOGIA: O PASSO ZERO NA FORMAÇÃO DO ECÓLOGO

Clarissa Machado Pinto Leite*

Carla Alecrim Colaço Ramos; Tiago Jordão Porto; Juliana Costa Piovesan; Wellington Andrade Bitencourt, Maria Silva Cunha; Juliana Hipólito de Sousa; Angélica Yohana Cardozo; Henrique Jesus de Souza; Emanuella Petersen; Jocilene Brandão Herrera; Tatiana Cabral de Vasconcelos

Curso de Pós - graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão Geremoabo, Ondina, s/n, 40210 - 020, Salvador, Bahia, Brasil *Email: clarismachado@gmail.com

INTRODUÇÃO

Uma característica não tão incomum entre os estudantes da área de Ecologia é a falha na compreensão a respeito das correntes filosóficas aliadas à construção do conhecimento científico. Embora concordemos que a ciência seja construída em um processo integrado, desde a eleição da hipótese até a análise dos dados, conforme defendido por Boyles *et al.*, (2008) em resposta a Butcher *et al.*, (2007), entendemos que tal processo é antecedido e guiado pela compreensão histórico - filosófica da natureza do que estamos produzindo (Tsai, 2007). Parte desta compreensão norteia a concepção dos pesquisadores sobre a construção do processo científico e a lógica utilizada em diferentes abordagens estatísticas. Ao avançarmos nesse entendimento, poderemos maximizar a apropriação intelectual de nossas pesquisas, evitando, assim, problemas como a emulação de métodos mais utilizados, aceitação de argumentos de autoridade e modismos, os quais são amplamente encontrados na literatura ecológica (Peters, 1991).

Grande parte dos pesquisadores utiliza os testes clássicos de hipótese nula sem compreender a lógica incorporada no método (Stephens *et al.*, 2007) tão pouco a concepção filosófica que os norteia. De modo similar, abordagens alternativas com concepção distinta como verossimilhança máxima e bayesiana, são utilizadas sem compreensão apropriada (Mayo, 2004). Ao que parecem, tais exemplos são decorrências do desconhecimento ou confusão gerada por um longo e controverso debate no âmbito da filosofia da estatística (Butcher *et al.*, 2007). No entanto, informar - se sobre as concepções defendidas neste debate e compreender os aspectos positivos e as limitações de cada abordagem são ações essenciais para um pesquisador em formação que pretende obter clareza durante a construção da pesquisa científica.

Sendo assim, procuramos discutir a importância da epistemologia na formação dos ecólogos e incitar a busca por sua compreensão. Para tal, apresentamos um breve relato do processo histórico aliado à construção do conhecimento

científico e as implicações prático - metodológicas na Ecologia, além de alternativas pedagógicas que auxiliariam solucionar a problemática abordada. É importante lembrar que uma educação científica clara aperfeiçoaria a interpretação dos resultados de pesquisas, geraria conclusões mais consistentes e quebraria o ciclo de ensino defasado que se inicia na formação de pós - graduandos e atinge as etapas mais precoces da educação formal. Além disso, incitar a curiosidade pela história da ciência e a participação em discussões atuais poderia estimular o desenvolvimento de espírito crítico entre os pesquisadores.

Processos históricos aliados à construção do conhecimento científico

A história e filosofia da ciência têm explicado o modo como paradigmas e tradições teóricas se renovam e se diversificam ao longo do percurso histórico. Porém, tal compreensão nem sempre está presente na prática reflexiva do trabalho cotidiano dos cientistas, quando, por vezes, o conhecimento científico é tratado como uma construção irrisurável, sendo que este se constitui de fato num produto cultural em perpétua transformação, o qual pode ser entendido como evolução do pensamento e das próprias teorias científicas. Mas segundo Chauí (2000), tais mudanças não podem ser interpretadas como um processo contínuo ao longo do tempo, podendo haver rupturas entre as concepções anteriores e posteriores aos processos de viragem crítica. Quando novos fatos ou evidências são incompatíveis com uma determinada teoria, um novo corpo conceitual e teórico se desenvolve, de forma que seja capaz de explicar as novas evidências de maneira mais completa que as teorias e conjecturas anteriores, como Thomas Kuhn sugere, em sua obra *A Estrutura das Revoluções Científicas*.

Durante séculos a ciência suportou argumentos de autoridade, construídos e defendidos por grandes pensadores, como o filósofo Aristóteles da Grécia antiga (Honderich, 1995). Mesmo depois de algumas de suas idéias terem sido superadas, o método científico ainda não havia sido explicitamente questionado. Porém, no século XVII, Francis Bacon promoveu uma ruptura filosófica com o passado, sendo

um dos primeiros pensadores a discutir o que viria a ser um método científico (Gotelli & Ellison, 2004), propondo que a ciência é feita a partir da coleta de fatos, com observação organizada, e surgimento de teorias a partir de tais observações (Chalmers, 1999). O método proposto por Bacon defendia o uso do indutivismo apoiando - se fortemente no empiricismo como uma forma de conhecer o mundo (Gotteli & Ellison, 2004). Em 1934, Karl Popper e Gaston Bachelard publicaram, separadamente, obras que apresentavam as falhas do método indutivo de Bacon, que Popper chamou de “o problema da indução”. Karl Popper defendeu que o pesquisador tem papel ativo na observação e sempre irá pressupor alguma expectativa, sugerindo que as hipóteses precedem as observações e a investigação científica iniciaria a partir do conhecimento teórico acerca do assunto a ser abordado, deduzindo hipóteses e previsões específicas. Tal método, chamado deducionista, também foi alvo de duras críticas por seus opositores e devido às falhas propostas em seu esquema “a objetividade do cientista” foi questionada, pois aspectos históricos, sociológicos e psicológicos mediavam à prática científica.

Paul Feyerabend e Thomas Khun foram os responsáveis pela virada da concepção lógico - epistemológica para uma concepção historicista na filosofia da ciência. O pensamento científico, por conseguinte, deveria ser compreendido na perspectiva de sua historicidade e não mais como um correspondente direto dos seus limites de apreensão lógica, em uma concepção linear de progresso. Contudo, décadas mais tarde, outra autora se dedicou ao aperfeiçoamento das idéias propostas pelo falsificacionismo popperiano. Mayo (1996), em sua proposta de aprendizado a partir do erro, argumenta que o teste severo de hipótese deve ser o procedimento adotado pelo cientista com devida atenção aos controles experimentais e aos pressupostos dos dados no uso de testes convencionais.

Como podemos observar, uma reflexão crítica e apurada sobre a dinâmica de tais alterações nas concepções filosóficas corrobora com uma concepção plural e historicista da própria natureza da ciência. Uma vez evidenciado tal caráter de mudança inerente a construção do conhecimento científico, faz - se necessário a busca de um posicionamento claro e objetivo por parte do cientista em relação a sua concepção epistemológica, o que traz implicações diretas no seu fazer científico. No entanto, o uso do método científico tem sido feito de forma alienada por parte dos cientistas que trabalham com os métodos disponíveis sem a devida preocupação em relação à coerência ao seu alinhamento epistemológico sendo, em grande parte, conduzidos passivamente por tradição ou emulação de autoridade (Peters, 1991).

Sabemos que a disputa entre as concepções inducionista e deducionista se mantém na atualidade entre abordagens estatísticas utilizadas na Ecologia e outras ciências. O bayesianismo e o refutacionismo, embora ainda desproporcionalmente utilizados em estudos ecológicos (Stephens *et al.*, 2007), embasam - se em tradições filosóficas distintas e são defendidos por diferentes autores (Hilborn & 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 o método científico, para então utilizar conscientemente as abordagens estatísticas disponíveis. Esta compreensão viabilizaria também o aumento na qualidade do ensino de Ecologia, como será abordado nos tópicos a seguir.

Questões metodológicas: uso consciente de abordagens estatísticas na análise de dados

Interpretações errôneas sobre o uso e valor da estatística em pesquisas são comuns entre os estudantes de Ecologia (Boyles *et al.*, 2008). Entretanto, embora uma formação ineficiente em estatística e a compreensão inadequada no delineamento experimental possam realmente dificultar o seu uso, sugerimos que nesta formação seja incluído também, o debate sobre os aspectos filosóficos que fundamentam as abordagens estatísticas. Neste debate, constam as discussões a respeito da validade do conhecimento produzido, estrutura e lógica incorporada, além dos limites associados às abordagens estatísticas.

O passo inicial para uma boa compreensão desse debate é o entendimento de que existem duas tradições filosóficas distintas para o uso da probabilidade na inferência (Mayo & Cox, 2006). Enquanto para uma escola o valor de probabilidade significa o grau de confiança em uma proposição; para a outra, significa a freqüência de ocorrência de uma classe de eventos particular em uma série de repetições, uma abordagem frequentista (Gotelli & Ellison, 2004). Popper e Neyman concordavam em dizer que só poderiam afirmar que uma hipótese foi bem testada até certo sentido, bem diferente de concordar com um grau de probabilidade, de crença ou confirmação nela (Mayo & Cox, 2006). Essa diferenciação embora simples e claramente explicada nos capítulos introdutórios de alguns livros de Ecologia (e. g. Gotelli & Ellison, 2004) parece não ser tão clara no raciocínio dos estudantes.

Um dos métodos que segue a abordagem frequentista é conhecido por 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, dado a hipótese nula como verdadeira (Gotelli & Ellison, 2004). O uso destes testes têm predominado em revistas de alto impacto (Stephens *et al.*, 2007) e parece dificultar a inserção de abordagens alternativas (Hobbs & Hilborn, 2006; Butcher *et al.*, 2007). Alguns autores sugerem a diminuição na dependência dos mesmos e o uso mais frequente de outros métodos, como a estatística bayesiana ou técnicas de informação teórica, na comparação de modelos (Goodman, 1999; Stephens *et al.*, 2007). Críticas aos TEHN pontuam a interpretação errônea do valor de probabilidade (Stephens *et al.*, 2007), a arbitrariedade na escolha do valor de significância (Hilborn & Mangel, 1997; Goodman, 1999) e a limitação da abordagem binária de rejeição ou aceite de apenas uma única alternativa (Stephens *et al.*, 2007). 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 as premissas exigidas pelos testes estatísticos. Para Hobbs & Hilborn

(2006), existe uma inversão de valores, de modo que a escolha das perguntas tem sido limitada às premissas impostas pelos testes estatísticos convencionais, em vez dos testes serem escolhidos para satisfazer as necessidades das questões ecológicas. Algumas dessas críticas foram discutidas e resolvidas, outras também podem ser interpretadas como limitações de quem faz uso da técnica e não da técnica em si. Apesar disso, as limitações deste método têm sido usualmente citadas em artigos científicos, ocasião oportuna para despertar o interesse na discussão.

Seguindo outra tradição filosófica do uso da probabilidade na inferência, adeptos da abordagem inducionista bayesiana calculam o aumento na confiabilidade de hipóteses a partir dos dados, utilizando o teorema de Bayes (Quinn & Keough, 2002; Gotteli & 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 (Gotteli & Ellison, 2004). Para Mayo (2004), embora o bayesianismo seja bastante popular entre os filósofos, este método concebe graus subjetivos de crença, maneira inadequada para construção de uma metodologia objetiva para a ciência e ainda completa: “... *em ciência, ao que parece, queremos saber o que os dados estão dizendo, aparte de opiniões e crenças com as quais iniciamos o processo*”. Assim como Mayo (2004), Denis (2004) apóia o uso da abordagem frequentista nas análises estatísticas com base no argumento de que a ciência trabalha através da replicabilidade e do ceticismo, características ausentes no bayesianismo. De acordo com ele, Lele (2004) enfatiza que o subjetivismo pode ser perigoso para a ciência, entretanto, destaca que existem formas para aproveitar essa informação utilizando - a na inferência científica e estatística.

Sabemos que os contrapontos de toda esta discussão são exaustivamente discutidos no âmbito da filosofia e da prática científica. Contudo, a atividade do cientista envolve a prática reflexiva, hábito valioso que deve ser estimulado entre nós estudantes.

Questões práticas: uma contribuição para a qualidade no ensino de Ecologia

A aspiração da verdade na ciência consiste em uma impossibilidade lógica e empírica. Sendo assim, uma das principais falhas no processo de construção do conhecimento científico é o ensino de “pseudo - verdades”, ou seja, o ensino da ciência como uma cópia perfeita da realidade, sendo o conhecimento apresentado de maneira pronta e acabada (Calor & Santos, 2004). É importante quebrar um ciclo de ensino defasado que se inicia na formação de pós - graduandos, docentes de graduação, e que atinge as etapas mais precoces da educação formal. Segundo um estudo realizado por Duarte (2004), os professores de educação básica omitem a história da ciência e atribuem esta defasagem a sua má formação.

O ensino na 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 o “fazer ciência” como um processo integrado e a uma aprendizagem deficiente (Boyles *et al.*, 2008). Estes alunos, ao iniciarem suas pesquisas, apresentarão dificuldade para conceber a lógica existente em teorias e modelos, formular

hipóteses, analisar dados e interpretar e comunicar os resultados dos seus trabalhos (Magnusson & Mourão, 2004). Boyles *et al.*, (2008) atribuem esta 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. Porém, enfatizamos que uma atenção primordial deve ser dada à inserção de uma abordagem epistemológica mais consistente, além de uma maior integração entre disciplinas nos cursos de Ecologia (Millenbah & Wolter, 2009).

Sugerimos, portanto, que os alunos sejam apresentados inicialmente a uma disciplina específica sobre Epistemologia. Entretanto, esta ênfase pontual no processo pedagógico não é suficiente para garantir apropriação deste conhecimento, e por isso sugere - se uma abordagem continuada. As demais disciplinas devem abarcar conteúdos programáticos embutidos de reflexões histórico - filosóficas sobre a construção do conhecimento proposto. Ressaltamos que a compreensão deste conhecimento não depende apenas do ensino e estrutura pedagógica das disciplinas, mas também do papel ativo dos estudantes no seu aprendizado.

Uma experiência positiva pode ser citada no Programa de Pós - graduação em Ecologia e Biomonitoramento da Universidade Federal da Bahia, Brasil. Neste programa, disciplinas do Mestrado que abordam questões de delineamento e análises e que iniciam a compreensão sobre epistemologia têm continuidade e maior aprofundamento no Doutorado. Apesar do curto período de tempo, o impacto dessa iniciativa neste programa pode ser percebido claramente pela melhoria na qualidade das dissertações (Rocha *et al.*, 2008). Durante uma das disciplinas do Mestrado, levantamos e discutimos artigos de opinião escritos por estudantes de Pós - graduação em Ecologia (Butcher *et al.*, 2007; Boyles *et al.*, 2008) que apontaram importantes falhas na formação dos pesquisadores. Porém, a esta formação, defendemos a inclusão da epistemologia como passo inicial da compreensão do processo científico.

OBJETIVOS

MATERIAL E MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSÃO

AGRADECIMENTOS

Grande parte dos autores deste estudo é bolsista da CAPES ou CNPq. Nossos agradecimentos ao Professor Pedro Luis Bernardo da Rocha pelo exemplo passado como profissional e pela alta qualidade sempre alcançada em suas iniciativas. Agradecemos também ao Programa de Pós - Graduação em Ecologia e Biomonitoramento/UFBA pelo suporte financeiro e estrutural para realização deste trabalho

REFERÊNCIAS

- Boyles, J. G., D. P. Aubrey, B. S. Cooper, J. G. Cox, D. R. Coyle, R. J. Fisher, J. D. Hoffman, and J. J. Storm. 2008. Statistical confusion among graduate students: Sickness or Symptom? *Journal of Wildlife Management* 72: 1869 - 1871.
- Butcher, J. A., J. E. Groce, C. M. Lituma, M. C. Cocimano, Y. Sánchez - Johnson, A. J. Campomizzi, T. L. Pope, K. S. Reyna, and A. C. S. Knipps. 2007. Persistent Controversy in Statistical Approaches in Wildlife Sciences: A Perspective of Students. *Journal of Wildlife Management* 71: 2142-2144.
- Calor, A. R., and C. M. D. Santos. 2004. Filosofia e ensino de ciências: uma convergência necessária. *Ciência Hoje* 210: 59 - 61.
- Chalmers, A. F. 1999. *What Is This Thing Called Science?* University of Queensland Press, 3a edição, Brisbane, Austrália.
- Chaui, M. *Convite à Filosofia*. Ed. Ática, São Paulo, Brasil, 2000.
- Dennis, B. Statistics and the Scientific Method in Ecology. Em: Taper, M. L.; Lele S. R. (eds). *The nature of scientific evidence: statistical, philosophical, and empirical considerations*. University of Chicago, Chicago, U.S.A, 2004, p. 327 - 378
- Duarte, M. D. 2004. A História da Ciência na Prática de Professores Portugueses: Implicações para a Formação de Professores de Ciências. *Ciência & Educação* 10: 317 - 331.
- Goodman, S. N. 1999. Toward Evidence - Based Medical Statistics. 1: The P Value Fallacy. *Annals of Internal Medicine* 130: 995 - 1004.
- Gotelli, N. J., Ellison A. M. *A primer of ecological statistics*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, U.S.A, 2004.
- Hilborn, R., Mangel M.. *The ecological detective: confronting models with data*. Princeton University, Princeton, New Jersey, U.S.A, 1997.
- Hobbs, N. T., and R. Hilborn. 2006. Alternatives to statistical hypothesis testing in Ecology: A guide to self teaching. *Ecological Applications* 16: 5-19.
- Honderich, T. *The Oxford Companion to Philosophy*. Oxford University Press, Oxford, New York, 1995.
- Lele, S. R. Elicit Data, Not Prior: On Using Expert Opinion in Ecological Studies. Em: Taper, M. L.; Lele, S. R. (eds). *The nature of scientific evidence: statistical, philosophical, and empirical considerations*. University of Chicago, Chicago, U.S.A, 2004, p. 410 - 435.
- Magnusson, W. E., Mourão G. *Statistics without math*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, U.S.A, 2004.
- Mayo, D. G. Learning from Error. Em: Mayo, D. G. (ed.) *Error and the Growth of Experimental Knowledge*. University of Chicago, Chicago, U.S.A, 1996, p. 1 - 20
- Mayo, D. G. An Error - Statistical Philosophy of Evidence. Em: Taper, M. L.; Lele, S. R. (eds). *The nature of scientific evidence: statistical, philosophical, and empirical considerations*. University of Chicago, Chicago, U.S.A, 2004, p.79 - 118
- Mayo, D. G., Cox D. R. Frequentist statistics as a theory of inductive inference Em: Rojo, J. (ed). *Optimality: The Second Erich L. Lehmann Symposium*. Beachwood, Ohio, U.S.A, 2006, p 77 - 97
- Millenbah, K. F., and B. H. K. Wolter. 2009. The Changing Face of Natural Resources Students, Education, and the Profession. *Journal of Wildlife Management* 73: 573 - 579.
- Økland, R. H. 2007. Wise use of statistical tools in ecological field studies. *Folia Geobotanica* 42: 123-140.
- Peters, R. H. *A critical for ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- Quinn, G. P., Keough, M. J. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University, Cambridge, U.S.A, 2002.
- Rocha, P. L. B., B. F. Viana, C. N. El - Hani, E. M. Silva, F. C. R. Barros Jr., M. Ramalho, P. O. Mafalda Jr., and S. A. H. Silva. 2008. Pós - graduação em Ecologia no Instituto de Biologia da UFBA: um currículo em evolução. *Revista Brasileira de Pós - Graduação* 4: 227 - 244.
- Stephens, P. A., S. W. Buskirk, and C. M. del Rio. 2007. Inference in ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 192 - 197.
- Tsai, C. C. 2007. Teachers' Scientific Epistemological Views: The Coherence with Instruction and Students' Views. *Science Education* 91: 222 - 243.