

Dialética da Adaptação Considerações filosóficas sobre a ecologia

Orlei Antonio Negrello Filho

Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo: O presente estudo apresenta uma síntese da ecologia como ramo científico, considerando seus paradigmas centrais, limitações conceituais e desafios para explicação da dinâmica do mundo vivo. Muitas dessas dificuldades advêm do fato da ecologia utilizar a mesma terminologia para duas vertentes da disciplina, a ecologia populacional e a ecologia ecossistêmica, que apresentam abordagens metodológicas distintas. São tratadas as relações com a teoria evolutiva por meio das teorias de “Construção de Nichos” e de “Engenheiros de Ecossistemas”, de forma a repensar o conceito de adaptação. Conclui-se com alguns pensamentos a respeito da inserção humana na natureza, escalas de percepção e a paisagem e o processo de construção do discurso ecológico.

Palavras-Chave: Filosofia da Ciência. Ecologia Populacional. Ecologia de Ecossistemas. Adaptação.

Abstract: The present study offers a synthesis of ecology, as a branch of science, considering its central paradigms, conceptual limitations and challenges in proposing explanations of the living world. The source of the conceptual fuzziness in which ecology is frequently said to be immersed, appears to be connected to the fact that there are two main paradigms running along in the field, which have a separate origin – population ecology and ecosystem ecology. The study also comments on the impact of two distinct theories, namely “Niche construction” and “Ecosystem engineers” on the interpretation of adaptation. The final remarks shed some light on topics such as: the vantage point of humans in nature, scales of human perception and the landscape, and the construction of the ecological discourse.

Key-words: Philosophy of Science. Population Ecology. Ecosystem ecology. Adaptation.

“To the lover of prescribed routine methods
with certainty of ‘safe’ results the study
of ecology is not to be recommended.”
Charles Elton (1927)

Introdução

Dentre os vários ramos de expansão filosófica da ciência, a filosofia da ecologia tem se desenvolvido de forma promissora nas últimas décadas (Peters, 1991, Keller & Golley, 2000, Jax & Schwarz, 2010), seguindo os recentes avanços na filosofia da biologia (Hull & Ruse, 1998, Sterelny & Griffiths, 1999, Rosemberg & McShea, 2008) e na própria ecologia teórica (Graham & Dayton, 2002, Paine, 2002, Scheiner & Willig, 2008).

A ciência empírica, ecologia, como outras ciências, pode ser compreendida a partir do estabelecimento de uma série de pressupostos e postulados sobre o mundo (Keller & Golley, 2000). Estas idéias orientadoras centrais, segundo Kuhn (1962), formam paradigmas, ou seja, núcleos teóricos que dão coesão à estrutura das disciplinas. Os paradigmas são sustentados por conjuntos de conceitos e teorias que subsidiam as hipóteses e explicações dos fenômenos. Os conceitos são frequentemente questionados e reavaliados, possibilitando a acomodação de novas interpretações. Estas novas interpretações são consequência de novos dados empíricos e também de novas construções teóricas, frequentemente ambos. No entanto, cada nova descoberta gera automaticamente novas perguntas. O paradigma é capaz de suportar um certo grau de evidências contrárias, ou anomalias, que minam suas bases estruturais. Todavia, em algum momento, o corpo de contra-evidências se torna grande demais a ponto de exigir reparos e, eventualmente, profundas substituições.

Apesar da existência de outras explicações sobre a evolução e o funcionamento das ciências, entre elas, o falsificacionismo de Karl Popper, que tem forte influência na ecologia (Underwood, 1996), a visão de Kuhn é bastante usada entre os próprios cientistas (Simberloff, 1980, Pickett et al. 1992, Graham & Dayton, 2002). O uso do termo paradigma foi discutido criticamente por Peter Godfrey-Smith, que sugere, no seu livro “Teoria e Realidade”, que no contexto da obra de Kuhn, a *ciência normal* precisa da rigidez dos paradigmas para manter o seu funcionamento. O autor sugere que o significado do termo pode ser interpretado de diversas formas, fato este, reconhecido por Thomas Kuhn (Godfrey-Smith, 2003). A sugestão de Godfrey-Smith é considerar dois tipos de paradigmas, o que ele chamou de versão “ampla”

e “restrita” do termo. O paradigma amplo é o conjunto de métodos, técnicas e idéias que quando combinados, definem uma visão de mundo e uma maneira de fazer ciência. O segundo tipo, o paradigma restrito, se refere ao *exemplar*, a uma descoberta ou invenção que obtém largo reconhecimento, tornada-a o pilar central do campo de estudo. Exemplos incluem, as Leis de Newton, as Equações de Maxwell, e na biologia, a Teoria da Evolução de Darwin seria a melhor representante.

Uma série de questões emergem quando a tese de paradigmas ecológicos é trazida a tona. Seriam os paradigmas ecológicos uma forma de senso comum de ecólogos? Qual seria o paradigma atual da ecologia? É apenas um, ou são vários? Qual a sua relação com a teoria da evolução²? Na visão de ecólogos há espaço tanto para a visão restrita quando para a ampla. Graham & Dayton (2002) observam que para muitos ecólogos que estavam “na ativa” quando da publicação do livro de Kuhn (1962), de forma ampla, paradigmas representam os sistemas de crença (*belief systems*) que ditam como dados ecológicos são coletados e analisados, assim como os métodos de comparação. Neste sentido, os paradigmas se aproximam do senso comum dos especialistas de áreas específicas. Graham & Dayton (2002), também de forma ampla, definem o termo como sendo o estado corrente do conhecimento científico. Estes autores trouxeram ainda a discussão para o raciocínio ecológico argumentando que os paradigmas ecológicos podem ser entendidos sob a perspectiva de escalas, ou seja, o termo se aplica tanto a modelos específicos de uma área, quanto a considerações gerais sobre aquisição e tratamento de dados (complementando a proposta de Godfrey-Smith, 2003).

As construções conceituais da ecologia, da mesma forma que a interpretação de o que são paradigmas ecológicos, estão imersas em debates, devido à diversidade de pontos de vista dentro da própria disciplina e da contribuição de outras áreas do conhecimento que apresentam objetivos congruentes, por exemplo: a biologia evolutiva, a filosofia da biologia e as ciências do desenvolvimento e da complexidade. Em suma, pode se concluir que na ecologia há escassez de teorias estáveis, resistentes a críticas e duráveis ao tempo.

Apesar das características profundamente empíricas desta ciência, com intensa, mas, não exclusiva utilização de ferramentas experimentais (Sagarin & Pauchard, 2010), ainda

continuam a existir obstáculos teóricos e práticos de difícil transposição. Sterelny & Griffiths (1999) consideram que os problemas conceituais propostos pela ecologia ainda não foram tão intensamente debatidos como os da teoria evolutiva.

A complexidade permeia os sistemas ecológicos principalmente em relação às escalas de ocorrência de diferentes fenômenos, que envolvem uma dinâmica de estabilidade e perturbações (também em várias escalas de tempo e espaço), frequentemente em um regime estocástico. Neste contexto, multi-escalar e hierárquico, as dificuldades na proposição de generalizações com grande representatividade (leis) se tornam evidentes (Cooper, 1998; porém, ver Dodds, 2009). Recentemente, El-Hani (2006) explorou extensamente o assunto, avaliando a utilização do termo lei para generalizações, e o debate no campo epistemológico entre os que acham as generalizações viáveis, mesmo que não sejam isentas de exceções, e os que as consideram impossíveis. A falta de concordância interna da disciplina com relação aos seus conceitos fundamentais é um dos fatores que impede as generalizações.

Ecologia e Evolução

As disciplinas Ecologia e Evolução tratam de fenômenos que ocorrem no *ambiente natural*, possuindo desta forma inúmeros objetos de estudo e interesses em comum. Sterelny & Griffiths (1999) sugerem que há consonância entre as teorias ecológicas e o Neodarwinismo. Os conceitos fundamentais da ecologia explicam os fenômenos naturais sob a ótica do programa adaptacionista, da luta pela existência, da competição por recursos e do equilíbrio natural, e é claro da seleção natural (Segundo O'Neill (2001), a teoria preditiva mais poderosa disponível à ecologia).

A ecologia se preocupa em tratar de fenômenos em escalas espaço-temporais ao alcance da percepção humana, enquanto a evolução trata das grandes escalas, que vão muito além do alcance, no entanto, ambas descrevem o mesmo grande processo, ou seja, como as populações, ou espécies, se comportam perante a passagem do tempo (Bergson, 1911). Pode

se dizer que evolução é a longa história de descendência com modificação da vida no planeta, cujo *modus operandi* é objeto de estudo da ecologia.

De fato, o próprio termo ecologia, criado por Ernst Haeckel em 1866 (in, McIntosh, 1985) tem seu significado inicial ligado à teoria de Darwin; "...o corpo de conhecimento que se refere à economia da natureza - a investigação das relações totais do animal com seus ambientes, tanto orgânico quanto inorgânico, incluindo acima de tudo, suas relações de "amizade e inimizade", com aqueles animais cujo contato é direto ou indireto - em poucas palavras, ecologia é o estudo das inter-relações complexas referidas por Darwin como as condições da luta pela existência."

No entanto, também podemos verificar o aparecimento de explicações ecológicas que divergem deste ponto de vista evolutivo. Críticas recentes aos conceitos de nicho (Lewontin, 2001, Real & Levin, 1991), estabilidade (Pimm, 1984) e ecossistema (O'Neill, 2001) são exemplos das mudanças que ocorreram recentemente na ecologia.

A natureza da ecologia

A ecologia trata da compreensão dos fenômenos envolvendo grupos de organismos, populações ou comunidades, no contexto em que vivem. A palavra comunidade se refere à *sympatria* na natureza; ao encontro entre os seres vivos que ocorre num mundo abiótico que é *comum* a todos os organismos. A ecologia busca conhecer os processos que influenciam a distribuição e abundância dos organismos, compreender as relações entre os entes vivos, e entre estes e o mundo não vivo que ocupam, além dos fluxos de energia e matéria (Likens, 1992)

Por meio de descrições dos padrões de distribuição dos organismos a ecologia de populações busca explicar como as diferentes populações que habitam uma determinada área coexistem. O enfoque ecossistêmico desenvolvido por Odum, 1971, interpreta a dinâmica dessas mesmas populações sobre o ponto de vista dos fluxos energéticos. Segundo, Pickett, Kolasa & Jones (2007) a *ecologia populacional* e a *ecologia ecossistêmica*, representam os dois

maiores paradigmas ecológicos atuais. Como usam conceitos semelhantes os paradigmas se permeiam e podem até não ser identificados com dois por grande parte dos ecólogos.

A vertente ecossistêmica da ecologia é uma iniciativa teórica que nasce da teoria dos sistemas, que considera estrutura e funções dos compartimentos na interpretação do sistema. A transposição da teoria de sistemas para a realidade *de campo* não é direta, uma das razões é a falta de fronteiras bem estabelecidas no ambiente natural. A medição dos fluxos energéticos também esbarra em dificuldades experimentais ligadas à escala.

A ecologia populacional, por outro lado, nasce do trabalho empírico de coleta de informações em campo, basicamente, da contagem de organismos na natureza. O objetivo é gerar dados descritivos que ilustrem a ocorrência e distribuição das populações. Hipóteses e correlações com outras variáveis são propostas na tentativa de proposição de explicações causais e generalizações, ou seja, para se atingir o nível teórico de explicação. No entanto, o maior valor, por assim dizer, está na precisão do dado empírico, na medição. O número de hipóteses possíveis para explicação do mesmo dado é elevado.

Por trás desses paradigmas podemos encontrar as duas formas básicas de se fazer a ciência ecológica: 1. ênfase nos dados empíricos descritivos, ou 2. ênfase nas construções teóricas. Segundo Simon Levin (1992) “... a teoria é um parceiro essencial do empirismo”, no entanto o não reconhecimento explícito dessas duas abordagens causa grande parte dos problemas conceituais, entre eles, a discordância histórica sobre o status metafísico da entidade ecológica mais elementar (Keller & Golley, 2000).

As três possíveis entidades fundamentais são analisadas por Keller & Golley (2000): 1. organismo individual; 2. comunidade (biótica); 3. ecossistema. Organismos individuais são alvo da fisiologia, e mais amplamente da biologia, e não são muito promissores no contexto ecológico. Historicamente a primeira proposta de que a unidade básica para se tratar as questões ecológicas partiu do trabalho de Frederic Clements (1916) *Sucessão de Plantas: uma análise do desenvolvimento da vegetação*. O autor considerava que as comunidades de plantas tinham uma estrutura específica com partes internas relacionadas, como um “superorganismo” (Keller & Golley, 2000). Os métodos usados por Clements, derivados da

história natural, combinaram experimentação em pequena escala, com *evidências observacionais* do fenômeno da sucessão em áreas perturbadas. O enfoque pode ser considerado eminentemente populacional.

O termo ecossistema inicialmente proposto por Arthur Tansley foi utilizado como um conceito organizador por Eugene Odum. Se refere a um local com características relativamente uniformes ou homogêneas, que possibilitam a sua separação de outras áreas também com características definidas. Esta compartimentalização artificial não é dependente de escalas, ou seja, o termo pode ser aplicado a escalas espaciais que vão de uma poça d'água ou a um oceano. Porém, o termo é mais amplamente utilizado nos contextos de grande escala (escala da paisagem). As fronteiras dos ecossistemas podem não ser fisicamente evidentes e muitas populações possuem áreas de vida que vão além destes compartimentos. Listas de espécies de um determinado ecossistema não são suficientes para sua delimitação. Pode haver flutuações e substituições de componentes sem que haja descaracterização do sistema. Esta possibilidade de substituição de espécies é, segundo O'Neill (2001), a limitação mais séria deste conceito, pois, minimiza o papel da seleção natural.

A idéia de equilíbrio da natureza

Não há dúvida de que a idéia de equilíbrio da natureza tem um apelo poderoso e sedutor (Sterelny & Griffiths, 1999). Há uma tendência generalizada na história natural (talvez ligada a antigas idéias religiosas), que se propagou pela ecologia, de considerar o ambiente e as comunidades biológicas (*a priori*) em equilíbrio. Eventualmente tempestades, fogo e seca afastam a comunidade do equilíbrio, mas mecanismos intrínsecos restauram a comunidade aos padrões *anteriores*, tão logo o impacto cesse. Com frequência comunidades biológicas estão se recuperando da última perturbação (Sterelny & Griffiths, 1999).

Equilíbrio, estabilidade e perturbação são conceitos claramente problemáticos na ecologia, pois os termos carecem de definição precisa. Mesmo com essa imprecisão terminológica latente a ciência progride com a proposição de novas teorias e adoção de novos

parâmetros. Esforços de considerar explicitamente a natureza *dinâmica* dos sistemas naturais começaram a ser desenvolvidos nas últimas décadas. Por exemplo, segundo a hipótese da perturbação intermediária (Connell, et al., 1978), pode existir um nível intermediário de perturbações que beneficia de formas diferentes os componentes das comunidades, aumentando a diversidade. Connell propôs que poucas perturbações levam a baixas diversidades por exclusão competitiva, enquanto muitas perturbações eliminam as espécies incapazes de rápida colonização.

A estruturação do mundo vivo e sua dinâmica

A ecologia descreve o ambiente dentro do qual as mudanças evolutivas acontecem e fornece as ferramentas conceituais para a descrição das relações complexas e interativas que guiam nossa compreensão da evolução (Sterelny & Griffiths, 1999). De forma muito generalizada pode-se dizer que espécies ocupam um determinado espaço, o habitat, e tem uma certa ocupação, o nicho. Em 1927 o conceito de nicho elaborado por Charles S. Elton foi incorporado ao discurso ecológico para se descrever a relação entre as espécies e o ambiente. Segundo Elton, um nicho é um jeito de se enquadrar numa comunidade. Nichos são como oportunidades de emprego na sociedade humana (Sterelny & Griffiths, 1999). Um fator importante deste conceito é a independência de um ocupante particular, isto é, o nicho existe independente do organismo. A organização das comunidades biológicas em nichos determina as regras de montagem das comunidades (*rules of community assembly*). As regras determinariam quais espécies podem achar um lugar na comunidade e quais não podem (Sterelny & Griffiths, 1999).

Segundo Richard Lewontin (2001), esta visão não foi adequadamente concebida. As relações entre organismo e ambiente podem ser entendidas como ocorrendo em duas vias; ambientes afetam organismos, mas os organismos também afetam o ambiente. A teoria dos “engenheiros de ecossistemas”, proposta por Clive Jones e colaboradores (1994) considera que determinadas populações modificam o funcionamento do sistema, seja por altas

densidades ou pelo fornecimento físico de substrato. Engenheiros de Ecossistemas *modulam* direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para outras espécies.

Essa teoria foi diretamente ao encontro da proposta de John Odling-Smee e colaboradores (2003) que postularam uma teoria análoga, porém, centrada nas implicações evolutivas da construção de nichos. “A teoria refere à capacidade dos organismos de construir, modificar e selecionar componentes importantes do seu local de vida, como ninhos, tocas, elementos químicos e nutrientes. Pela construção de nichos, os organismos não apenas influenciam a natureza ao redor, mas também, em parte, determinam as pressões seletivas, as quais estão expostos, assim como de seus descendentes. Desta forma, a construção de nichos gera um feedback no processo evolutivo” (Day et al., 2003)

Ecologia, escala da paisagem e o ponto de vista humano

Este artigo apresentou uma série de argumentos e questões sobre a ciência ecologia, com foco principal na sua estrutura conceitual, amplitude de escopo e interações com outras disciplinas. A ecologia assume uma teia de relações acontecendo em várias escalas espaço-temporais onde o ser humano se encontra (Levin, 1992). A pergunta a respeito da posição do ser humano em relação à natureza poderia ser o ponto de partida para avaliarmos a fundo as implicações decorrentes da interpretação ecológica da realidade.

Quando uma pessoa opta por usar o *modus operandi* científico convém reconhecer uma separação entre o sujeito-observador e o objeto-observado. A partir desta distinção, os objetos se tornam o foco central da aproximação científica num processo unidirecional S→O (sujeito observa objeto). Essa condição de externalização do observador é um artifício metodológico estratégico, talvez inevitável, para a implementação do projeto científico, pois se relaciona à possibilidade de controle sobre o meio. Apesar de não refletir uma real separação entre homem e natureza, este salto epistemológico momentâneo coloca o cientista em um *ponto de observação privilegiada*, de onde se pode interferir conscientemente na natureza.

O ecólogo valoriza ferramentas metodológicas de ampla utilização em todas as ciências como: a quantificação de parâmetros com precisão, a delimitação de estruturas causais e a geração de modelos preditivos (ou projeções de modelos). Mas, existem questões pré-metodológicas que também fazem parte da atividade científica. A observação da natureza (não um método de observação particular, mas a observação em si), a contemplação de padrões e regularidades evidentes aos sentidos, proporciona o recurso inicial para qualquer pesquisa científica.

O arcabouço metodológico-científico complementa e dá suporte à compreensão da natureza iniciada nos sentidos. Se o cientista freqüentemente se considera um observador externo, há também, inegavelmente, uma forma de observação interna. A observação, do ponto de vista interno, constitui a mais basal das faculdades humanas (mentais ou não), o conjunto de sensações e a consciência. Todas as propriedades biológicas do ser humano, como: o fato de todos termos sido, um dia, uma célula apenas; a forma de organização celular semelhante a outros seres-vivos; a própria dinâmica fisiológica diária, nos arrastam *de novo* para o *interior* da natureza. As incursões dos cientistas no mundo paralelo da observação científica objetiva, não os tiram, em absoluto, dos seus corpos de carne e osso. Em algum momento todos voltamos para o mundo dos sentidos.

Além de proporcionar estruturas conceituais, a ciência faz o homem viajar por escalas que ele jamais poderá compreender da mesma forma que compreende sua própria escala que transmite *solidez* de raciocínio. Desta forma, é frequente a proposição de metáforas no discurso científico com função de representar entidades e conceitos abstratos como exemplos perceptíveis aos sentidos.

A utilização de metáforas para ilustrar fenômenos não diretamente observados confere ao cientista um papel de intérprete da natureza e ao mesmo tempo criador de construções intelectuais teóricas. Porém, deve se ter sempre em mente as limitações desse artifício da linguagem que em alguns momentos nos auxiliam e são indispensáveis nas construções teóricas de qualquer ciência (Teoria das Cordas, por exemplo) e em outros podem nos tyrannizar, sendo objeto de interpretações literais. O uso corrente deste recurso linguístico trás

incertezas para um discurso que pretende descrever o mundo com precisão e até representar a verdade.

Se adotarmos uma perspectiva indutivista na ecologia (Schrader-Frechette e McCoy, 1993), quanto maior o acúmulo de evidências empíricas sobre os fenômenos ecológicos próximos, maior a nossa condição de formular teorias duradouras. O método científico externalista, se levado a extremos, ou seja, a desconsideração do *input* empírico e concentração excessiva nas estruturas lógico-matemática (teórica) pode perder a proximidade com a realidade.

Teorias científicas se encontram frequentemente em meio a um processo dinâmico de constante reavaliação. A ciência busca alcançar o conhecimento pela simplificação dos sistemas e processos naturais. As estruturas e as propriedades invariantes dos sistemas permitem almejar a previsibilidade, frequentemente reconhecida como a recompensa máxima da boa ciência. Porém, o acúmulo criterioso e preciso de novas observações nos dará possibilidades reais de melhor alimentar e projetar nossos modelos e atuar pró-ativamente na natureza.

Referências

- BERGSON, Henry (1911). *Creative evolution*. New York: Henry Holt and Company.
- COOPER, Gregory (1998). "Generalizations in ecology: a philosophical taxonomy" *Biology and Philosophy*, 13: 555-586.
- CONNELL, J. H. 1978. "Diversity in tropical rain forests and coral reefs". *Science* 199: 1302-1310.
- DAY, Rachel L.; LALAND, Kevin, N.; ODLING-SMEE, John (2003). "Rethinking adaptation: the niche construction perspective" *Perspectives in Biology and Medicine*, 1:80-95.
- DODDS, Walter K. (2008). *Laws, theories, and patterns in ecology*. Berkeley: University of California Press.
- EL-HANI, Charbel N. (2006). "Generalizações ecológicas" *Oecologia Brasiliensis*, 10(1): 17-68.

- GODFREY-SMITH, Peter (2003). *Theory and reality: an introduction to the philosophy of science*. Chicago: The University of Chicago Press.
- GRAHAM, Michael H.; DAYTON, Paul K. (2002). "On the evolution of ecological ideas: paradigms and scientific progress" *Ecology*, 83(6): 1481-1489.
- HULL, David; RUSE, Michael, (eds) (1998). *The Philosophy of Biology*. New York: Oxford University Press.
- JAX, Kurt; SCHWARZ, Astrid (2010). *Ecology revisited: reflecting on concepts advancing science*. Dordrecht: Springer.
- JONES, Clive G.; LAWTON, John H.; SHACHAK, Moshe (1994). "Organisms as ecosystems engineers" *Oikos*, 69:373-386.
- KELLER, David R.; GOLLEY, Frank B., (eds) (2000). *The philosophy of ecology: from science to synthesis*. Athens: The University of Georgia Press.
- KUHN, Thomas S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- LEVIN, Simon A. (1992). "The problem of pattern and scale in ecology" *Ecology*, 73(6): 1943-1967.
- LEWONTIN, Richard (2001). "Gene, organism and environment". In: OYAMA, Susan; GRIFFITHS, Paul E.; GRAY, Russel D. (eds.) *Cycles of contingencies: developmental systems and evolution*, Cambridge: The MIT Press.
- LIKENS, Gene E. (1992). *The ecosystem approach: its use and abuse*. Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, Germany.
- MCINTOSH, Robert, P. (1985). *The background of ecology: concept and theory*. Cambridge: Cambridge University Press
- ODLING-SMEE, F. John; LALAND, Kevin, N.; FELDMAN, Marcus W. (2003). *Niche construction: the neglected process in evolution*. New Jersey: Princeton University Press.
- ODUM, Eugene P. (1971). *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: Sauders.
- ODUM, Eugene P. (1988). *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A.

- O'NEILL, Robert V. (2001). "Is it time to bury the ecosystem concept"? *Ecology*, 82(12): 3275-3284.
- PAINE, Robert T. (2002). "Advances in ecological understanding: by Kunhian revolution or conceptual evolution?" *Ecology*, 83: 1553-1559.
- PETERS, Robert H. (1991). *A critique for ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- PICKETT, Steward T. A.; KOLASA, Jurek; JONES, Clive G. (2007). *Ecological understanding: the nature of theory and the theory of nature*. California: Academic Press.
- PICKETT, Steward T. A.; PARKER, Tom; FIEDLER, Peggy L. (1992). "The new paradigm in ecology: implications for conservation above the species level". In: FIEDLER, Peggy L.; JAIN, Subodh K. (eds) *Conservation biology: the theory and practice of nature conservation, preservation and management*. New York: Chapman & Hall.
- PIMM, Stuart L. (1984). "The complexity and stability of ecosystems". *Nature* 307: 321-326
- REAL, Leslie A.; LEVIN, Simon A. (1991). "Theoretical advances: the role of theory in the rise of modern ecology". In: REAL, Leslie A.; BROWN, James H. (eds) *Foundations of ecology: classic papers with commentaries*. Chicago: University of Chicago Press.
- ROSEMBERG, Alex; MCSHEA, Daniel W. (eds) (2008). *The Philosophy of Biology: a contemporary introduction*. New York: Routledge.
- SCHEINER, Samuel M.; WILLIG, Michael R. (2008). "A general theory of ecology". *Theoretical Ecology* 1:21-28.
- SIMBERLOFF, Daniel S. (1980). "A succession of paradigms in ecology: essentialism to materialism and probabilism". *Synthese* 43: 3-39.
- SAGARIN, Rafael; PAUCHARD, Aníbal (2010). "Observational approaches in ecology open new ground in a changing world". *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(7): 379-386.
- STERELNY, Kim; GRIFFITHS, Paul E. (1999). *Sex and death: an introduction to the philosophy of biology*. Chicago: The University of Chicago Press.
- SCHRADER-FRECHETTE, Kristin S.; MCCOY, Earl D. (1993). *Method in ecology: strategies for conservation problems*. Cambridge: Cambridge University Press.

UNDERWOOD, Antony J. (1996). "Detection, interpretation, prediction and management of environmental disturbances: some roles for experimental marine ecology" *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 200: 1-27.