

# GENERALIZAÇÕES ECOLÓGICAS

Charbel Niño El-Hani

Grupo de Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Ciências Biológicas – Dep. de Biologia Geral, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento/UFBA.

Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, UFBA/UEFS.

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Geral. Rua Barão do Geremoabo, 147, Campus Universitário de Ondina, Ondina. CEP: 40170290 - Salvador, BA – Brasil

E-mail: charbel@ufba.br

## RESUMO

Nos últimos anos, foram publicados vários trabalhos sobre a questão da existência e do estatuto das leis na ecologia. O presente artigo é uma revisão que pretende servir como um guia de estudo crítico dos debates sobre generalizações ecológicas. Uma série de trabalhos sobre generalizações na ecologia é discutida criticamente, bem como alguns desenvolvimentos da discussão epistemológica sobre o estatuto das leis biológicas dos últimos quinze anos. Minha posição é que a biologia apresenta generalizações com certo grau de necessidade nômica e poder explicativo e/ou preditivo. Sejam ou não chamadas de ‘leis’, elas cumprem importante papel na construção do conhecimento biológico e devem ser investigadas, de modo que possamos compreender melhor sua natureza e suas características. As generalizações biológicas têm domínio de aplicação restrito e uma compreensão teórica suficientemente desenvolvida é necessária para que se alcance um esquema geral abstrato para o estabelecimento destes domínios. Assim, a construção de teorias ecológicas (e, em termos gerais, biológicas) é o caminho para estabelecer generalizações testáveis, com poder explicativo e preditivo. Estas não são propriedades que uma proposição pode ter isoladamente, mas apenas como membro de um conjunto integrado de proposições ou uma rede teórica, na qual cada membro ajuda a delimitar o domínio de aplicação de qualquer outro membro. Esta concepção epistemológica sobre as relações e a natureza de proposições e teorias gerais na biologia, e, em particular, na ecologia, tem implicações metodológicas, destacadas ao longo do artigo.

**Palavras-chave:** Conhecimento biológico, Rede teórica, Epistemologia, Metodologia.

## ABSTRACT

**ECOLOGICAL GENERALIZATIONS.** In recent years, several studies about the issue of the existence and status of laws in ecology have been published. This paper is a review which intends to play the role of a critical study guide to the debates about ecological generalizations. A series of studies about generalizations in ecology are critically discussed, as well as some developments of the epistemological discussion about the status of biological laws in the last fifteen years. My position is that biology has generalizations with some degree of nomic necessity and explanatory and/or predictive power. No matter if they are called ‘laws’ or not, they play an important role in the construction of biological knowledge and should be investigated in order to give room to a better understanding of their nature and characteristics. Biological generalizations have a restricted domain of application, and a sufficiently developed theoretical understanding is required in order to reach a general abstract scheme for establishing these domains. Therefore, the construction of ecological (and, generally speaking, biological) theories is the way to establish testable generalizations with explanatory and predictive power. Those are not properties that a statement can have in isolation, but only as a member of an integrated set of assertions or a theoretical network, in which each member helps delimiting the domain of application of every other member. This epistemological conception about the relationships and nature of general statements and theories in biology, and, in particular, ecology, has methodological implications, which are addressed in this study.

**Key-Words:** Biological knowledge, Theoretical net, Epistemology, Methodology.

## INTRODUÇÃO

Alguns filósofos da ciência, como, por exemplo, van Fraassen (1989) e Giere (1995), argumentam que o conceito de lei não oferece o meio mais apropriado para descrever as teorias científicas. Esta visão deflacionária do papel das leis na ciência é acompanhada por uma diminuição dos papéis das generalizações indutivas, em sentido mais geral, e da explicação, entre outros aspectos. Muitos filósofos da ciência assumem, contudo, posição distinta, insistindo que generalizações são elementos importantes do raciocínio científico, mesmo que possam, no fim das contas, não ter a mesma forma das leis físicas (*e.g.*, Mitchell 1997, 2000, 2003, Woodward 2001, Brandon 1997, Waters 1998, Weber 1999). Desta segunda perspectiva, a questão “Existem leis na biologia?” se torna consideravelmente relevante.

A existência de leis biológicas tem sido objeto de debate há um longo tempo (*e.g.*, Smart 1963, Hull 1974). Inicialmente, o que estava em questão era se a biologia seria ou não uma ciência legítima, pressupondo-se uma adesão à física como modelo de ciência. Nos últimos trinta anos, a idéia de que podemos encontrar tal modelo na física foi, ela própria, colocada em questão e podemos dizer que atualmente não restam mais dúvidas sobre a cientificidade da biologia.<sup>1</sup> Como escreve Brandon (1997), todos nós concordamos atualmente que a biologia evolutiva (bem como a biologia em termos gerais), possua ou não leis, é uma ciência legítima. A questão da existência de leis assume, assim, uma forma diversa: trata-se de compreender a natureza da biologia, como uma ciência, e, em particular, das generalizações sobre o mundo empírico que ela constrói. Dessa perspectiva, a investigação sobre as generalizações biológicas pode revelar semelhanças e diferenças interessantes em relação às leis da física. Este caminho de investigação pode, ainda, esclarecer até que ponto a compreensão das generalizações que a biologia constrói pode nos ajudar a entender também aquelas construídas no domínio de outras ciências especiais.<sup>2</sup>

Volta e meia, a filosofia da biologia se vê tomada por surtos de argumentos contra a existência de leis nessa ciência (nas palavras de Sober [1997], ‘outbreaks of lawlessness’). A partir da década de 1990, em particular, o debate a este respeito provocou interesse

crescente e levou a avanços importantes, alguns dos quais discutiremos neste artigo. Esta nova rodada de controvérsias surgiu na esteira da ênfase dada à contingência nos processos evolutivos por autores como Stephen Jay Gould, Richard Lewontin e outros, envolvidos na reestruturação da biologia evolutiva das últimas três décadas.

Além do problema da contingência evolutiva, outro aspecto das generalizações biológicas que coloca em questão se elas são ou não leis, diz respeito ao fato de que toda generalização na biologia apresenta exceções, freqüentemente em número considerável. Nem mesmo uma generalização como a primeira lei de Mendel é universal: alguns organismos diplóides que se reproduzem sexuadamente e, assim, caem no domínio dessa generalização, não segregam todos os seus genes em proporções mendelianas. É o caso, por exemplo, de drosófilas que apresentam distorção de segregação.

Diante desse cenário, muitos filósofos da ciência optaram por uma compreensão da construção do conhecimento em biologia como uma aplicação gradual de modelos abstratos, e não como uma aplicação sistemática de leis universais (*e.g.*, Kitcher 1984, Rosenberg 1985, Brandon 1990). Entre os cientistas, encontramos em Mayr (1982, 1988, 2005), por exemplo, o argumento de que foi a subordinação da biologia ao modelo da física que levou à ênfase na busca de leis. Para Mayr (*e.g.*, 2005, p. 43), a biologia não apresenta leis naturais universais e tampouco se mostra tão afeita ao determinismo quanto as ciências físicas. Mayr destaca, entretanto, que a biologia também postula regularidades, embora elas não tenham, para autores como Smart (1963) e Beatty (1995), o mesmo estatuto das leis físicas. Ele considera, ainda, que as leis têm um papel pequeno na construção das teorias biológicas, em conseqüência de uma série de fatores, como o papel do acaso e da aleatoriedade nos sistemas biológicos, a singularidade de muitos fenômenos nos sistemas vivos, a natureza histórica dos eventos e, em particular, o fato de a maioria das teorias em biologia serem baseadas em conceitos, e não em leis. Contudo, a tese de que a maioria das teorias biológicas se baseia em conceitos pode ser um efeito colateral da ausência de reconhecimento da natureza específica das generalizações aplicáveis aos sistemas vivos. Na ausência de tal reconhecimento, a busca por leis pode ter restringido-se a proposições universalmente válidas,

as quais são, de fato, raras na biologia. Devemos considerar, no entanto, que generalizações parecem ter um papel central em algumas das tarefas mais importantes da ciência, como explicar e prever (Waters 1998). Portanto, parece razoável supor que a biologia deva estruturar-se, assim como a física e a química, em torno de generalizações, ainda que estas não tenham a mesma natureza das leis físicas e químicas. Isso torna ainda mais importante esclarecer a natureza das generalizações biológicas.

A despeito de todas as controvérsias, os biólogos continuam a generalizar. Não somente em livros-texto, mas também em periódicos especializados, generalizações biológicas e suas implicações são apresentadas e discutidas todo o tempo. É evidente, assim, que generalizações empíricas desempenham importantes papéis na investigação e compreensão científica do mundo biológico. Desse modo, em vez de simplesmente descartar tais generalizações porque não satisfazem certos critérios para a atribuição do estatuto de leis a proposições gerais que foram derivados da física, é de fundamental importância reconhecer a existência e analisar a natureza e o papel de tais generalizações.

O que dissemos acima em termos gerais, sobre a biologia, mostra-se certamente pertinente à ecologia. Foram publicados nos últimos anos vários trabalhos interessantes relacionados, de um modo ou de outro, à questão da existência e do estatuto de leis ecológicas.<sup>3</sup> Um dos objetivos deste artigo é contribuir para o diálogo entre os tratamentos das generalizações biológicas na literatura de filosofia da ciência e na literatura ecológica. Minha intenção fundamental neste artigo é produzir uma revisão que sirva como um guia de estudo crítico dos debates sobre o estatuto das leis na literatura ecológica e apontar algumas contribuições cruciais da filosofia da ciência para estes debates.

Inicialmente, discutirei criticamente uma série de trabalhos sobre generalizações na ecologia encontrados na literatura ecológica. Em seguida, examinarei alguns desenvolvimentos que tiveram lugar na discussão epistemológica sobre o estatuto das leis biológicas nos últimos quinze anos. Minha expectativa é que o diálogo entre estes campos de debates possa iluminar reciprocamente ecólogos e filósofos da ciência que têm dirigido seus esforços à discussão das generalizações na biologia e, em particular, na ecologia.

## OS DEBATES SOBRE LEIS ECOLÓGICAS

A literatura ecológica tem sido palco de uma discussão crescente sobre alguns pontos centrais para a epistemologia e metodologia da ecologia: esta ciência deve buscar leis, ou, como prefiro, generalizações? Ou ela deve limitar-se a estudos de casos? Existem realmente leis ecológicas (e algumas já teriam sido inclusive formuladas)? Ou a natureza dos sistemas ecológicos é tal que impede a construção deste tipo de generalização? A estas questões, eu adicionaria algumas que não foram colocadas nesta literatura, ou, quando o foram, apareceram de forma tímida: Se a ecologia não puder, de fato, construir proposições gerais com a forma das leis físicas, não poderia esta ciência ter acesso a outros tipos de generalizações? Se sim, quais seriam elas? Se a ecologia for realmente capaz de realizar apenas estudos de casos, ela seria uma ciência, ou não seria mais do que uma história natural, em estado anterior à construção de corpos de conhecimento científico? Estas serão questões que nos ocuparão ao longo deste artigo.

Para Colyvan & Ginzburg (2003a, p. 649), duas razões podem ser apontadas para a atração recentemente exercida por esta questão sobre ecólogos e biólogos: de um lado, a proposição recente de uma série de candidatas a leis ecológicas, como as relações alométricas da macroecologia ou as equações da dinâmica de populações, coloca questões sobre o estatuto de tais possíveis leis no centro das preocupações dos pesquisadores engajados na construção de teorias ecológicas. Além disso, uma questão mais geral termina por frequentar estes debates: afinal, a ecologia é ou não uma ciência baseada em leis?

A segunda razão diz respeito à preocupação de que, se a biologia e a ecologia não possuírem leis, elas serão qualitativamente diferentes de ciências como a física, tomada como modelo de ciência desde o século XVII, e, mais importante do que isso, elas não poderiam gozar do sucesso da física, que pode ser relacionado ao poder explicativo, preditivo e heurístico de suas generalizações. Para alguns, até mesmo uma conclusão mais radical poderia ser tirada: a de que, na ausência de leis, a biologia e a ecologia poderiam não ser sequer ciências (Smart 1963, Murray 1999a, 2000, 2001). Não há mais justificativas, contudo, para que nos prendamos à física

como modelo de ciência. Uma das conseqüências do crescimento da filosofia da biologia nos últimos vinte anos é que a cientificidade desta ciência não se encontra mais em questão. Em vez de uma filosofia da ciência monolítica, que busca derivar do modelo da física cânones para todas as ciências, temos hoje uma diversidade de filosofias das ciências, que procuram compreender as particularidades de cada grande ramo da empreitada científica, ainda que se possa sustentar uma unidade da ciência – que, em minha visão, se dá muito mais no plano axiológico, em termos de um conjunto de valores que todas as comunidades científicas compartilham, do que num plano epistemológico e metodológico. Desta perspectiva, a biologia nada deve ao modelo da física. Contudo, isso não significa que alguns requisitos caros à natureza do conhecimento científico possam ser postos de lado. Um deles é o requisito da generalidade, que nos permite, afinal, extrapolar o conhecimento das situações que foram investigadas para novas situações e, portanto, torna possível a explicação e a previsão, tarefas cognitivas entre as mais importantes das ciências. Portanto, mesmo que a biologia não apresente leis com a mesma natureza das leis físicas, é preciso construir uma compreensão apropriada da natureza das generalizações biológicas. A biologia e, em particular, a ecologia não deixariam de ser ciências, caso não apresentassem generalizações com a mesma forma das leis físicas, mas defendo a tese de que elas deixariam de ser ciências caso abrissem mão da busca de generalizações, em favor de estudos de casos particulares apenas, como propõem alguns autores (Schader-Frechette 1993, 1994, Sarkar 1996).

O consenso entre os ecólogos envolvidos neste debate é de que existem leis ecológicas, ainda que não se encontre consenso sobre quais seriam estas leis. Em muitos artigos, os autores defendem suas candidatas favoritas a leis ecológicas, algumas das quais aparecerão nas próximas páginas. Entre os autores que afirmam que a natureza dos sistemas ecológicos torna impossível a construção de generalizações com a forma de leis, o argumento típico consiste em destacar a complexidade e a variabilidade espacial e temporal dos fenômenos ecológicos (*e.g.*, McIntosh 1987, Peters 1991, Shrader-Frechette & McCoy 1993, 1994, Hansson 2003). Como nos lembra Lange (2005), a oposição entre estas duas tendências na literatura ecológica remonta à

própria constituição histórica da ecologia. Esta ciência foi sempre marcada por uma tensão entre um pluralismo teórico, que valoriza os estudos de casos, e a aspiração de construir modelos gerais e unificadores (Kingsland 1995).

#### *EXISTEM LEIS GERAIS NA ECOLOGIA? – A PROVOCAÇÃO DE LAWTON*

Um dos artigos sobre a existência de leis ecológicas que teve grande impacto na literatura recente foi Lawton (1999). Para Ghilarov (2001), Lawton colocou de forma ousada uma questão que esteve entre as preocupações de gerações de ecólogos, mas foi também evitada, talvez pelo temor de que o questionamento sobre a existência de leis gerais na ecologia pudesse expor uma fragilidade sua enquanto ciência.

Lawton parte de uma definição de ‘lei’ em dicionário, o que não é, decerto, um bom ponto de partida para a abordagem de um problema epistemológico. A definição que ele emprega é a seguinte: “formulação generalizada baseada em uma série de eventos ou processos cuja recorrência regular é observada sob certas condições; uma tendência amplamente observável” (p. 177). Ao longo de seu artigo, ele argumenta que a ecologia apresenta muitas leis nesse sentido, mas estas leis dificilmente são verdadeiras em sentido universal, ou seja, elas não são aplicáveis em todos os lugares, tempos e escalas, como se supõe que as leis físicas o sejam.<sup>4</sup> É neste ponto que a contingência entra em seu argumento: padrões ecológicos e as leis, regras e mecanismos subjacentes a eles são contingentes aos organismos envolvidos e ao ambiente no qual eles vivem. Ele parece ver a falta de leis universais como um problema para a ecologia, quando comparada a outras ciências, particularmente, à física: “partes da ciência, áreas da física, em particular, possuem leis universais profundas, e a ecologia tem uma profunda inveja, porque não as tem” (Lawton 1999).

Lawton (1999) também defende que a descoberta de padrões e leis gerais nos sistemas ecológicos requer que se dê menos atenção à ecologia de comunidades, dirigindo-se mais esforço de investigação à macroecologia. Além disso, é necessário, em sua visão, apoiar-se menos no reducionismo e na manipulação experimental. Embora não tenhamos espaço para

adentrar todas as questões epistemológicas complexas que a posição defendida por Lawton implica, vale a pena mencionar as bases sobre as quais ele apóia esta conclusão. Ele argumenta, primeiro, que a contingência é mais facilmente manuseável em níveis mais simples da hierarquia ecológica, ou seja, na ecologia de populações, particularmente em modelos que se ocupam da dinâmica populacional de espécies únicas ou de pequeno número de espécies. Nos níveis hierárquicos de que se ocupa a macroecologia, considerando grandes conjuntos de espécies, em grandes escalas espaciais e/ou temporais, a contingência se torna, mais uma vez, manuseável. Para Lawton, a contingência se torna intratável exatamente nas escalas intermediárias das quais se ocupa a ecologia de comunidades, que consegue construir, quando muito, pouco mais do que generalizações fracas, de aplicabilidade bastante limitada. Tendo-se em vista seus argumentos contrários ao reducionismo, pode-se ver claramente como ele deriva sua conclusão a favor de uma ênfase na macroecologia.

É notável como o argumento de Lawton traz à baila uma série de questões de natureza epistemológica: sobre o estatuto das generalizações em ecologia, em face de sua contingência e ausência de universalidade; sobre as contribuições e os limites do reducionismo; sobre a natureza dos métodos experimentais e sua aplicabilidade nos sistemas complexos que os ecólogos investigam. Em vista disso, dever-se-ia esperar uma presença significativa da literatura em filosofia da ciência que se ocupa destes temas. Contudo, examinando-se a lista de referências de Lawton (1999), encontramos um trabalho pertinente à filosofia da ciência – usando um critério bastante inclusivo –, em 174 referências citadas. Trata-se de um trabalho que não aborda os problemas epistemológicos centrais aos argumentos de Lawton, mas controvérsias sobre a abordagem gleasoniana na própria ecologia (McIntosh 1995). A mesma situação – que considero indesejável – será observada numa parte dos artigos discutidos abaixo, mas felizmente também há alguns autores que dialogam fortemente com a literatura filosófica, embora nem sempre com bons resultados.

#### *UMATO DE CORAGEM? – MURRAY E A BUSCA DE LEIS UNIVERSAIS*

Em uma série de artigos, Murray (1992, 1999a, 1999b, 2000, 2001) discute a questão das leis universais na ecologia e biologia evolutiva. Ele inclui Lawton entre os muitos biólogos que acreditam que leis biológicas com essa natureza não são possíveis, em virtude da complexidade do mundo biológico, mas considera que a explicação para o fracasso na proposição de leis universais e teorias com capacidade preditiva reside, antes, numa explicação alternativa que o próprio Lawton (1999, p. 182) menciona: ecólogos não estariam tendo coragem de tentar. Tendo em vista sua condição de pesquisador que “... publicou leis universais e teoria preditiva em ecologia e evolução” (Murray 2000, p. 403), Murray julga que o problema dos biólogos reside num bloqueio psicológico, produzido por sua formação fortemente marcada pela idéia de que sistemas biológicos são enormemente complexos e leis e previsões universais não podem ser conseguidas no caso deles. Para ele, se biólogos tiverem coragem de buscar explicações baseadas em leis universais, a ecologia e a biologia evolutiva poderão se tornar “de ciências brandas (*soft*) sem capacidade de previsão a ciências duras (*hard*) preditivas” (Murray 2000, p. 403).

A abordagem da ciência de Murray é fortemente popperiana, como ele próprio declara. Em seu artigo de 2001, comenta que tanto filósofos da biologia quanto biólogos que se ocupam de filosofia ignoram ou rejeitam a filosofia de Popper, e afirma não entender “... por que a lógica de Popper, a estrutura dedutivo-nomológica da teoria e a visão tradicional (*received view*) geraram tantas críticas” (p. 266). As razões para sua perplexidade parecem residir em sua apreciação de que estas posições metacientíficas fornecem as bases para a condução bem sucedida da pesquisa científica pelos físicos, que, em sua visão, seguem estritamente os preceitos de Popper.

Murray apresenta leis biológicas que considera universalmente verdadeiras e capazes de produzir previsões testáveis. Elas são parte de seu projeto de construir uma teoria da evolução por seleção natural em forma sintática, dedutivo-nomológica, preditiva, com leis biológicas universais, condições iniciais, previsões deduzidas das leis e condições iniciais, e fatos empíricos que verificam as previsões (Murray 2001, p. 263). Esta é, para ele, uma teoria científica satisfatória, por ser

“uma teoria popperiana” (p. 263); Elas falseariam a generalização indutiva de que biólogos não podem desenvolver teorias preditivas com leis universais porque não o fizeram até então (p. 262). Ele propõe três leis da evolução e duas leis da dinâmica de populações.

Sua ‘primeira lei da evolução’ é a seguinte: “Genótipos e fenótipos com maiores parâmetros malthusianos aumentam mais rapidamente do que aqueles com menores parâmetros malthusianos” (Murray 2000, p. 403).<sup>5</sup> Ele destaca que se trata da teoria darwiniana da evolução expressa em uma forma que permite tratamento matemático e previsão quantitativa. A ‘primeira lei da evolução’ de Murray é um enunciado *a priori*, i.e., analítico, cujo valor de verdade decorre do fato de que ele segue dedutivamente de certo conjunto de premissas, sendo uma verdade matemática ou lógica.<sup>6</sup> Contudo, a concepção de ‘lei’ tipicamente utilizada nos debates sobre leis biológicas é aquela do empirismo lógico, de acordo com a qual leis são generalizações verdadeiras que não se referem a qualquer lugar, tempo, ou indivíduo, têm força contra factual<sup>7</sup> e são empíricas (Sober 1997, p. S458). Uma proposição empírica tem natureza sintética, ou seja, seu valor de verdade decorre da disponibilidade de evidências empíricas a seu favor, e, portanto, só pode ser determinado *a posteriori*. É possível deixar de lado a concepção empirista lógica padrão e propor, como Sober (1997), que o requisito de que leis sejam empíricas fique em aberto, admitindo-se leis que sejam enunciados analíticos. Neste caso, a ‘primeira lei da evolução’ de Murray seria, de fato, uma lei. O próprio Sober (1997) constrói um argumento, em seu artigo a favor da tese de que o processo evolutivo é governado por leis que são verdades matemáticas, demonstráveis *a priori*, como o teorema fundamental da seleção natural de Fisher. Contudo, a proposta de Sober não teve grande aceitação nos debates atuais sobre o estatuto das leis biológicas (e.g., Brandon, 1997; Mitchell, 1997, 2003).

A ‘segunda lei da evolução’ universalmente verdadeira proposta por Murray é, como a primeira, um enunciado analítico: “Na ausência de mudanças nas forças de seleção, uma população alcançará um estado evolutivo de equilíbrio dinâmico (*steady state*) e ali permanecerá” (Murray 2000, p. 405). Sua ‘terceira lei da evolução’, em contraste, é um enunciado sintético: “A seleção favorece aquelas fêmeas que

colocam tão poucos ovos ou criam tão poucos rebentos quanto são consistentes com a substituição (*replacement*), porque elas terão maior probabilidade de sobreviver até procriarem novamente, e seus rebentos terão a maior probabilidade de sobreviver até procriarem, ou ambos” (p. 405). Esta é uma proposição com conteúdo empírico e deve ser, de fato, avaliada mediante testes empíricos, como Murray defende. Contudo, o que pode ser posto em dúvida é se este é realmente um enunciado universalmente verdadeiro, ou, alternativamente, poderia ser apoiado empiricamente em algumas populações, mas não em outras. Embora o próprio Murray não tenha, como afirma, encontrado evidência contrária a esta proposição, o fato de que ela contradiz hipóteses defendidas na literatura quanto ao tamanho das ninhadas, embora não permita que a ‘lei’ postulada por Murray seja descartada apenas por essa razão, nos leva naturalmente a considerar com cautela a afirmação peremptória de sua universalidade. Parece prematuro assumir que ela é universal apenas porque o próprio pesquisador que a defende não encontrou evidência contrária a ela, ao passo em que não é inadequado, realmente, considerá-la como uma proposição que deve ser testada empiricamente, por tratar-se de um enunciado sintético.

Murray também apresenta duas leis da dinâmica de populações que, como no caso de suas duas primeiras leis da evolução, são enunciados analíticos, e não sintéticos.<sup>8</sup> A primeira lei, por exemplo, afirma que “uma população com taxas de sobrevivência específicas para idade e tamanho inicial de coortes constantes se mantém num estado de equilíbrio dinâmico” (p. 405). Neste caso, Murray chega a apresentar uma apreciação desta lei que se aplica a todos os enunciados analíticos que propõe: “A lei apresentada aqui é um truísmo matemático” (p. 405). Isso não torna essa proposição (e nem as demais) menos valiosa. Elas podem, de fato, contribuir para a compreensão dos sistemas vivos. Trata-se apenas de que, sendo enunciados analíticos, não é evidente que essas afirmações sejam leis, caso admitamos, como tem sido mais freqüente na literatura filosófica, que leis são enunciados empíricos.

A ausência de uma base epistemológica apropriada para a concepção de ‘lei’ de Murray se torna evidente quando ele trata leis universais simplesmente como

enunciados que são consistentes com o que conhecemos e são avaliados com base em previsões derivadas deles. Ele argumenta ainda que leis universais não precisam explicar todas as coisas, não sendo um critério para sua rejeição que elas não o façam (p. 406). Contudo, ele não deixa claro como estas afirmações poderiam ser compatibilizadas com a universalidade de uma proposição; afinal, uma proposição universal deve satisfazer requisitos muito mais estritos que os mencionados por ele, podendo ser estendida das situações nas quais se observou que ela se aplica para todas as situações, em quaisquer tempos, escalas e lugares. Uma lei dessa natureza deve ter um domínio de aplicação com alcance ilimitado e não pode comportar exceções. Ora, estes são critérios muito mais exigentes do que a consistência empírica e a testabilidade das leis, às quais Murray recorre em seus argumentos. Leis que não são universais, i.e., que têm domínio de aplicação restrito e admitem exceções, podem, ainda assim, ser empiricamente consistentes e testáveis. É o caso, por exemplo, das leis de Mendel. Torna-se evidente, assim, que toda a argumentação de Murray é marcada por fragilidades derivadas de um problema epistemológico de fundo, sua concepção inadequada de ‘lei universal’.

Em um artigo mais recente, Murray (2001) constrói um argumento mais detalhado sobre sua posição a respeito da natureza das leis e teorias na biologia. Trata-se de um argumento que dá vez a inúmeras polêmicas de um ponto de vista epistemológico e não terei como adentrar todas aqui. Desse modo, apenas indicarei os aspectos polêmicos e concentrarei minha atenção sobre o tema do presente artigo, a existência e a natureza das leis ecológicas.

Murray divide as generalizações científicas em duas categorias: de um lado, leis descritivas, empíricas ou existenciais, propostas com base no método indutivo (sendo, portanto, ‘leis indutivas’), como a lei de Boyle ou as leis alométricas. Estas leis seriam derivadas de observações, referindo-se, por isso, a observáveis (como pressão e volume, temperatura e tamanho).<sup>9</sup> De outro lado, generalizações que são, em suas palavras, ‘freqüentemente imaginativas’ e formam os axiomas de uma teoria dedutiva, como as leis de Newton. Elas se refeririam, com freqüência, a não-observáveis, como a inércia e a gravitação.<sup>10</sup> Leis empíricas descrevem regularidades naturais, mas não

as explicam. Elas são explicadas, argumenta Murray, quando submetidas às leis explicativas axiomáticas, como ocorreu com as leis de Kepler e Boyle, explicadas com base na teoria de Newton (p. 268). Outra diferença entre leis empíricas e teóricas diria respeito ao seu grau de aplicabilidade: enquanto as primeiras têm aplicabilidade limitada, as últimas são largamente aplicáveis, sendo, no fim das contas, universalmente explicativas. Murray também destaca que leis teóricas respondem questões da forma “por quê?” e, logo, fornecem explicações científicas, enquanto leis empíricas respondem questões da forma “o quê?” sendo, portanto, descritivas. Na medida em que se referem à não-observáveis, como inércia ou seleção natural, leis teóricas devem ser testadas mediante dedução de conseqüências e teste empírico das previsões derivadas. A distinção entre leis empíricas e teóricas fornecida por Murray é, de fato, uma contribuição interessante, ajudando a evitar confusões desnecessárias (cf. pp. 268-269). Convém apenas não comprometer esta distinção com suas visões confusas sobre métodos indutivos e dedutivos.

A biologia, segundo este autor, tem muitas generalizações empíricas, mas “... poucas leis universais reconhecidas, se é que tem alguma, e virtualmente nenhuma teoria dedutiva” (p. 255). Ele está equivocado, contudo, em sua oposição entre biologia e física. Ambas apresentam generalizações empíricas e teóricas. É correto afirmar, por exemplo, que uma equação correlacionando o tempo de sono e o tamanho de mamíferos apenas descreve uma regularidade empírica, mas não a explica. Contudo, o mesmo pode ser dito de uma lei como “a resultante das forças que agem num corpo é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida”, a segunda lei de Newton. Esta lei não explica esta correlação, mas apenas a descreve.<sup>11</sup> Trata-se de uma generalização empírica, com a mesma forma da generalização biológica mencionada acima, embora com domínio de aplicação maior, ou seja, com maior generalidade. Não é nesse ponto que haveremos de encontrar diferenças entre biologia e física.

Murray reproduz, nesses termos, uma crítica freqüente à biologia, que foi inclusive usada por autores como Smart (1963), para negar a sua cientificidade. Ele afirma, contudo, que não pretende dizer que as ‘generalizações indutivas’ dos biólogos não são

científicas, porque “toda ciência deve começar desta maneira, descrevendo e organizando os fatos aparentes em padrões” (Murray 2001, p. 261). Além disso, Murray não pretende em absoluto negar a cientificidade da biologia; ao contrário, ele deixa clara sua pretensão de defender o estatuto científico do princípio unificador central da biologia, a seleção natural, mediante a construção de uma teoria evolutiva que seja um sistema axiomático, dedutivo, com leis, condições iniciais e previsões que nada deveriam dever às da física (p. 263).

Ele também menciona aquela que tem se mostrado a posição dominante tanto entre filósofos da biologia quanto entre biólogos: a de que há diferenças importantes entre as teorias biológicas e físicas. Murray não está disposto a aceitar esta posição. Ele trata as generalizações teóricas, que se ocupam de não-observáveis, como objetos de uma biologia teórica (i.e., explicativa, ver p. 283) que, por não possuir “... leis universais e teoria preditiva” (p. 255), não seria realmente ciência (p. 271). Murray está, contudo, perdido em meio a um grande número de equívocos e confusões epistemológicas, tantas que deveria estar mais interessado em questões filosóficas que, de maneira um tanto arrogante, considera laterais (cf. p. 271). Por exemplo, para ele, hipóteses que não são universais são *ad hoc*, i.e., “são testadas diretamente por observação ou experimento” (pp. 257, 271).<sup>12</sup> Contudo, uma hipótese *ad hoc* é, na verdade, uma afirmação não-testável; assim, Murray se equivoca no uso do termo.

Murray está tão comprometido com a idéia controversa de que somente leis universais podem ser testáveis e apresentar poder preditivo e explicativo que chega a colocar de lado a teoria geral da explicação científica desenvolvida por Hempel (1965) que, não obstante as críticas que sofreu, teve papel fundamental no desenvolvimento dos modelos formais de explicação (Salmon 1990). Para ele, “infelizmente, o modelo dedutivo nomológico de Hempel-Oppenheim foi generalizado no modelo de lei de cobertura (*covering-law model*), que inclui quatro tipos de explicação: dedutiva-universal (i.e. D-N), dedutiva-probabilística, indutiva-universal e indutiva-probabilística” (Murray 2001, p. 268). Ele declara que, “como um popperiano, não tem interesse pelas três últimas formas do modelo de lei de cobertura”, mas somente no modelo D-N

que, segundo ele, corresponde ao método utilizado pelos físicos.

Há várias inconsistências neste argumento que vêm somar-se a tantas outras confusões que encontramos nos escritos de Murray. Primeiro, o modelo dedutivo-nomológico, enquanto um modelo de explicação científica, não pode ser simplesmente igualado a um método. Segundo, a distinção entre explicações de eventos particulares e explicações de proposições gerais, que desempenha papel central na distinção feita por Hempel entre vários modelos de explicação, não tem papel claro nos argumentos de Murray. Terceiro, permanece o problema do que, afinal de contas, seria uma ‘lei universal’ para Murray. Note-se que, nesta passagem, ele simplesmente desconsidera explicações de natureza estatística, como se fenômenos biológicos pudessem ser sempre tratados de modo dedutivo-nomológico, ou seja, em termos determinísticos e sem limitações no poder explicativo das proposições gerais (ou seja, sem fenômenos que não se comportam de acordo com a lei biológica, i.e., sem as freqüentes exceções que marcam toda a teorização em biologia). Em princípio, isso é compatível com seus outros argumentos, mas o problema é que, nesse caso, sua concepção do que seria uma lei universal vai muito além da visão que apresenta em seu artigo anterior, de acordo com a qual uma lei universal é um enunciado consistente com o que conhecemos, avaliado com base em previsões derivadas dele (Murray 2000, p. 406).

Murray (2001) considera que os biólogos utilizam o ‘método indutivo baconiano’ em vez do ‘método dedutivo’, que seria característico da física. Ele pretende chamar a atenção dos biólogos para esta distinção e sua relevância para a apreciação da cientificidade da biologia, na medida em que “filósofos da ciência [...] usualmente igualam ‘ciência’ com física” (p. 257). Ele se coloca lado a lado com estes filósofos, quando considera que hipóteses sobre não-observáveis (como *fitness* e seleção natural) não podem ser consideradas científicas se os pesquisadores não deduzem fatos empíricos a partir delas. Contudo, embora a física tenha sido de fato tomada como modelo de ciência pela vasta maioria dos filósofos da ciência até os anos 1970, desde então uma quantidade crescente de filósofos da biologia tem argumentado, com sucesso, que as ciências biológicas têm forte poder explicativo e heurístico, e constituem um modelo distinto

de ciência, em relação à física, não sendo possível hierarquizar estas duas disciplinas, de modo a considerar uma ou outra mais científica. Este problema lança dúvida, na verdade, sobre todo o procedimento argumentativo de Murray. Afinal, para responder à questão fundamental de seu trabalho: ‘quais são os melhores métodos para obter explicações satisfatórias de fatos biológicos?’ ele toma a física como modelo e se dedica a uma comparação dos métodos usados por biólogos e físicos (Ver tb. Murray 1992). Ele chega a afirmar explicitamente que toma “a Teoria do Movimento de Newton como uma teoria científica explanatória modelo” (Murray 2001, p. 262). Não é surpreendente, assim, que sua conclusão de que a biologia teórica não é científica se apóie na observação de que ela não segue o modelo de ciência da física.<sup>13</sup>

Murray julga que, embora a biologia, como hoje praticada, é diferente da física, não é esta a situação desejável. Para ele, a biologia deve almejar leis universais e teorias preditivas, buscando construí-las pelos mesmos procedimentos usados pela física. Em sua visão, “a estrutura lógica da biologia [...] não deve ser diferente daquela da física, porque a lógica transcende o objeto das ciências” (p. 271. Ênfase no original). Isso mostra como Murray está restrito a concepções logicistas da filosofia da ciência, que a limitam a uma lógica da ciência, sem reconhecer muitas outras fontes de diferenças entre a física e a biologia que podemos encontrar nas contribuições de filósofos da ciência pós-positivistas, após a virada historicista da década de 1960. Esta tradição se afastou do logicismo ao destacar a interdependência da história e filosofia das ciências, sintetizada na famosa máxima de Imre Lakatos ([1978] 1999, p. 102): “A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega”.

Além disso, Murray está certamente equivocado ao afirmar que a biologia ainda utiliza o método indutivo preconizado por Bacon. Para apreciar este ponto, basta verificar, de um lado, como o trabalho de Darwin, de importância histórica óbvia na constituição tanto das teorias como das práticas das ciências biológicas, foi acusado de não seguir os preceitos daquele método, exatamente porque mostrava características de um procedimento hipotético-dedutivo (ver Hull 1973). De outro, convém lembrar que Newton, saudado por Murray como um usuário de métodos ‘dedutivos’, foi

historicamente tratado como um baconiano. Parece simplista, assim, afirmar que os biólogos utilizam ainda hoje o método indutivo baconiano mais de um século após o mesmo ter sido posto de lado.

Para Murray, a grande quantidade de hipóteses ‘*ad hoc*’ que caracterizaria a biologia tornaria os biólogos ‘indutivistas relutantes’, na medida em que não atribuem prioridade à busca de generalizações. Além disso, enquanto biólogos enfocariam principalmente a verificação, físicos, como ‘unificadores dedutivistas’, buscariam a falsificação de suas hipóteses. Esta oposição entre um verificacionismo dos biólogos e um falsificacionismo dos físicos também se mostra controversa. Ao caracterizar os biólogos como verificacionistas, Murray se apóia em descrições do método científico encontradas em manuais introdutórios de biologia (p. 258). Contudo, pode ser colocado em dúvida se tais manuais de fato representam a visão metodológica média dos biólogos. Considere-se, por exemplo, que Popper, com cujas idéias o próprio Murray está fortemente comprometido, exerceu tal influência sobre os procedimentos metodológicos usados pela comunidade de biólogos que os testes de hipóteses que estes realizam estão tipicamente focados sobre a aceitação de hipóteses nulas e, por conseguinte, sobre a falsificação das hipóteses sob teste. O próprio Murray comenta (p. 271) que Popper é possivelmente o filósofo mais citado na literatura biológica, ainda que busque mostrar problemas na interpretação dada por biólogos às idéias daquele filósofo.<sup>14</sup>

Se formos além de exemplos de metodologia científica apresentados em manuais introdutórios – como devemos sempre ir, no bom argumento filosófico –, poderemos ver que biólogos e físicos encaram o teste de suas hipóteses de modo muito mais similar do que Murray admite. Em ambos os casos, eles não agem como a máquina cética estrita preconizada por Popper, sempre pronta a aceitar a falsificação de suas hipóteses. Ao contrário, eles mostram o tipo de resistência à falsificação de suas hipóteses mais centrais que Kuhn descreve em sua obra *A Estrutura das Revoluções Científicas* ([1970] 1996).<sup>15</sup> Isso pode causar espanto, se considerarmos que os manuais usados na formação dos biólogos caracterizam o método científico em termos que se aproximam do indutivismo ingênuo descrito por Chalmers ([1982]

1995), quando não o apresentam de forma literal: a ciência começaria com observações feitas sem influência de idéias preconcebidas e, a partir destas, construiria proposições cada vez mais gerais que se tornariam mais e mais dignas de confiança, quanto mais evidências as confirmassem. Não é difícil, todavia, entender por que há discrepâncias entre o que estes manuais afirmam e a prática dos biólogos: a principal influência sobre as visões dos biólogos praticantes sobre os métodos científicos não vem de tais manuais, mas de seu envolvimento com grupos de pesquisa, ao longo de sua formação, nos níveis tanto de graduação quanto de pós-graduação. Não me parece correto, em suma, que os biólogos tipicamente usem em suas pesquisas o método indutivo baconiano ensinado nestes manuais, ao contrário do que sugere Murray (2001, p. 259). É óbvio que esta conclusão pode ser mantida mesmo que detectemos exemplos de biólogos cujas práticas se aproximem daquelas preconizadas por Bacon, como Murray argumenta ser o caso de David Lack (p. 276).

Murray também se refere a “uma forma mais sofisticada de indução que foi explicitamente descrita como o método científico dedutivo” (p. 259). Este método é encontrado, por exemplo, em Peters (1991), que Murray critica por ter entendido de maneira equivocada a filosofia popperiana. Isso porque Peters estaria descrevendo na verdade um método indutivo, que Murray explica como segue:

“O que Peters descreve é o método indutivo, sem qualquer diferença em relação àquele usado para determinar se ‘todos os cisnes são brancos’. Ele coletou alguns casos, os generalizou por indução em uma ‘teoria’ e testou a teoria buscando casos adicionais. Isso não é diferente de buscar cisnes adicionais no mundo” (Murray 2001, pp. 260-261).

Murray se equivoca, contudo, por não ter considerado as implicações da distinção entre contexto da descoberta e contexto da justificação para o argumento de Peters. Para descobrir ou propor uma generalização, não há problema algum em usar indução a partir de uns poucos casos. Embora a indução tenha sido descartada por Popper como um procedimento de verificação, no caso da descoberta, Popper é enfático em afirmar que ela não está sujeita aos métodos. Portanto, nada proíbe que se derive uma generalização por indução. Contudo, esta generalização

precisará ser testada, no contexto da justificação, mediante a busca de evidências adicionais, independentes daquelas usadas em sua proposição. Ora, é precisamente isso que Peters sugere que seja feito. Em suma, não me parece que Peters tenha interpretado Popper equivocadamente, como afirma Murray, exatamente por causa de um aspecto que, curiosamente, o próprio Murray menciona posteriormente em seu artigo: “Não há regras ou métodos que garantam a descoberta” (p. 262).

Vale a pena ressaltar que a visão de Murray é estritamente popperiana, sem ter em conta sequer desenvolvimentos do próprio falsificacionismo popperiano, como a metodologia dos programas de pesquisa de Lakatos. Ele se contrapõe, por exemplo, a uma afirmação de Fahrig (1988, p. 129) que seria admitida pela grande maioria dos filósofos da ciência pós-positivistas: “... refutações de [uma] teoria não a falsificam ou invalidam necessariamente”. Mais à frente, esta interpretação de sua posição é reforçada por sua crítica às hipóteses biológicas em virtude de as refutações não levarem à sua ‘morte’.<sup>16</sup> É curioso que sua crítica a Fahrig ou à sobrevivência de hipóteses biológicas mantidas apesar de refutações contradiz o reconhecimento, em trecho posterior de seu artigo, de que “cientistas não rejeitam imediatamente uma teoria, que explica com sucesso um largo espectro de observações, por causa de uma ou duas anomalias. Eles mantêm uma teoria falha, mas ainda útil, até que uma alternativa melhor esteja disponível” (p. 265). Não é claro, assim, por que Fahrig estaria errado ao afirmar que refutações de uma teoria não a falsificam ou invalidam necessariamente.

A necessidade de derivar, por meio de dedução, previsões a partir de hipóteses para testá-las de fato, coloca um requisito importante a respeito da forma lógica das hipóteses<sup>17</sup>, ou seja, somente hipóteses universais podem resultar em previsões por meio de procedimentos dedutivos. Isso porque, numa dedução, a verdade das conclusões segue necessariamente da verdade das premissas (i.e., deduções são demonstrativas) e um enunciado não-universal como, por exemplo, uma hipótese estatística, pode ser verdadeiro e as conclusões derivadas dele por um argumento, falsas e, ainda assim, não haver qualquer contradição. Esta é uma propriedade de argumentos indutivos, e não dedutivos. Logo, previsões somente

podem ser derivadas de uma hipótese estatística por argumentos indutivos. A solução não é, no entanto, aquela vislumbrada por Murray. Não se trata de impor uma camisa de força à biologia de tal modo que ela só trabalhe com proposições universais, não obstante a contingência e complexidade dos fenômenos biológicos. O problema é muito mais interessante residindo, como argumenta Hull (1973), no fato de que, sendo as hipóteses biológicas de natureza estatística, a derivação e o teste de previsões a partir delas devem ser apoiados em um procedimento hipotético-indutivo que ainda não foi apropriadamente explicado e formalizado pela lógica e filosofia da ciência. Hipóteses estatísticas e com domínio de aplicação restrito podem gerar previsões testáveis como a história da biologia tem mostrado. É uma tarefa da filosofia da ciência formalizar o procedimento hipotético-indutivo subjacente a estes testes e, nos últimos anos, alguns avanços têm sido feitos que podem ser vistos como apontando neste sentido (*e.g.*, Mayo 1996).

Um ponto interessante dos argumentos de Murray reside em sua afirmação de que os biólogos tendem a sustentar, equivocadamente, que os sistemas físicos são mais simples que os biológicos. O mundo físico, contudo, é extraordinariamente complexo e, argumenta Murray, “o que os físicos fazem com o mundo físico, que os biólogos não fazem com o seu, é simplificá-lo para estudá-lo” (Murray 2001, p. 266). Embora eu não concorde com Murray em que a natureza dos sistemas vivos seja tal que leis biológicas universais possam ser propostas, parece-me que ele está inteiramente correto em sua crítica à atitude de uma parte dos biólogos e – em particular, dos ecólogos – diante da complexidade, que se aproxima de uma paralisia quanto à possibilidade de construir teorias e modelos gerais, com certo grau de poder explicativo e preditivo. De fato, a modelagem de sistemas complexos depende de suposições simplificadoras que tornem possível uma compreensão geral. Há um limite no qual a simplificação se torna uma distorção e os modelos e as teorias perdem seu poder explicativo. Contudo, a crítica a simplificações excessivas não deve levar-nos a uma estupefação holística, que negue a necessidade de simplificar os sistemas naturais para compreendê-los com o alcance geral que esperamos de uma teoria ou modelo científico. No fim das contas, como Murray nos lembra, se Newton não tivesse simplificado seus modelos

matemáticos para tratar de um planeta orbitando ao redor de uma estrela sua teoria do movimento, bem sucedida na compreensão de um grande espectro de fenômenos, não poderia ter sido construída. O problema dos três corpos não foi resolvido até hoje! A ecologia deve, deste ponto de vista, construir modelos e teorias gerais, buscando as simplificações mais apropriadas para determinado conjunto de tarefas cognitivas e práticas e não restringir-se a estudos de casos, como propõem alguns autores (Shrader-Frechette & McCoy 1993, 1994, Sarkar 1996).

Apoiando-se em comentários de Freeman Dyson, que considera os biólogos ‘diversificadores’, *i.e.*, “... pessoas cuja paixão é explorar os detalhes”, enquanto físicos seriam ‘unificadores’, ou seja, “... pessoas cuja paixão impulsionadora é descobrir princípios gerais que explicarão tudo” (Dyson 1988, pp. 45-46), Murray (2001, p. 266) monta mais um ataque às práticas dos biólogos. Contudo, o necessário equilíbrio entre a proposição de modelos cada vez mais parcimoniosos e a busca de modelos com grande poder explicativo não poderia demandar uma combinação adequada de princípios gerais e detalhes? Ou seja, o ideal não poderia ser um cientista com um espírito intermediário entre os unificadores e os diversificadores de Dyson e, logo, capaz de uma apreciação crítica, tanto dos esforços de simplificação excessiva quanto da hipervalorização da complexidade? Minha aposta é que este é o tipo de cientista de que precisamos.

Murray, em seus argumentos, se apóia no trabalho de filósofos, mas lamenta que estes estejam ainda mais divididos do que os biólogos, no que tange a assuntos como verificacionismo/falsificacionismo, indução/dedução e leis descritivas/explicativas. Assim, apesar de sua familiaridade com o trabalho de alguns filósofos, ele parece ter dificuldade com a natureza do método e das controvérsias filosóficas, parecendo almejar uma unidade, um grau de consenso que não parece próprio dos procedimentos de construção do conhecimento na filosofia. Além disso, seus artigos apresentam bom número de contradições e confusões no que tange à filosofia da ciência, algumas das quais mencionei acima. Ainda assim, Murray (2001, p. 270) entende estar numa posição que permite pôr de lado as críticas feitas à filosofia de Popper e à teoria da explicação de Hempel (principalmente por filósofos da ciência pós-positivistas) com base apenas no argumento de que

estas seriam resultantes da visão equivocada de que as contribuições de Hempel e Popper seriam tributárias do positivismo lógico. Este não é o espaço para detalhar as críticas feitas por inúmeros filósofos às visões popperiana e hempeliana, mas, por mais que se possa defender estas visões e rechaçar aquelas críticas, é preciso reconhecer que há razões muito mais numerosas, variadas e melhores do que um simples equívoco interpretativo, como pretende Murray. Por fim, é importante mencionar que Murray parece ver a filosofia da ciência antes como um mal necessário, do que como uma área que tem sempre muito a contribuir para a pesquisa biológica. Ela seria requerida enquanto os biólogos não se comprometem com o uso do mesmo método que teria garantido sucesso aos físicos:

“Os físicos podem ignorar, com segurança, as discussões e as preocupações dos filósofos porque seus métodos são estabelecidos na tradição e foram passados de geração a geração. Físicos têm confiança em suas teorias porque elas funcionam. [...]. Biólogos, no entanto, não podem ignorar a filosofia porque sua tradição é a indução baconiana que, até onde posso dizer, nunca foi seriamente desafiada. [...]. Um deslocamento da filosofia da biologia verificacionista para uma filosofia falsificacionista em contextos apropriados demandará que os biólogos discutam a base filosófica de suas hipóteses” (Murray 2001, p. 270).

Esta maneira de se apropriar das contribuições da filosofia está longe de ser a mais desejável. A física não pode prescindir da contribuição da filosofia como atesta, aliás, o fato de que grande parte da filosofia da ciência do século XX foi construída ou por físicos, ou sob influência direta da física, não obstante as ilusões de Murray. Nem a tradição, nem a confiança, nem a eficácia das teorias físicas fornecem, ao contrário do que pensa este autor, qualquer base apropriada para negligenciar a contribuição da filosofia. Por exemplo, as discussões sobre a realidade quântica, que marcaram a história da física no século XX e ainda se fazem presentes, mostram que os físicos levantaram e, continuam a levantar, problemas que podem beneficiar-se de aportes da filosofia. Este ponto vem somar-se a tantos outros problemas na maneira como Murray aborda os problemas epistemológicos que perpassam a construção do conhecimento em ecologia.

#### *AS 'LEIS' DA ECOLOGIA DE POPULAÇÕES – TURCHIN E BERRYMAN*

Turchin (2001, p. 23) defende a posição de que um conjunto de princípios gerais, que ele trata como ‘leis gerais’, é necessário para dar à ecologia de populações uma fundação lógica firme. Ele toma como ponto de partida comparações desfavoráveis entre a ecologia e a física, colocando, de um lado, Murray (1992), com seu argumento de que a ecologia apresenta pouco progresso porque os ecólogos não pensam como os físicos e, de outro, Quenette & Gerard (1993) e Aarssen (1997) que sustentam que biólogos não devem pensar como físicos, devido à natureza das ciências biológicas. Para Turchin (2001, p. 17), “de ambos os lados do debate, há a crença generalizada de que a ecologia é diferente da física porque (1) não possui leis gerais e (2) não é uma ciência preditiva (e, portanto, ‘dura’).”<sup>18</sup> Ele cita, então, uma série de outros autores que consideram que a ciência não apresenta leis universais ou teorias preditivas, entre eles Lawton (1999), Aarssen (1997), McIntosh (1985).

Para contrapor-se a este modo de comparar a física e a ecologia Turchin aponta, brevemente, que, em alguns campos da física, como a astrofísica, não é possível testar previsões teóricas com experimentos manipulativos, mas ainda assim há progresso científico. Ele comenta, também, que a física não é uma ciência preditiva em todos os seus aspectos, citando como exemplo os limites da previsão na meteorologia. Ele não insiste, contudo, nesta linha de argumentação, porque considera que a maneira mais produtiva de contestar as críticas à ecologia é “... simplesmente fazer ecologia e eventualmente mostrar que ela é uma ciência vigorosa, teórica e, sim, preditiva” (Turchin 2001, p. 17). Ele defende a tese de que a ecologia de populações apresenta várias proposições gerais, com a forma de leis, particularmente na dinâmica de populações, como um meio de contrapor-se à opinião largamente aceita de que a ecologia não possuiria leis gerais. Em sua visão, alguns dos princípios fundamentais dos modelos de dinâmica de populações usados pelos ecólogos desde os tempos de Lotka, Volterra e Gause, são muito similares, em termos lógicos, a leis características de certos campos da física, como a mecânica clássica e a termodinâmica. Em particular, argumenta ele, a dinâmica de populações

parece possuir um conjunto de princípios fundamentais muito similares às leis de Newton. Em sua visão, os ecólogos simplesmente não chamaram de ‘leis’ estes princípios que vêm usando pelo menos desde 1920 (p. 18).

A lei do crescimento exponencial, formulada por Malthus, é para Turchin a primeira ‘lei’ ou ‘princípio’ da dinâmica de populações. Ele a apresenta nos seguintes termos: “uma população crescerá (ou declinará) exponencialmente desde que o ambiente experimentado por todos os indivíduos na população permaneça constante” (p. 18). Após tecer considerações sobre a robustez da lei exponencial, Turchin se pergunta se ela é de fato uma ‘lei’. Sua estratégia é compará-la com a primeira lei de Newton ou lei da inércia que, argumenta Turchin, não é objeto de dúvidas quanto ao seu estatuto de lei.<sup>19</sup> Ele busca mostrar como a lei do crescimento exponencial pode ser vista como um análogo direto da lei da inércia<sup>20</sup>: primeiro, porque ambos os enunciados especificam o estado de um sistema na ausência de quaisquer influências atuando sobre ele; segundo, porque a ação de ambas as leis em situações reais é obscurecida pela complexidade dos movimentos reais dos corpos e das flutuações populacionais e, logo, não podem ser sujeitas a testes empíricos diretos; terceiro, porque os dois enunciados são auto-evidentes (pelo menos, retrospectivamente) o que levanta a suspeita de que eles sejam triviais ou tautológicos (embora, como Turchin argumenta, não seja este o caso, dado que é possível conceber um mundo alternativo no qual as primeiras leis da dinâmica de populações e da mecânica clássica seriam diferentes); quarto, porque ambas as leis fornecem a base para a construção de teorias preditivas, no caso da dinâmica de populações, para a modelagem do crescimento populacional (p. 18).

Veremos mais adiante que tanto a lei do crescimento exponencial como a primeira lei de Newton podem ser entendidas como estados de ‘força zero’, nos termos de Weber (1999). Como escreve Turchin (2001, p. 19) a lei do crescimento exponencial pode ser pensada “... como um estado nulo no qual qualquer população estaria se não houvesse quaisquer forças (= mudanças ambientais) agindo sobre ela. Ela é um equivalente direto da lei da inércia e é usada da mesma maneira como um ponto de partida ao qual todos os tipos de complicações são adicionadas”. Os

argumentos de Weber, dos quais trataremos mais adiante, contribuem para esclarecer estas propriedades das leis da inércia e do crescimento exponencial.

O segundo princípio fundamental da dinâmica de populações diz respeito, segundo Turchin (2001, pp. 20-21), à sua auto-limitação. Tratam-se dos mecanismos de regulação do crescimento populacional dependentes de densidade, que deram vez a várias controvérsias no passado. Para Turchin (1999), não obstante as controvérsias, algum grau de consenso estaria emergindo nos últimos anos. No entanto, deve-se considerar, embora Turchin não se refira a ela em seu artigo de 2001, a controvérsia entre ele e Murray (1999a, 1999b) a respeito de tais mecanismos. Para Turchin (2001), a noção de que há um limite superior além do qual a densidade populacional não pode aumentar deve ser elevada ao estatuto de um princípio fundamental por duas razões: primeiro, porque é logicamente necessária ao nível dos mecanismos populacionais e, segundo, porque é um ingrediente muito importante nos modelos de dinâmica das populações. Ele apresenta uma formalização da auto-limitação populacional e contrasta o modelo logístico com o modelo de crescimento exponencial, buscando mostrar que este último é facilmente generalizável, visto que, desde que não se introduza qualquer forma de dependência da densidade, o padrão de crescimento permanece essencialmente o mesmo.

Weber (1999) nos mostra como o fato de que leis biológicas comportam grande número de exceções, ou seja, casos que não se comportam como previsto por elas, torna necessária uma compreensão teórica, um modelo abstrato, geral, das próprias exceções. Somente dessa maneira o problema da não-testabilidade de proposições às quais é vinculada uma lista indefinida de exceções (na forma de condições *ceteris paribus*, ver adiante) poderia ser contornado. Isso se torna particularmente claro quando examinamos uma outra ‘lei geral’ da dinâmica de populações derivada por Turchin de um exame de modelos da dinâmica consumidor-recurso ou das interações tróficas. Trata-se de sua lei das oscilações consumidor-recurso: “um sistema consumidor-recurso puro inevitavelmente exibirá oscilações instáveis” (p. 21).<sup>21</sup> Ele considera duas objeções à proposta de que esta seria uma lei geral: primeiro, o grande número de observações de que a maioria dos sistemas consumidor-recurso não

mostra, na realidade, oscilações persistentes. Em sua visão, “esta objeção [...] compreende de modo equivocado a natureza de uma lei geral” (p. 22), porque uma lei desta natureza não pode ser testada diretamente. Mais uma vez, o que ele tem em vista é que a lei das oscilações consumidor-recurso, como a lei do crescimento exponencial, expressa um estado de força zero, que não esperamos encontrar na natureza, visto que esta não costuma apresentar sistemas consumidor-recurso puros. Ele apresenta, então, vários fatores que levam as interações tróficas a se desviarem do que prevê a lei, constituindo, na verdade, exceções à lei:

“Necessariamente, a taxa de crescimento per capita das populações tanto do recurso quanto do consumidor seriam afetadas por suas densidades [...]. Além disso, haverá outras espécies na comunidade. Consumidores podem ser generalistas. Os recursos podem não ser mortos durante o processo de consumo, mas apenas perder uma parte. Há refúgios, heterogeneidade espacial e temporal, e muitos outros mecanismos potencialmente estabilizadores (bem como desestabilizadores) conhecidos pelos ecólogos. O que a lei diz, no entanto, é que há uma tendência natural de que sistemas consumidor-recurso especialistas oscilem. Este ‘sinal’ pode ou não aparecer através do ‘ruído’ das complicações da vida real” (Turchin 2001, p. 22).

A dificuldade é que testes empíricos da lei proposta deveriam ser capazes de fornecer evidência contrária a ela, sob pena de ela ser uma proposição não-falseável e sua cientificidade ser posta em dúvida. Para que a falsificação seja possível, as complicações da vida real não podem servir continuamente como escudos contra ela. Este é o célebre problema das condições *ceteris paribus* e, para superá-lo, é preciso construir um modelo abstrato das exceções mencionadas por Turchin, de modo a alcançar uma compreensão teórica de quais seriam as possíveis exceções à generalização (cf. Weber 1999).

Para entender o problema das condições *ceteris paribus*, considere-se que, para salvar uma generalização do problema das exceções, devemos condicionar sua aplicabilidade à ocorrência de todas as condições *ceteris paribus* (a tradução típica é ‘todas as outras coisas sendo iguais’) apropriadas e/ou à não-ocorrência de todas as condições perturbadoras relevantes. Toda lei biológica seria seguida então por uma ou ambas as cláusulas: ‘exceto

quando qualquer uma das seguintes condições *ceteris paribus* não for verificada [lista de condições *ceteris paribus*] e/ou ‘exceto quando qualquer uma das seguintes condições perturbadoras for verificada [lista de condições perturbadoras]’. Não obstante a tradução típica, Cartwright (1983, p. 45) argumenta que *ceteris paribus* significa, na verdade, “tudo o mais sendo exatamente assim”, destacando o problema da impossibilidade de enumerar todas as condições que tornam possível aplicar uma generalização e/ou todas as condições perturbadoras, que resultariam em exceções à generalização. Se uma lista destas condições não for feita, apenas mencionando-as em termos gerais, a lei será esvaziada de conteúdo empírico. Contudo, o valor de verdade de leis, como proposições *a posteriori*, deve ser baseado em razões empíricas, i.e., elas devem ser sintéticas, não analiticamente verdadeiras. Por exemplo, se condições *ceteris paribus* ou perturbadoras não forem listadas, a lei das oscilações consumidor-recurso seria uma tautologia: “sistemas consumidor-recurso especialistas oscilam, exceto quando são verificadas condições nas quais eles não oscilam”. Por ora, deixaremos este problema em aberto, retornando à solução apenas sugerida acima no final do artigo.

Uma segunda objeção traz um importante problema de fundo na análise de Turchin: como as oscilações consumidor-recurso resultam de certas suposições sobre as interações dos organismos em questão, ela teria o estatuto lógico de um ‘teorema’, não de uma lei. Este é um problema com o qual já nos defrontamos na discussão das leis propostas por Murray. Vejamos o que Turchin tem a dizer a respeito.

A abordagem de Turchin, na primeira parte de seu artigo, pode ser caracterizada como uma estratégia paradigmática para responder à questão sobre o estatuto de lei ou não das generalizações biológicas. Esta abordagem é descrita por Mitchell (1997, p. S474) como “... um projeto principalmente descritivo, que começa identificando exemplares de leis nas ciências físicas, como as leis do movimento de Newton [...], e procede com o exame de generalizações candidatas na biologia para ver se elas são similares às leis paradigmáticas”. Esta abordagem tem sérias limitações, que podem ser sumariadas em dois problemas: primeiro, ela mistura todos os exemplares de leis da física, como se não houvesse diferenças entre eles<sup>22</sup>; segundo, e mais

importante, esta estratégia deixa em aberto a questão filosófica mais relevante, ‘O que é uma lei?’ Afinal, nada é dito sobre o que torna os exemplares de leis tomados das físicas ‘leis’, e é certamente preciso dizer algo a respeito, já que foi proposto que nem mesmo a física apresenta as leis universais que tipicamente se afirma que ela possui (Cartwright 1983, van Fraassen 1989, Mitchell 1997, 2003). De qualquer modo, Turchin (2001) reconhece, na segunda metade de seu artigo, a necessidade de ponderar sobre o estatuto lógico de vários enunciados com a forma de leis. Sua principal preocupação é distinguir entre proposições elementares auto-evidentes, que seriam assumidas sem comprovação (postulados), e proposições derivadas de conjuntos de postulados (teoremas). Para ele, a auto-limitação do crescimento populacional é um postulado; as oscilações consumidor-recurso, um teorema; o crescimento exponencial, também um teorema, e assim por diante. A conclusão que ele tira é a de que “pode haver vários tipos de enunciados com a forma de leis na ecologia de populações” (p. 23). Desse modo, ele termina por não atacar o ponto mais crucial: teoremas matemáticos, como proposições *a priori*, sintéticas, podem ser tratados como leis?

Um outro ponto interessante deve ser mencionado. Turchin (p. 23) se refere ao crescimento exponencial, às flutuações dentro de limites (*bounded fluctuations*) e às oscilações consumidor-recurso como ‘teoremas’ ou ‘leis’ da ecologia de populações. Mais à frente, ele se refere aos três itens acima como ‘conceitos’ fundamentais da dinâmica de populações (p. 25). Desse modo, ele termina por misturar, um tanto indiscriminadamente, termos metateóricos distintos. As equações exponencial, logística e Lotka-Volterra são apresentadas, por sua vez, como os modos mais simples de modelar essas três leis usando equações diferenciais ordinárias. Nenhuma dessas equações fornece, contudo, modelos realistas, o que leva Turchin a afirmar que “... os três modelos elementares nada mais são que *metáforas* para os conceitos correspondentes da dinâmica de populações” (p. 25, ênfase no original). Isso não implica que, para Turchin, esses modelos, por serem metafóricos, não teriam utilidade; ao contrário, ele destaca que são os modelos mais simples de cada um dos ‘princípios’ acima e expõem algumas das características fundamentais da dinâmica de populações. Desse modo, mais conceitos são

mobilizados por Turchin, os de ‘metáfora’ e ‘princípio’, sem que sejam esclarecidas as conexões entre os vários termos mencionados acima, embora relações interessantes possam ser de fato tecidas entre alguns desses conceitos, como, por exemplo, os de ‘modelo’ e ‘metáfora’ (e.g., Bradie 1980).

Devemos examinar, ainda, a apreciação que Turchin (2001) faz da primeira lei da dinâmica de populações proposta por Murray (2000, 2001). Comparando-se esta lei com a lei do crescimento exponencial, percebe-se que, enquanto Murray se ocupa da manutenção de uma população em estado de equilíbrio dinâmico (*steady state*), devido à constância das taxas de sobrevivência específicas para idade e do tamanho inicial das coortes (ver acima), a lei do crescimento exponencial trata do oposto, i.e., uma população que não está sujeito a regulação e, assim, está ou aumentando seus números em proporção geométrica, ou extinguindo-se. Para Turchin, a principal diferença entre as duas leis reside no modo de reprodução assumido: a lei exponencial é derivada a partir da suposição de que a taxa de reprodução *per capita* é constante, enquanto a lei de Murray assume que a taxa *total* de reprodução é constante. O problema, como discute Turchin, reside em estabelecer qual suposição faz mais sentido. Ele procura mostrar que a suposição de Murray não faz sentido, com base no argumento de que assumir um número constante de indivíduos recrutados, como Murray faz, implica geração espontânea:

“Suponha que a cada passo temporal (e.g., um ano), a população tipo-Murray tem 1000 indivíduos recrutados na primeira classe etária (‘o tamanho inicial das coortes’ de Murray). Este número é independente do número total de adultos que se reproduzem na população. Se temos um milhão, apenas 10, ou até mesmo zero adultos reprodutores, a população sempre obtém uma entrada de 1000 indivíduos recrutados. Assim, a suposição de Murray de um número constante de indivíduos recrutados implica geração espontânea!” (Turchin 2001, p. 24).

A estratégia de Turchin consiste em mostrar a falsidade da suposição de Murray mediante sua redução ao absurdo, i.e., trata-se de um argumento com a forma de uma *reductio ad absurdum*. Este argumento parece, de fato, plausível, colocando sérias dificuldades para a primeira lei da dinâmica de populações de Murray.<sup>23</sup> Para nossos propósitos aqui,

o mais importante é verificar que, se a ecologia de fato possui leis gerais, é ainda controverso, entre os ecólogos, quais seriam afinal estas leis.

Ao fim de seu artigo, Turchin apresenta argumentos sobre os objetos de estudo escolhidos pelos ecólogos que o aproximam mais de Murray. Ele nos lembra, primeiro, que a maioria das situações físicas reais colocam limites para a previsão muito maiores do que exemplos prototípicos, como o movimento de planetas ao redor do Sol: “sistemas físicos reais são muito mais difíceis de prever do que retratam ecólogos que sofrem de inveja da física” (p. 25). Similarmente, Murray insiste na tese de que a física não é um domínio de sistemas simples, provocando os ecólogos para que tomem decisões epistemológicas e metodológicas similares àquelas que físicos tomaram na construção da mecânica clássica. Turchin oferece basicamente o mesmo argumento:

“Certamente, um aspecto importante do gênio de Newton foi selecionar um sistema perfeito – movimentos planetários – para aplicar sua teoria. Em contraste, ecólogos insistem em fazer perguntas realmente difíceis e complicadas, tal como quantas espécies uma comunidade deve ter (note-se que [...] os físicos evitaram habilmente fazer até mesmo a questão complicada de quantos planetas devem estar girando ao redor do Sol). O que os ecólogos devem fazer é primeiro afiar os dentes em problemas mais manuseáveis” (Turchin 2001, p. 25. Ver tb. Peters 1991).

Decerto, a íntima relação da ecologia com problemas aplicados, que requerem soluções para seu manejo em prazos tipicamente curtos, dificulta a estratégia vislumbrada por Turchin. Não obstante, ela é bem colocada: uma abordagem bastante produtiva na modelagem é começar com os casos mais simples e ir tornando o modelo mais complexo gradativamente, com testes sucessivos contra situações cada vez mais difíceis. A sugestão de Turchin é que a ecologia de populações, em particular, comece com o estudo das oscilações populacionais, testando modelos e teorias gerais frente a este problema, e subsequente estenda os *insights* resultantes para dinâmicas mais complexas. Sua expectativa é de que “... o estudo das oscilações populacionais faça para a ecologia o mesmo que o estudo dos movimentos planetários fez para a física” (p. 25).

Berryman (1999, 2003) também se ocupa das ‘leis’ da ecologia de populações. Para ele, esta disciplina

apresenta um conjunto de princípios bem definidos, capazes de dar conta de todos os padrões conhecidos da dinâmica das populações e, portanto, pode já possuir leis gerais similares àquelas encontradas na física. Assim, ele concorda com autores como Turchin (2001), Colyvan & Ginzburg (2003a, 2003b) e Ginzburg & Colyvan (2004), e se contrapõe àqueles que são mais pessimistas quanto à cientificidade da ecologia, particularmente quando colocada lado a lado com a física (Berryman 2003). Ele menciona, por exemplo, ecólogos que manifestam dúvidas sobre a possibilidade de a ecologia possuir leis e teorias gerais, citando Lawton (1999) e Hansson (2003), ou que não têm tanta confiança quanto ele de que a ecologia poderia tornar-se uma ciência preditiva, a exemplo de McIntosh (1985) e Peters (1991). Ele também não parece concordar com visões que buscam destacar a complexidade dos sistemas físicos vis-à-vis os sistemas biológicos, como as de Murray e Turchin, visto que argumenta que a ecologia pode ser entendida como uma ciência mais complicada do que a física, porque estruturas de retroalimentação podem resultar em dinâmica emergente extremamente complexa. Tais estruturas decorrem, além disso, da historicidade dos sistemas ecológicos, na medida em que, diferentemente da maioria dos sistemas físicos, as mudanças que sofrem são com frequência dependentes de estados presentes ou passados do sistema (Berryman 2003, p. 697).

Assim como Lawton (1999), Berryman (2003) apóia seus argumentos em definições de conceitos meta-científicos, como os de ‘princípio’, ‘lei’, ‘teoria’ e ‘teorema’, encontradas em um dicionário, o *Webster’s New World Dictionary*, edição de 1958. Trata-se de uma fundamentação inadequada para um argumento que trafega por questões epistemológicas, e, assim, deveria apoiar-se em obras de epistemologia, não num dicionário comum. De qualquer modo, reproduzirei aqui as definições mais relevantes para os propósitos do presente artigo, conforme apresentadas por Berryman. De acordo com o dicionário consultado, uma ‘lei da natureza’ seria “uma seqüência de eventos [...] cuja ocorrência foi observada com uniformidade sem variação sob o mesmo conjunto de condições” ou “uma formulação exata do princípio que opera” numa regularidade observada (citados por Berryman 2003, p. 695). Em relação a estas definições, vale a pena

destacar que a primeira é uma formulação de ‘lei empírica’ que se compromete com a existência de regularidades universais e sem quaisquer exceções. A segunda definição, por sua vez, corresponde a uma formulação bastante vaga de ‘lei teórica’. Mais adiante, Berryman retorna a esta distinção, comentando que leis podem ser “... regularidades puramente empíricas, no sentido de que se observa sua ocorrência com uniformidade sem variação” (p. 695, ênfase no original), mas a razão pela qual elas têm essa natureza pode permanecer desconhecida; neste caso, estamos lidando com leis empíricas. Leis também podem, continua Berryman, ser “... deduzidas, logicamente, de uma ou mais proposições ou princípios básicos, como, por exemplo, teoremas” (p. 695), considerando, então, leis teóricas, mas de um modo que mistura os significados de vários conceitos meta científicos. Berryman retoma, ainda, uma das concepções equivocadas discutidas por Colyvan & Ginzburg (2003a), destacando que leis somente são válidas sob certo conjunto de condições, e, portanto, não se pode esperar que sejam universais, no sentido de que poderiam valer em todas as circunstâncias possíveis.

Uma teoria, por sua vez, é definida como “uma formulação de relações aparentes ou princípios subjacentes a certos fenômenos observados, que foi verificada até certo grau” (p. 695). Esta definição de teoria não somente se mostra vaga, como se compromete com uma visão verificacionista, de difícil justificação no cenário filosófico atual. Um teorema seria “uma proposição que não é auto-evidente, mas pode ser provada a partir de premissas aceitas e é, assim, estabelecida como uma lei ou um princípio” (p. 695). O problema aqui é que a definição se compromete com a idéia no mínimo controversa de que uma lei não precisaria ser empírica, ou testável com base no arbítrio da experiência (no caso de uma lei teórica), mas poderia ser uma proposição sintética, *a priori*, como é o caso de um teorema (ver acima). Berryman atribui aos ‘princípios’ o papel de componentes fundamentais de corpos de conhecimento mais abrangentes, como as teorias, apresentando a seguinte definição para ‘princípios’: “a fonte última, origem ou causa de algo... uma verdade fundamental... um elemento, constituinte ou qualidade essencial, especialmente uma que produz um efeito

específico” (p. 695).<sup>24</sup> Ele considera, ainda, que princípios podem ser verdades auto-evidentes ou premissas largamente aceitas, bem como que teorias e leis são freqüentemente compostas ou podem ser derivadas de um ou mais princípios. Desse modo, ele situa os princípios no componente metafísico das teorias científicas. Não é claro, contudo, que as várias leis ou princípios que apresenta em seu artigo tenham essa natureza. A razão pela qual ele chama as proposições que discute de ‘princípios’ decorre de uma ambigüidade a que ele próprio alude (p. 695), dada a possibilidade de usar os termos ‘lei’ e ‘princípio’ como sinônimos. Isso contribui, entretanto, para aumentar a confusão no uso de termos meta científicos no debate sobre leis ecológicas.

O fato de Berryman se apoiar em definições de termos meta científicos dados por uma obra que não é a referência mais adequada para tratar do assunto tem conseqüências para sua interpretação da natureza das proposições que entende como “princípios e/ou leis” (p. 696) da ecologia. O principal objetivo de seu artigo é apresentar um conjunto de cinco destes princípios e/ou leis que seriam exclusivos da ecologia, por ela lidar com uma classe especial de sistemas físicos, os sistemas vivos. Além destas leis especiais da ecologia, os organismos obedeceriam às leis das ‘ciências primárias’, que incluem não somente a física, mas também ramos da biologia que lidam com níveis hierárquicos inferiores ao nível dos sistemas ecológicos.

O primeiro princípio apresentado por Berryman é o do crescimento geométrico ou exponencial, correspondendo à primeira ‘lei’ ou ‘princípio’ da dinâmica de populações apresentado por Turchin (2001). Tendo em vista que esta não é uma característica exclusiva de sistemas ecológicos, mas se aplica a muitos outros tipos de sistemas ou processos, como, por exemplo, o decaimento radioativo, Berryman (2003) considera melhor tratá-la como uma lei matemática geral à qual as populações biológicas também se conformam. Ele a entende, contudo, como um ‘princípio’, “o primeiro princípio fundador da dinâmica de populações”, com a justificativa de que “o crescimento geométrico é uma propriedade fundamental e auto-evidente de todas as populações que vivem sob certo conjunto de condições (recursos ilimitados)” (p. 696). Este ‘princípio’ é apresentado

por ele como segue: “todas as populações crescem numa taxa logarítmica constante, a menos que sejam afetadas por outras forças em seu ambiente” (p. 696). De minha parte, prefiro seguir a Turchin (2001) na caracterização desta proposição sobre populações biológicas como uma lei. A base para esta decisão reside na analogia entre esta lei da dinâmica de populações e a lei da inércia de Newton, proposta por Ginzburg (1986) e explorada por Turchin. Berryman admite a mesma analogia.<sup>25</sup> No entanto, admitida esta analogia, o que segue é que a lei do crescimento exponencial ou geométrico não tem o estatuto de princípio, mas de lei, cumprindo o papel de um estado de força zero (ou, nos termos do próprio Berryman, um ‘modelo nulo’, ver Berryman 2003, p. 696), que postula como cresceriam populações biológicas na ausência de quaisquer efeitos do ambiente sobre elas.

Tomando-se o primeiro ‘princípio’ ou ‘lei’ como a base fundamental para a análise das mudanças nas populações, o problema central se torna o de identificar e descrever as ‘forças’ que resultam em desvios da tendência exponencial de crescimento. Estes desvios são produzidos por variáveis ambientais que afetam a sobrevivência e reprodução dos organismos, incluindo um conjunto de fatores que afetam a performance dos organismos, mas não são afetados pela população, e outro conjunto de fatores que respondem à densidade populacional e, portanto, se tornam parte de processos de retroalimentação (p. 697). Berryman concentra sua atenção sobre a identificação e definição de estruturas de retroalimentação presentes em sistemas ecológicos.

O segundo princípio que ele identifica se refere à cooperação. Ele é uma decorrência da premissa ecológica de que indivíduos podem ser beneficiados em sua sobrevivência e reprodução por aumentos da densidade populacional. Eles podem, por exemplo, encontrar mais parceiros reprodutivos; caçar em grupo, aumentando o sucesso na obtenção de alimentos, e assim por diante. Trata-se de um conjunto de processos conhecidos como cooperação intraespecífica ou efeito de Allee. Este efeito positivo da densidade populacional sobre a sobrevivência e a reprodução dos organismos tem, contudo, um limite superior, o que faz com que o crescimento de uma população seja aumentado, de acordo com o segundo ‘princípio’ de Berryman, a uma taxa decrescente até que alcance um nível máximo característico de uma espécie particular num ambiente

físico específico. O fato de que Berryman não se refere a uma segunda ‘lei’ da ecologia é mais apropriado neste caso, visto que o ‘princípio de Allee’ pode ser apresentado, como ele mesmo argumenta, como um teorema derivado logicamente de duas premissas, os benefícios da agregação e a reprodução finita. Este princípio explicaria, entre outras coisas, a ocorrência de múltiplos estados estáveis nos sistemas ecológicos e a dinâmica da extinção. É nesta base que Berryman argumenta que o princípio de Allee é essencial para qualquer teoria geral da dinâmica de populações (p. 698), causando-lhe espanto que ele raramente receba atenção, seja da literatura ecológica (a exemplo de Turchin, 2001), seja de livros didáticos de ecologia.

O terceiro ‘princípio’ identificado por Berryman (2003, p. 698-699) diz respeito à competição intra-específica por recursos limitados e resulta da premissa ecológica básica de que, à medida que suas populações crescem, os organismos têm cada vez mais problemas para adquirir recursos e se tornam mais vulneráveis a inimigos naturais. Com isso, sua reprodução e/ou sobrevivência diminuem e, portanto, a taxa de crescimento populacional também o faz. Este princípio define uma alça de retroalimentação, atuando em oposição aos dois princípios anteriores. Também em relação a este princípio, uma analogia com a física pode ser proposta, no caso, com a ação da fricção sobre o movimento dos corpos (*cf.* Ginzburg 1986, Colyvan & Ginzburg 2003b). Esta é a mesma proposição que Turchin (2001) denomina ‘princípio da auto-limitação’. Berryman (2003) considera, contudo, ‘competição’ uma palavra mais apropriada, mas apenas porque ela é mais antiga e largamente aceita.

Os dois outros princípios discutidos por Berryman não se referem a efeitos intraespecíficos, mas a interações interespecíficas. O quarto princípio trata de alças de retroalimentação que podem operar entre populações distintas ou entre uma população e seu ambiente físico-químico. É o caso, por exemplo, de relações predador-presa, que podem criar retroalimentações negativas para ambas as populações. Quando populações estão envolvidas dessa maneira em retroalimentação negativa com outras espécies, ou inclusive com componentes de seus ambientes, um resultado provável são dinâmicas oscilatórias (cíclicas), como é comum no caso de presas e predadores. Este é o princípio que Turchin (2001)

chama de ‘lei das oscilações consumidor-recurso’. Berryman (2003) não concorda com esta denominação, por considerar que o princípio em questão tem raízes muito mais gerais, podendo aplicar-se a outras situações, e não apenas a relações entre consumidores e recursos. O quinto princípio, por sua vez, está baseado na observação de que a maioria das populações naturais é caracterizada por dinâmicas de primeira ou segunda ordem e apenas algumas delas, por dinâmicas de terceira ordem, o que sugere que, em qualquer tempo e lugar, apenas um ou dois fatores (os chamados ‘fatores limitantes’) dominam a estrutura de retroalimentação de uma população, ou, dito de outra maneira, as populações são tipicamente controladas por arquiteturas de retroalimentação simples (p. 699). O princípio em questão diz respeito ao reconhecimento de que o controle da dinâmica das populações pode mudar de tempo em tempo, e de lugar em lugar, à medida que os processos de retroalimentação mudam, em resposta às condições ambientais e/ou à densidade populacional.

A conclusão de Berryman é bastante positiva em relação à existência de leis ecológicas (p. 700). Ele reitera a tese de que os ecólogos têm em mãos um conjunto de princípios básicos suficientes para descrever, classificar, explicar e prever (ao menos qualitativamente) a dinâmica de qualquer população de organismos. Pode até mesmo ser o caso, ele sugere que a ecologia já tenha uma grande teoria explicativa, nos moldes da teoria (neodarwinista) da evolução, apesar das discordâncias sobre a formulação de seus princípios básicos

Ele considera então, se os cinco ‘princípios’ que apresentou poderiam ser transformados em ‘leis’ desta grande teoria ecológica. A confusão terminológica que marca o artigo de Berryman chega, então, ao seu ponto máximo. De um lado, ele poderia estar usando o termo ‘princípio’ para indicar proposições metafísicas inseridas numa teoria, mas este não parece ser o estatuto apropriado dos princípios que discutiu em seu artigo. De outro, poderia estar usando a ambigüidade do termo ‘princípio’, que pode ser tomado, para ele, como sinônimo de ‘lei’. Mas, neste caso, não faria sentido perguntar se eles poderiam ser transformados em leis! A ausência de uma base epistemológica mais firme no artigo de Berryman tem certamente seu preço, diminuindo a clareza de seus argumentos.

Berryman também argumenta que as leis sobre

dinâmica de populações não são, na verdade, exclusivas da ecologia, mas parte de uma teoria geral dos sistemas. A razão para isso reside, em sua visão, na natureza da ecologia como uma ciência integrativa, que deve estar sujeita às regras mais gerais dos sistemas integrativos complexos, bem como as leis da física e da química. Berryman está certo em seu juízo de que isso não tornaria a ecologia menos rigorosa; no entanto, tal situação a privaria de sua autonomia como ciência, na medida em que ela seria redutível à teoria geral dos sistemas. Ou, dito de outra maneira, a teoria geral dos sistemas poderia absorver a ecologia como um domínio de aplicação de suas leis gerais, sem qualquer independência. Embora Berryman esteja convicto de que não será motivo de vergonha para os ecólogos ou para denegrir a ecologia como ciência se ela não possuir leis exclusivas, não é difícil inferir que sua visão não deve atrair a simpatia de muitos ecólogos, que se batem tanto pela legitimidade quanto pela autonomia de sua ciência.

#### *EM BUSCA DE UM MÉTODO DE SÍNTESE TEÓRICA NA ECOLOGIA – FORD & ISHII*

Em um artigo sobre o método de síntese na ecologia, Ford & Ishii (2001) tocam em uma série de pontos relevantes para os debates sobre leis ecológicas. Estes autores estão preocupados com uma consequência da atenção limitada dada na ecologia ao método de síntese, comparativamente aos métodos analíticos: o modo intuitivo como sínteses teóricas têm sido construídas na ecologia leva a críticas de cientistas que são favoráveis a abordagens analíticas, porque a construção de teorias gerais não seguiria métodos científicos (p. 153).<sup>26</sup> O estado do conhecimento ecológico foi de fato questionado repetidas vezes, em particular, pela falta de teorias gerais que tenham sido desenvolvidas a partir de investigações particulares. Além disso, a metodologia usada nos estudos ecológicos também foi colocada em questão por autores como Peters (1991) e Shrader-Frechette & McCoy (1993, 1994). Estes últimos chegaram a propor que a ecologia poderia tornar-se uma ciência de estudos de casos e aplicações práticas, sacrificando a generalidade em prol da precisão no estudo de situações particulares. Em vez de ceder à limitação da ecologia aos estudos de casos – que tornaria, no meu entendimento, difícil

sustentar sua cientificidade –, Ford & Ishii propõem uma maneira de desenvolver sínteses teóricas nesta ciência.

Eles apontam em vários artigos que sustentam a necessidade de sínteses na ecologia a ausência de propostas de métodos por meio dos quais tais sínteses poderiam ser construídas (*cf.* Turchin 1999, Pickett 1999, Austin 1999) (Ford & Ishii 2001, pp. 153-154). Para fazer frente a este problema, eles propõem uma metodologia para a realização de inferências científicas sobre conceitos integrativos, definidos por eles como construções teóricas sobre a organização ou as propriedades de sistemas ecológicos (p. 154). Esta metodologia poderia ser usada, então, para a construção de sínteses teóricas. Eles mostram, ainda, como ela pode ser aplicada para o desenvolvimento de teorias gerais a partir de estudos de casos de sistemas ecológicos particulares.

Ford & Ishii argumentam que não é suficiente para a construção de uma teoria sintética, integrativa, a simples repetição de uma investigação, de modo a fornecer maior apoio indutivo para proposições acerca do mundo. Conceitos integrativos são construídos, afirmam eles, no contexto de uma rede teórica (p. 155). A extensão de conceitos integrativos para novas situações, que é sempre parte da síntese teórica, requer ajustes da rede teórica, de modo a torná-la (e, por conseguinte, os conceitos integrativos) coerentes com as novas circunstâncias que estão sendo explicadas. Por isso, as investigações sucessivas não podem se limitar a repetições de coletas de dados buscando maior apoio indutivo; elas devem fortalecer a rede de conceitos que constituem uma teoria, adicionando elementos ou modificando elementos preexistentes na rede (p. 154).

Eles apresentam uma série de características que uma explicação científica causal deve apresentar. Entre elas, encontra-se o requisito de que ela seja baseada em processos causais e/ou organizacionais associados, formulados em respostas a questões da forma ‘por quê?’, sendo estas respostas estruturadas com base em conceitos funcionais (p. 156). É evidente que estas explicações causais devem envolver generalizações relacionadas a causas ecológicas e ecofisiológicas, mas Ford & Ishii não demandam que estas tenham a forma de leis universais. A natureza geral das explicações causais que eles têm em vista é

sugerida no segundo requisito que propõem, de que elas sejam consistentes, ou seja, de que, “sob as mesmas condições, o processo causal produzirá o mesmo efeito” (p. 157), e seu terceiro requisito, então, coloca este ponto de modo explícito: “Explicações científicas causais são gerais. Explicar um tipo de evento em termos causais é oferecer alguma informação explicativa geral sobre eventos daquele tipo” (p. 157. Ênfase no original). Eles deixam claro, contudo, que diferentes processos causais podem responder por um mesmo conceito integrativo, e, além disso, os mesmos processos causais podem ter efeitos diferentes. Desse modo, eles não poderão ser expressos na forma de leis universais. É possível, então, formulá-los de modo preciso, consistente e testável? Ou precisaremos ceder à exigência de que as generalizações devam ser universais, para que sejam efetivamente científicas? Mais adiante, retornarei a este problema, mostrando como esta última exigência pode ser evitada. Por ora, a sugestão dada por Ford & Ishii para a proposição de sínteses teóricas consistentes deve ser mencionada:

“Parece improvável que tanto generalidade quanto consistência completa sejam obtidas conjuntamente e o que deve ser buscado são razões causais tanto para as similaridades quanto para as diferenças, i.e., nós devemos construir uma rede teórica” (Ford & Ishii 2001, p. 157).

Eles também incluem, entre os critérios que propõem para julgar a coerência da explicação causal científica proposta em uma teoria sintética, o requisito de que proposições *ad hoc* não sejam usadas. Este requisito está intimamente relacionado a outro que apresentam, concernente à aceitabilidade de proposições individuais, que inclui sua consistência empírica (p. 158). Em contraste com Murray, eles tratam proposições *ad hoc* de maneira relativamente correta, entendendo-as como proposições introduzidas para salvar uma teoria, mas que não apresentam evidências a seu favor. Na verdade, uma hipótese pode não ter evidência a seu favor, no momento em que é introduzida, e ainda assim não ser *ad hoc*, bastando, para isso, que seja testável. O problema está relacionado com o grande número de exceções às generalizações biológicas e à correspondente inclusão de cláusulas *ceteris paribus* para dar conta de tais exceções. Ford & Ishii reconhecem este problema, considerando que, numa explicação coerente, não há proposições *ad hoc* que

incluam circunstâncias especiais (p. 158). A dificuldade na ecologia está relacionada, como eles também reconhecem, à ênfase sobre estudos de casos, que levam à construção do conhecimento a partir de situações particulares, destacando-se as similaridades, e não as diferenças entre os casos, que podem ser postas de lado mediante proposições *ad hoc*, que as tornam exceções, sem uma compreensão teórica do que as diferencia da regularidade expressa em uma generalização ecológica (cf. Weber 1999, ver adiante). Não é este tipo de abordagem que almejam, na medida em que insistem na necessidade de desenvolver explicações que dêem conta das exceções.

Ao tratar de alguns aspectos da explicação científica, estes autores parecem orientar-se, ainda que implicitamente, por desenvolvimentos da filosofia da ciência, em particular, relativos a abordagens da explicação científica largamente aceitas atualmente e distintas do modelo dedutivo-nomológico (D-N). Eles destacam, por exemplo, que, para construir uma explicação científica causal, é importante deixar claro qual a classe de contraste que contém a proposição a ser explicada. A classe de contraste é parte fundamental do contexto em que uma questão da forma ‘por quê?’ é colocada, a partir do qual esta questão adquirirá um significado preciso (Weber 1999). Por isso, como Ford & Ishii (2001, p. 156) destacam, “para construir uma explicação causal, é importante não fazer perguntas abertas, tais como ‘O que causa a longevidade?’. Há muitas respostas possíveis para tais questões abertas. Nós precisamos saber por que uma espécie tem maior longevidade e outras, não”.

Ao final de seu artigo, eles discutem o tipo de conhecimento que deve ser almejado na ecologia, contrastando as propostas de que a ecologia seja estruturada em torno de leis e na forma de teorias (p. 159). É curioso que estas duas propostas não sejam mutuamente exclusivas, mas Ford & Ishii a tratam como se fossem. Isso está relacionado, decerto, ao seu entendimento destes dois termos metateóricos. Citando um dicionário de filosofia (Flew 1984), eles assumem que uma lei deve ser necessariamente universal: “a qualidade essencial de uma lei descritiva da natureza é que ela não pode ser violada” (Ford & Ishii 2001, p. 159). Referindo-se ao modelo D-N, eles afirmam, ainda, que “o uso clássico do método D-N é para descobrir leis como relações mensuradas que são

sempre verdadeiras e, então, explicar por que são verdadeiras” (p. 159). Contudo, destacam eles, este tipo de relação dificilmente é encontrado na ecologia. Eles não discutem o possível papel de generalizações que não são universais na construção das teorias ecológicas, enfatizando sua posição a favor da construção de teorias por síntese progressiva como objetivo da ecologia:

“A posição assumida neste artigo é que, na ecologia, construímos teoria ao longo do tempo, e através de investigações sucessivas – nós fazemos síntese progressiva [...]. Geralmente, ecólogos não seguem o método D-N – e nem devem eles esperar que o façam. No entanto, o método de construção de sínteses que propomos é explicitamente planejado para conectar proposições detalhadas e específicas no desenvolvimento de teorias que expliquem conceitos integrativos” (Ford & Ishii 2001, p. 159).

A partir de uma abordagem dos debates entre Turchin (1999) e Murray (1999a, 1999b), Ford & Ishii (2001, p. 155) se propõem a enfrentar a posição deste último, que interpretam como sendo contrária ao uso de conceitos integrativos na ecologia. Enquanto Turchin pretende sintetizar mecanismos ecológicos que podem explicar a regulação do crescimento populacional e, assim, construir uma teoria para os conceitos integrativos de regulação populacional e dependência da densidade, Murray não vê a necessidade de tal síntese e, mais do que isso, argumenta vigorosamente contra ela, com base nos mesmos argumentos que discutimos acima: a pesquisa biológica deve estar focada sobre a proposição de leis universais, a dedução de previsões a partir delas, e o teste das previsões mediante comparação com dados empíricos. Ford & Ishii consideram que Murray, em suas acusações de que o programa de pesquisa de Turchin não é suficientemente rigoroso, levanta questões importantes. Os problemas dizem respeito à necessidade de um método para a construção e avaliação de sínteses teóricas. Eles concordam com Murray quanto à necessidade de consistência empírica e isso os leva a enfrentar o problema de que não é possível realizar experimentos que testem diretamente conceitos integrativos, mas somente os conceitos funcionais usados em sua construção.<sup>27</sup> Eles colocam a dificuldade da seguinte maneira: “.... a crítica de Murray pode ser enfrentada? Ou a ecologia está fadada a ser uma ciência sem rigor, a não ser que abandone seus conceitos

integrativos?” (p. 155). É para responder a esta dificuldade, sustentando conceitos integrativos como uma parte essencial da ecologia, que Ford & Ishii se dedicam à proposição de um método efetivo para a realização de inferências sobre conceitos integrativos e a construção de sínteses teóricas.

Ford & Ishii também criticam a visão de Murray sobre as leis físicas, argumentando que as propriedades destas leis tão enaltecidas por este autor constituem um ideal que, na visão de alguns filósofos, é irrealizável no domínio da própria física (*e.g.*, Cartwright 1983, van Fraassen 1989, Mitchell 1997, 2003). Assim, em vez de eleger como modelo generalizações com a forma universal das leis físicas, é mais apropriado examinar a natureza das generalizações que a biologia tem construído, de modo a compreender melhor as suas propriedades e os requisitos para sua consistência. Este é um movimento do qual me ocuparei ao discutir a literatura sobre filosofia da biologia.

As propostas de Ford & Ishii trazem contribuições importantes, mostrando à ecologia possíveis caminhos para o avanço na construção de teorias consistentes. Para isso, eles se apóiam em desenvolvimentos recentes da filosofia da ciência, como, por exemplo, os trabalhos de Thagard (1992), sobre mudanças teóricas na ciência, de Salmon (1990), sobre os modelos de explicação científica, e de Niniluoto (1987), sobre o conceito de verisimilitude de Popper e suas limitações. A conclusão geral que eles tiram dessas contribuições é que “... o desenvolvimento de teorias científicas é [...] um processo mais complexo e exaustivo do que alguns cientistas atribuem às idéias de Popper a seu respeito” (Ford & Ishii, 2001, p. 159). O alvo é claramente Murray.

#### *VARIABILIDADE E REGULARIDADE: OPOSIÇÃO OU CONJUNÇÃO? – DISCUTINDO AS IDÉIAS DE HANSSON*

Em um artigo no qual busca explicar por que a ecologia não tem se mostrado capaz de resolver problemas aplicados, Hansson (2003) assume posição distinta daquela de todos os autores discutidos acima, aproximando-se daqueles que defendem que a ecologia deve restringir-se à metodologia dos estudos de casos (Shrader-Frechette & McCoy 1993, 1994, Sarkar 1996). Para ele, a dificuldade da ecologia de dar conta

de problemas aplicados é decorrente da variabilidade das interações intra- e interespecíficas, bem como de adaptações individuais diante de fatores limitantes ou reguladores. Por conseguinte, ele propõe que a ecologia enfoque mais a variabilidade do que a regularidade, analisando mecanismos ecológicos em vários gradientes de interação e adaptação, em vez de buscar leis gerais. Ele considera, ainda, que previsões muito precisas dos resultados das interações ecológicas não será jamais possível, ao contrário do que propõe, por exemplo, Murray (2000, 2001), por causa dos muitos gradientes, de processos determinados localmente e da variabilidade genética oculta. Outra consequência da variabilidade é que a rejeição ou o apoio de uma hipótese particular, com base em dados coletados, digamos, em uma população, não pode implicar que a hipótese tenha sido rejeitada/apoiada em todas as populações. Esta compreensão é, de fato, parte do dia a dia dos ecólogos, trazendo uma série de cautelas quanto ao planejamento amostral e à extrapolação de resultados obtidos em uma situação para outras situações.

Como tem sido comum em debates metodológicos e epistemológicos na ecologia, o ponto de partida dos argumentos de Hansson (2003) é um diagnóstico dos fracassos e das deficiências da pesquisa ecológica ao longo de sua história. Citando autores como Peters (1991), Shrader-Frechette & McCoy (1993) e Aarssen (1997), ele menciona o consenso até mesmo entre ecólogos de que sua ciência não deu conta das expectativas que recaem sobre ela, não tendo sido capaz nem de oferecer teorias básicas convincentes, nem de propor soluções apropriadas para problemas ambientais urgentes. Apesar de vários autores que atribuíram este problema às abordagens e aos métodos de qualidade inferior usados na ecologia terem proposto alternativas, Hansson (2003) comenta que estas têm sido pouco usadas. Entre as alternativas, ele menciona as técnicas gerais de regressão propostas por Peters (1991) ou a metodologia de estudos de casos de Shrader-Frechette & McCoy (1993, 1994). Em sua visão, esta situação decorre de limitações inerentes ao desenvolvimento e à aplicação prática da ecologia.

Ao comentar sobre os debates sobre a existência ou não de leis gerais na ecologia, citando Lawton (1999), Murray (2000) e Turchin (2001), Hansson se compromete com uma visão aparentemente ambígua,

na medida em que, de um lado, considera o foco sobre generalizações inadequado e, de outro, se refere à busca de ordem na variabilidade como um problema fundamental:

“... este foco na generalidade pode ser infeliz e, em vez disso, devemos provavelmente compreender que a ecologia é uma ciência da variabilidade (ou diversidade biológica [...]). Um problema principal é encontrar alguma ordem em toda esta variação” (Hansson 2003, p. 624).

A questão é que, se for possível encontrar ordem na variabilidade, ou, para usar outra formulação do próprio Hansson, “... estabelecer respostas comuns na dinâmica de populações e comunidades aos principais gradientes ambientais” (p. 624), estas respostas comuns teriam de ser expressas, necessariamente, na forma de generalizações. O problema parece residir no fato de que as generalizações na biologia em geral, e na ecologia em particular, dificilmente podem ter a forma de leis universais, como se supõe ser o caso das generalizações físicas. A questão, então, é deixar de lado o modelo das generalizações físicas e tentar compreender as generalizações biológicas em seu próprio direito e com sua própria forma não-universal, dando conta de seu poder explicativo e preditivo, ainda que relativamente limitados (se tomarmos generalizações físicas como parâmetro de comparação), bem como de seu poder heurístico.

Hansson comenta, ainda, sobre o abuso das teorias gerais na ecologia aplicada, como no caso do emprego de formulações teóricas incorretas no gerenciamento de recursos naturais. Como ele comenta, “a teoria geral tem sido usada como uma metáfora ou um pano de fundo para o planejamento de experimentos ou estudos descritivos, mas não ofereceu previsões muito úteis em contextos locais” (p. 625). Contudo, este é um problema das teorias gerais que a ecologia especificamente construiu, ou da busca de teorias gerais como um todo? Parece-me que o problema recai sobre as teorias ecológicas disponíveis, e não sobre a atitude de construir generalizações, que é uma característica da empreitada científica em si mesma. Sintomaticamente, Hansson termina por apontar para a necessidade de construir uma “teoria da variação ecológica”, que deveria ser capaz de “antecipar possíveis estados ou localizações distintivas em gradientes” (p. 625). Ora, esta deveria ser uma teoria

que tratasse da variação ecológica em termos gerais, porque, de outro modo, ela não teria qualquer ‘capacidade preditiva’, por mais restrita que fosse, e não permitiria qualquer tipo de ‘antecipação’.<sup>28</sup> Que esta é uma conclusão que pode ser tirada de dentro do próprio argumento de Hansson se torna claro nas últimas palavras de seu artigo:

“Ecólogos não serão jamais capazes de fazer previsões muito precisas. O desafio [...] é, antes, descobrir e avaliar padrões para fazer afirmações que vão além daquelas que os especialistas em história natural podem fazer” (p. 626).

Não seriam estes padrões gerais? Afinal, falar em padrão pressupõe regularidade, que, por sua vez, pode ser expressa na forma de uma generalização. Em suma, em meio à sua crítica da busca de leis gerais na ecologia, Hansson termina por flertar com a generalidade. Qual seria a explicação desse aparente paradoxo? Para compreender este paradoxo, basta consideramos a expectativa de Hansson de que generalizações tenham necessariamente a forma de leis universais. Esta expectativa fica evidente, por exemplo, quando ele discute a grande variabilidade espacial e temporal da dinâmica de populações de pequenos roedores e insetos. Sua conclusão é que “tornou-se assim impossível falar de apenas um fator ou mecanismo regulatório principal na dinâmica de roedores” (p. 624). Mais à frente, quando comenta sobre diferenças entre sistemas físicos e ecológicos, a mesma expectativa reaparece: “Tal diversificação espacial de fatores influenciadores é evidentemente uma ruptura com a visão ideal da física (clássica), na qual um fator único, ou alguns fatores que podem ser reunidos em uma equação bem definida, governam processos globalmente consistentes” (Hansson, 2003, p. 625).<sup>29</sup>

O aparente paradoxo se dissolve: de um lado, a construção de generalizações deve, para Hansson, corresponder à proposição de leis universais relacionando um fator ou mecanismo único (ou um conjunto de tais fatores ou mecanismos reunidos em uma equação bem definida) e a dinâmica das populações dos organismos em questão. Na medida em que isso não é possível, pelas várias razões que aponta em seu artigo, restaria abandonar a busca de leis gerais. A construção de uma teoria da variação ecológica, nos termos apresentados pelo próprio Hansson, pressupõe, contudo, algum grau de

generalidade. Este é o paradoxo e sua solução reside em adotar uma outra visão sobre a natureza das generalizações, que não se apóie em requisitos como o da universalidade.

Hansson argumenta, ainda, que leis gerais deveriam ser colocadas de lado na pesquisa ecológica por causa da natureza das explicações em ecologia, distinta daquela das explicações físicas:

“A distinção entre explicações ecológicas e da física clássica pode ser sumariada como um contraste na variação espaço-temporal e na precisão diferenciada da previsão de efeitos de interação. Previsões são quase exatas na física, mas altamente probabilísticas na ecologia; a estatística desempenha um papel importante na ecologia, mas não na física clássica” (p. 625).

Mas o que dizer da possibilidade de propor-se várias leis gerais, cada uma com domínio de aplicação restrito, acompanhadas de uma compreensão clara, teoricamente informada, do que delimita cada domínio, conforme proposto por Weber (1999) e Lange (2005) (ver adiante)? Hansson está correto, de fato, ao destacar a natureza estatística das generalizações na ecologia, mas isso somente implicaria a impossibilidade de quaisquer generalizações se nos restringíssemos ao modelo das leis físicas. Mas é isso, precisamente, o que não devemos fazer. É claro, todavia, que as teorias e leis ecológicas propostas terão de ser apreciadas quanto à natureza de seus propósitos e à extensão de sua utilidade, em virtude da natureza restrita de seus domínios de aplicação (*cf.* Hansson 2003, p. 625).

Quanto à comparação entre física e biologia, devemos tomar cuidado para não trabalhar em cima de uma caricatura da física e dos sistemas que ela estuda. Se for correto que as leis ecológicas são estatísticas e as previsões, probabilísticas, o mesmo pode ser dito de campos da física como a mecânica quântica e a física estatística. Não pretendo negar que existam diferenças entre sistemas físicos e biológicos, inclusive em aspectos adequadamente destacados por Hansson, como a variabilidade e a historicidade dos sistemas biológicos. Contudo, devemos considerar também que a proposição de modelos ideais, que tornaram tratáveis problemas físicos complexos, foi um dos avanços metodológicos cruciais da própria física. Murray (2000, 2001) e Turchin (2001) têm sua parcela de razão quando sugerem que muitos ecólogos tendem a referir-se reiteradamente à complexidade,

historicidade e diversidade dos sistemas ecológicos, em vez de buscarem meios de construir modelos simplificados, tratáveis, mas que, ainda assim, forneçam *insights* importantes sobre tais sistemas. Afinal, não se trata apenas, como ambos os autores nos lembram, de que sistemas físicos sejam simples e sistemas ecológicos, complexos, mas de uma posição epistemológica e metodológica que torne possível abordar a complexidade de maneira heurísticamente fértil. Parece-me que a atitude correta quanto à construção de generalizações na ecologia combina a busca de modelos que simplifiquem a complexidade, não indiscriminadamente, mas até um ponto em que mostrem suficiente poder explicativo, preditivo e heurístico<sup>30</sup>, com o reconhecimento de uma diversidade de generalizações com domínios de aplicação diferentes, em cada campo da ecologia.

#### AS MUDANÇAS DA TEORIA ECOLÓGICA NO SÉCULO XX – GHILAROV

A questão central colocada por Ghilarov (2001) é a seguinte: por que o desenvolvimento da ecologia não foi bloqueado pela discrepância entre o acúmulo considerável de dados empíricos e os resultados muito modestos na construção de teorias? Para dar conta dessa questão, ele discute as mudanças do lugar da teoria na ecologia do século XX, destacando a passagem de ‘leis’ gerais a ‘padrões’ e, então, a ‘mecanismos’. Em sua visão, este deslocamento corresponde a um enfraquecimento das demandas por rigor teórico (p. 357). Apesar de tal diminuição do rigor teórico, os ecólogos teriam sido capazes, no entendimento de Ghilarov, de elaborar gradualmente a abordagem explicativa que assumiram e colocar questões sobre os sistemas naturais passíveis de respostas (p. 358, mas *cf.* Peters 1991, Turchin 2001).

Inicialmente, ecólogos buscaram propor teorias e leis que Ghilarov descreve como ‘reais’, incluindo modelos matemáticos derivados da física e da química, que tiveram um papel central na chamada ‘era dourada da ecologia teórica’, nas décadas de 1920 a 1940 (Scudo & Ziegler 1978).<sup>31</sup> O sistema de equações diferenciais para modelar a dinâmica das relações predador-presa ou de pares de espécies competidoras proposto por Volterra e Lotka, independentemente, constitui um exemplo (Ghilarov 2001). Modelos dessa

natureza foram aceitos com entusiasmo por muitos ecólogos e predominaram na ecologia teórica até a década de 1960, apesar da falta de dados empíricos que o apoiassem e das suposições irrealistas nas quais estavam baseados, um aspecto que levou Peters (1991) a criticar o desacoplamento entre construção de modelos teóricos e testes empíricos na ecologia (ver tb. Cruz 2003). Ghilarov se pergunta por que as equações de Volterra-Lotka ou a curva logística de Verhulst-Pearl permaneceram como elementos essenciais da teoria ecológica por tanto tempo. Em sua visão, a resposta reside, em parte, no fato de que teorias somente são superadas quando teorias melhores surgem, em parte, no fato de que muitos ecólogos não precisavam daquelas teorias, porque podiam basear sua investigação em outras molduras conceituais mais vagas (Ghilarov 2001). A natureza heterogênea da ecologia permitiu tal situação, na medida em que ecólogos trabalham com múltiplos problemas, investigam diferentes grupos de organismos e buscam generalizações em diferentes escalas. Há, ainda, uma heterogeneidade nas atitudes dos ecólogos frente à necessidade, à forma e aos objetivos das teorias ecológicas. A ecologia sempre foi, como McIntosh (1980) escreveu, uma disciplina polimórfica, com abordagens mutuamente exclusivas tipicamente coexistindo por longos períodos. Esta heterogeneidade permitiu, para Ghilarov (2001), que a ecologia se desenvolvesse sem uma teoria unificada e vigorosa.

O final da década de 1960 assistiu, para este autor, um deslocamento para a busca de modelos orientados por padrões e derivados de observações de populações, comunidades e ecossistemas reais. Esta mudança está relacionada ao fracasso da ecologia, nas décadas de 1940 a 1960, na tentativa de encontrar uma via média adequada entre a riqueza de detalhes que pareciam necessários para a compreensão dos sistemas ecológicos, muitos dos quais contingentes, e a simplificação da realidade que é inevitável nos processos de abstração envolvidos na construção de leis gerais. Este cenário começou a mudar no final da década de 1960, quando uma série de ecólogos com fortes inclinações teóricas começou a levar mais em conta padrões observáveis nos sistemas ecológicos no desenvolvimento de seus modelos. Entre estes, Robert MacArthur desempenhou um papel especialmente importante. Neste contexto, é relevante a distinção, por

Grimm (1994), entre duas abordagens da modelagem matemática em ecologia: primeiro, a modelagem que Grimm denominou ‘de estilo livre’ (*free-style*), que busca a generalidade sem dar especial atenção à testabilidade e à escala apropriada de aplicação. Foi este estilo de modelagem que predominou na ecologia da primeira metade do século XX. O segundo estilo de modelagem foi característico da tendência da ecologia teórica que se afirmou a partir do final dos anos 1960. Grimm o denomina modelagem ‘orientada por padrões’, uma vez que toma como ponto de partida para a construção de modelos algum padrão observável na natureza. A dependência do padrão e de uma escala particular limita a generalidade de tais modelos, mas de maneira a aumentar seu poder preditivo.

Na década de 1980, uma nova mudança ocorreu, de acordo com Ghilarov (2001). Ela deslocou o foco de atenção para uma abordagem ‘mecanística’, que tem como objetivo compreender os processos subjacentes aos padrões ecológicos e as restrições que operam sobre eles, com especial ênfase sobre as restrições decorrentes de características morfológicas, fisiológicas e comportamentais dos organismos (ver, p. ex., Schoener [1986] 2000). Esta abordagem pode ser considerada complementar, e não alternativa, à modelagem orientada por padrões que se tornou mais largamente usada na ecologia teórica das últimas três décadas (Ghilarov 2001). É uma característica marcante da abordagem mecanística a combinação de modelos teóricos (usualmente não muito gerais) e dados empíricos obtidos em estudos de campo, com o objetivo de elucidar os mecanismos subjacentes, visando alcançar um grau significativo de poder preditivo sobre os processos e os padrões ecológicos.

Não é claro por que Ghilarov (2001, p. 357) escreve que “deslocamento de atenção de ‘leis’ gerais para ‘padrões’ e, mais tarde, para ‘mecanismos’ corresponde a um evidente enfraquecimento das demandas de rigor teórico”. Afinal, como ele mesmo comenta, o sucesso da abordagem mecanística “... foi possível não somente porque os mecanismos subjacentes eram universais, mas também porque os autores tinham em mãos boa metodologia, um algoritmo consistindo de questões sucessivamente mais claras que podiam ser claramente respondidas” (p. 361). Ora, esta clareza metodológica sugere que a abordagem mecanística não teria, de fato, rigor teórico

menor do que a modelagem matemática ‘de estilo livre’ que caracterizou a ecologia na primeira metade do século XX. Sintomaticamente, vários filósofos da biologia têm defendido que a construção de modelos de mecanismos ou explicações mecanísticas é a característica mais marcante da melhor pesquisa científica em biologia (*e.g.*, Machamer *et al.* 2000, Glennan 2002, 2005). As diferenças entre as três práticas distintas de construção de conhecimento na ecologia identificadas por Ghilarov não podem ser caracterizadas em termos de um enfraquecimento do rigor teórico. Elas devem residir, antes, em diferentes atitudes frente à busca de generalizações na ecologia, que não relaxam a demanda de rigor teórico, mas entendem o que é uma boa teoria de maneiras distintas.

Ghilarov explica em termos mais claros sua apreciação da história da busca por leis ecológicas ao afirmar: “Começando com tentativas de formular imediatamente ‘leis’ universais que seriam esperadas, ecólogos recuaram para a busca de ‘padrões’ e, mais tarde, de ‘mecanismos’. Assim, suas demandas por teorias gerais se tornaram consideravelmente mais fracas. A metodologia que foi gradualmente elaborada permitiu a revelação de ‘verdades limitadas’ e isso, por si só, pode ser considerado o maior sucesso da ecologia nas últimas décadas” (p. 361). Este argumento elucidava o que ele quer dizer – de modo desajeitado – com a referência a uma ‘diminuição do rigor teórico’: trata-se de um enfraquecimento dos requisitos colocados para as teorias gerais na ecologia, no sentido de que estas poderiam ter menor generalidade, natureza estatística e conviver com grande número de exceções.

Por fim, é importante ter em mente preocupações que Ghilarov expõe ao final de seu artigo. As respostas dadas pela ecologia às questões mais restritas que ela tem se colocado se referem a casos particulares e não há sinais de que respostas mais gerais possam ser formuladas nessas bases. Não há evidência, por exemplo, de que alguma teoria geral, unificadora, esteja em construção na ecologia. Assim, parece necessário um esforço de elaboração de teorias ecológicas suficientemente gerais, sem perder de vista que teorias monolíticas, universais, não são compatíveis com a natureza dos sistemas ecológicos e das práticas epistêmicas dos ecólogos. A cientificidade da ecologia parece demandar um esforço para a construção de tais

molduras teóricas, que permitam uma intervenção mais bem sucedida nas graves questões ambientais que nos afligem, o que requer compreensão teórica profunda e capacidade de previsão. Nos termos de Ghilarov (2001), precisamos ir além de um ‘arranjo de metodologias’ e abordagens teóricas correspondentes, cada uma voltada para um tipo particular de questão de pesquisa.

#### *CONCEPÇÕES EQUIVOCADAS SOBRE LEIS – COLYVAN & GINZBURG E A CRÍTICA DO DEBATE SOBRE LEIS ECOLÓGICAS*

Colyvan & Ginzburg (2003a) se diferenciaram dos demais autores que vinham discutindo até três anos atrás as generalizações ecológicas na literatura sobre ecologia, porque não somente se apoiaram fortemente na filosofia da ciência, como se referiram especificamente a trabalhos sobre o tema de filósofos da biologia (Cooper 1998, Mikkelsen 2003). Os avanços que se tornam possíveis a partir do diálogo com essa literatura específica ficam bastante claros em seu trabalho. Eles mostram como grande parte do debate na literatura ecológica tem sido marcada por concepções equivocadas sobre o conceito de lei e o papel deste construto nas ciências físicas, algumas das quais já aponteí acima. Para eles, os argumentos contrários à existência de leis ecológicas são baseados em suposições filosóficas questionáveis. Conseqüentemente, não haveria boas razões para negar que a ecologia tenha leis. O propósito de seu artigo é apresentar algumas idéias sobre o que leis não são e, assim, lançar alguma luz sobre o que elas são, afinal de contas. Sua tese é que, uma vez que estas concepções equivocadas tenham sido postas de lado, a existência de leis ecológicas se fará mais evidente, e, além disso, tornar-se-á possível sugerir que “... o caso a favor de leis na ecologia não é nem melhor nem pior do que o caso a favor de leis na física” (Colyvan & Ginzburg 2003a, p. 649). Afinal, como Cartwright (1983), van Fraassen (1989) e outros mostraram, nem mesmo a física apresenta leis com forma universal que muitos pensam ser parte constituinte desta ciência (*cf.* Murray 2000, 2001). Na visão de Colyvan & Ginzburg (2003a, p. 652), a ecologia e a física estão no mesmo barco no que concerne ao estatuto de suas generalizações, na medida em que “... ambas possuem leis que tipicamente apresentam

exceções, não são necessariamente explanatórias, podem não ser preditivas e freqüentemente invocam situações idealizadas”.

A primeira concepção equivocada que Colyvan & Ginzburg (2003a) consideram é a de que leis não podem possuir quaisquer exceções. Este é um requisito tão forte que, se aplicado, haveria poucas leis, ou talvez nenhuma lei, até mesmo na física. Esta é uma das razões para a defesa de um papel menor para leis na física, por autores como Cartwright e van Fraassen. Colyvan & Ginzburg argumentam que leis tomadas como universais por autores como Murray, por exemplo, não são de fato universais, a exemplo da lei de Galileu de que todos os corpos caem em aceleração constante rumo à Terra, independentemente de sua massa (como exceções, considere as diferenças entre as quedas de pedras e penas, devidas à interferência de outras variáveis, como a resistência do ar), ou da lei de Kepler de que todos os planetas se movem em trajetórias elípticas, com o Sol em um dos focos da elipse (todos os planetas são exceções a esta lei, uma vez que uma variedade de fatores perturbadores, como as influências de outros planetas, por exemplo, fazem com que suas trajetórias não sejam exatamente elípticas) (pp. 649-650). Portanto, é preciso formular a generalidade de proposições com a forma de leis em outros termos. Isso pode ser feito limitando-se o escopo das leis, ou seja, tratando-as como universais dentro de domínios restritos de aplicação. Por exemplo, a lei da queda dos corpos pode ser limitada a casos ideais, em que os efeitos da resistência do ar sejam negligenciáveis. Desse modo, a lei não terá exceções, mas, como observam Colyvan & Ginzburg (2003a, p. 650), também parecerá não ter qualquer utilidade, na medida em que não há corpos em queda que não se defrontem com a resistência do ar. A lei parece deixar, assim, de ser informativa no que diz respeito a corpos em queda no mundo real. Contudo, o apelo a tais situações ideais parece o modo correto de proceder, embora, como os autores nos lembram, seja controverso como elas devem ser usadas na articulação das leis. Mais à frente, explicarei o papel de tais situações ideais em termos de um modelo de explicação científica que tem na devida conta sua dimensão pragmática e a necessidade de comparar diferentes classes de eventos.

Em seguida, Colyvan & Ginzburg (2003a, p. 650)

consideram a concepção equivocada de que leis devem resultar em previsões precisas, ou, como popperianos como Murray colocam, devem ser falseáveis nos seguintes termos: uma lei  $L$  deve fazer alguma previsão muito específica  $P$  sobre o que acontecerá numa circunstância  $S$  (e.g., experimental ou observacional). Caso  $P$  seja observado em  $S$ , então  $L$  recebe apoio empírico, sobrevivendo até alguma possível futura falsificação. Caso isso não ocorra,  $L$  foi falsificada e deve ser rejeitada. Esta é uma visão da natureza dos testes empíricos e de suas conseqüências que foi considerada simplista pela grande maioria dos filósofos da ciência posteriores à virada historicista da década de 1960. Desse modo, sustentar tal visão popperiana estrita, sem considerar desenvolvimentos posteriores, como aqueles conseguidos por Lakatos, deve ser visto como uma desatualização. Após destacar que não poderiam revisar as muitas objeções decisivas a esta visão da ciência, Colyvan & Ginzburg comentam: “É suficiente dizer que este modelo não consegue dar conta da natureza holística da confirmação (e da desconfirmação), e encontra poucos defensores entre os filósofos da ciência modernos” (p. 650). Para explicar do que trata a visão holística dos testes empíricos, eles citam o comentário de Quine (1980, p. 41) de que “nossos enunciados sobre o mundo externo enfrentam o tribunal da experiência sensorial não individualmente, mas como um corpo integrado”, e mencionam como este ponto também foi defendido por Duhem e Lakatos. A conclusão geral é apresentada em termos lakatosianos, indicando-se como nenhuma hipótese ou lei é estritamente falseável no sentido popperiano estrito, uma vez que sempre é possível desviar a falsificação da lei ou hipótese para alguma hipótese auxiliar, no sistema de hipóteses que testamos em um experimento ou uma observação sistemática, de modo a acomodar evidências contrárias. Afinal, todos os equipamentos, procedimentos de amostragem, premissas assumidas, condições iniciais, procedimentos estatísticos etc. também comportam hipóteses que são tão submetidas a teste quanto a hipótese ou lei que estamos apreciando numa dada circunstância. Nada há na lógica subjacente aos testes empíricos que possa indicar que, da falsificação de uma previsão pela evidência empírica, segue necessariamente que a hipótese em teste é falsa. Qualquer outra premissa ou hipótese assumida para a condução do teste poderia

ser falsa, tendo sido responsável pela discrepância entre previsão e evidência.<sup>32</sup>

Assumindo a visão apropriada de que teorias são corpos integrados de conhecimento aos quais estão subordinadas leis, hipóteses, modelos etc., Colyvan & Ginzburg mostram como o poder de fazer previsões precisas não pode ser atribuído a leis, como se estas fossem proposições isoladas:

“O ponto que estamos defendendo é simplesmente que uma lei única tipicamente não faz previsões específicas por si só; uma grande quantidade extra de teoria e fatos sobre condições iniciais é necessária para fazer qualquer previsão, quanto mais previsões precisas. [...] Embora não se possa negar que poder preditivo numa teoria é uma virtude, não deve ser visto como responsabilidade única de leis propiciá-lo” (Colyvan & Ginzburg 2003a, p. 650).

Uma terceira concepção equivocada discutida por estes autores diz respeito à idéia de que leis não podem ser meramente regularidades.<sup>33</sup> Esta visão tem como pano de fundo outra concepção errônea tratada por eles, a de que leis não podem admitir quaisquer exceções (p. 651). Em particular, eles abordam a tentativa de distinguir leis de regularidades com base na suposta capacidade das leis de estabelecer, numa conexão regular entre dois eventos, as causas e os efeitos. Entre as razões para julgar esta visão equivocada, podemos destacar a de que há muitas leis na própria física que apenas enunciam correlações, sem distinguir causa e efeito, na verdade, sem mesmo mencionar causas, a exemplo das leis de Kepler ou da lei da conservação de massa/energia. O motivo pelo qual estas leis não se referem a causas é que elas são leis empíricas e, assim, apenas enunciam regularidades encontradas na experiência. Elas não têm papel explicativo, mas, antes, descrevem o que deve ser explicado, sendo a explicação propriamente dita construída no interior das teorias das quais estas leis são parte, como mostra a compreensão das leis de Kepler a partir da mecânica newtoniana. Outra maneira de distinguir leis de meras regularidades diz respeito ao poder explicativo das primeiras, em contraste com as segundas. Colyvan & Ginzburg consideram difícil sustentar este raciocínio porque “todos nós sabemos que a explicação deve terminar em algum lugar, e ela tipicamente termina com leis da natureza”. Portanto, leis nada explicam, argumentam eles, mas “... apenas enunciam as suposições fundamentais da teoria” (p.

651). Este argumento aponta no mesmo sentido que o raciocínio construído mais acima: o poder explicativo não reside nas leis em si mesmas, mas nas teorias, das quais as leis, sejam empíricas ou teóricas, para usar uma distinção de Murray (2001), são parte.

É importante considerar, ainda, que, embora argumentem que a inexistência de exceções, o poder preditivo e a distinção em relação a meras regularidades com base no poder explicativo ou na distinção entre causa e efeito não sejam condições necessárias para uma lei, Colyvan & Ginzburg não pretendem sustentar que leis nunca possuem qualquer uma dessas características; ao contrário, afirmam que leis com algumas ou todas estas características podem ser, inclusive, preferíveis (p. 651). O que vem à tona, então, é a plausibilidade de que leis com tais características possam ser propostas no domínio das ciências biológicas. Neste ponto, é evidente que a biologia apresenta generalizações causais, muitas delas com certo grau de poder explicativo e preditivo. Trata-se, contudo, não de desprezar tais generalizações, mas de explicar qual o papel que elas cumprem na biologia e como elas o fazem.

Os argumentos apresentados neste artigo de Colyvan & Ginzburg são principalmente negativos, buscando mostrar o que não é uma lei, um aspecto que é por eles justificado pela impossibilidade de oferecer uma caracterização positiva das leis naquele espaço, dada a diversidade de visões na literatura, e pelo fato de que uma caracterização negativa é suficiente para os seus propósitos. Afinal, eles pretendem apenas mostrar que o argumento usual contra a existência de leis na ecologia fracassa, por ser baseado numa visão inadequada do que seria uma lei (p. 651).

A maior parte da insatisfação com as proposições candidatas a leis na ecologia reside, como eles corretamente comentam, no fato de que elas são relativamente imprecisas, visto que apresentam muitas exceções e são válidas apenas aproximadamente. Eles argumentam que estas não são razões para rejeitar seu estatuto de lei, uma vez que a maioria das leis possui exceções e é muito comum que sejam válidas apenas em situações idealizadas (p. 651). De qualquer modo, a caracterização positiva do que seria uma lei ecológica faz falta aos argumentos de Colyvan & Ginzburg, na medida em que é preciso dizer como leis que

apresentam exceções e são estatísticas, não determinísticas, poderiam ser formuladas de modo preciso e testável.

### *GENERALIZAÇÕES NUMA METAFÍSICA ECOLÓGICA – ULANOWICZ*

Ulanowicz (1999), em sua comparação da visão de mundo newtoniana e das metáforas organicistas e estocásticas que motivam a investigação sobre ecossistemas, oferece um exemplo muito interessante do potencial de contribuição de um diálogo entre filosofia da ciência e pesquisa teórica em biologia. Ele se apóia no filósofo Karl Popper para abordar a natureza das causas e das escalas em que elas operam na ecologia. A visão de mundo newtoniana fracassa, para Ulanowicz, como uma moldura teórica para a compreensão dos processos vitais. Ele parte dos argumentos de Popper<sup>34</sup> sobre o fechamento causal e o determinismo, na perspectiva mecanicista do mundo, e a necessidade de revermos nossa visão sobre a causalidade, de modo que possamos tratar o universo como causalmente aberto, com o acaso, o indeterminismo, operando em todos os níveis.<sup>35</sup> O ponto de chegada do argumento de Ulanowicz é uma proposta de ampliação do edifício newtoniano. Esta visão ampliada seria, então, capaz de dar conta da complexidade característica dos seres vivos.

Ulanowicz se apóia na tese de Popper de que as forças newtonianas não são mais do que um pequeno subconjunto de um universo mais geral de ‘propensões’. Uma propensão corresponde à tendência de que certo evento ocorra em um contexto particular. Assim, propensões podem incorporar as contingências dos processos evolutivos, enquanto as leis newtonianas em senso estrito não o podem. Note-se, ainda, que propensões não mostram o mesmo caráter de determinismo e universalidade que as leis newtonianas apresentam, mas podem, ainda assim, ser expressas na forma de generalizações. Ulanowicz argumenta, então, que a reformulação das forças como propensões leva naturalmente a uma generalização das leis newtonianas que daria conta das leis ecológicas. Esta seria a base para uma metafísica ecológica, que preservaria as leis newtonianas, mas colocaria de lado idéias que os iluministas anexaram ao trabalho de Newton. Assim, propiciaria um conjunto mais coerente

de suposições para a compreensão dos processos naturais, em particular, daqueles que têm lugar nos sistemas vivos. Estas assunções poderiam estar na base de um paradigma unificador da ecologia, que parecia impensável décadas atrás, mas, para Ulanowicz, se tornou mais factível em virtude de avanços tanto da filosofia quanto da ecologia.

Na teoria de Ulanowicz, não há lugar para leis universais, na medida em a idéia de leis aplicáveis a todos os tempos e lugares estaria limitada a sistemas com número reduzido de partes ou nos quais as partes interagem apenas fracamente. Sistemas ecológicos, contudo, são caracterizados por um enorme número de componentes que interagem fortemente, ou seja, eles são sistemas minimamente decomponíveis (Simon 1969) ou integrativos (Bechtel & Richardson 1993). Nesta classe de sistemas, a organização desempenha um papel significativo na determinação das propriedades dos componentes e a dependência mútua das entidades e dos processos torna difícil projetar a influência de um evento numa janela particular de espaço e tempo para todos os domínios espaço-temporais, por mais remotos que sejam. Propensões, em contraste com forças newtonianas, jamais ocorrem isoladas, mas sempre em um contexto, que, quase invariavelmente, inclui outras propensões, e a interação entre propensões pode levar a um espectro de resultados, cuja probabilidade depende do contexto particular que estamos considerando. Como Ulanowicz (1999, p. 133) sumária, “... sempre que propensões ocorrem próximas umas às outras, é provável o aparecimento de interferências e novas propensões”.<sup>36</sup>

Por fim, em contraste com a metafísica newtoniana, Ulanowicz propõe uma metafísica ecológica que substitui os pressupostos mecanicistas do fechamento, determinismo, universalidade, reversibilidade e atomismo pelas assunções de abertura, no sentido de que indeterminação surge sempre, em todas as escalas; contingência, na medida em que processos bióticos estão vinculados a propensões, não a forças newtonianas; granularidade, no sentido de que a magnitude do efeito de eventos em um nível hierárquico diminui à medida que subimos numa hierarquia de níveis, em virtude dos efeitos da restrição e seleção que níveis superiores exercem sobre níveis inferiores (determinação descendente); historicidade; e organicismo, respectivamente.

### UMA VISÃO MAIS PROFUNDA DAS LEIS – LANGE

Lange (2005, p. 394) parte de uma crítica vigorosa e justificada sobre a literatura ecológica acerca de leis: “Um aspecto notável dos debates recentes sobre a existência de leis ecológicas é a negligência relativa de uma questão logicamente anterior: qual natureza uma relação ecológica deveria ter para qualificar-se como uma lei ecológica?” Ele busca propor, então, uma concepção de lei natural que lhe parece adequada. Seu intuito é não apenas superar confusões sobre a existência e a natureza das leis ecológicas, mas também explicar por que sua existência se mostra relevante. A importância das leis ecológicas reside, para Lange, em que elas tornariam as explicações ecológicas irreduzíveis a explicações físicas supostamente capazes de dar conta dos mesmos fenômenos, mesmo que estivéssemos falando da explicação física mais completa possível. Ou seja, leis ecológicas tornariam possível sustentar a autonomia da ecologia, desde que fossem exclusivas desta ciência, e não apenas leis de outras ciências aplicadas aos sistemas ecológicos, como propõe Berryman (2003).

Um dos primeiros passos de Lange guarda relação com um ponto que destaquei acima, ao discutir algumas leis propostas por ecólogos: a importância de distinguir entre leis, como proposições cujo valor de verdade só pode ser estabelecido *a posteriori*, mediante sua relação com o mundo empírico, e teoremas matemáticos e outras proposições *a priori*, cujo valor de verdade não depende do mundo empírico, mas de sua demonstração no interior de um sistema formal. Lange destaca a divisão dos fatos pela lógica em três categorias: primeiro, as necessidades lógicas, conceituais, matemáticas e metafísicas, que não poderiam ser de outro modo em qualquer mundo concebível, tal como, por exemplo, o fato de que se  $p$  é verdadeiro e  $p$  implica  $q$ , então  $q$  deve ser verdadeiro. Um teorema matemático pertence a esta categoria. Leis, por sua vez, se referem a fatos contingentes. Estes podem ser divididos em duas classes: leis naturais e ‘acidentes’. Um ponto importante a destacar é que um acidente é uma verdade e, além disso, acidentes podem ser regulares, como no caso da seguinte generalização accidental: ‘todos os cubos sólidos de ouro têm volume menor do que mil metros cúbicos’ (Hempel 1965). Conseqüentemente, leis não podem ser simplesmente definidas como

verdades gerais, como pretendem, por exemplo, Lawton (1999) e Berryman (2003).

Um problema central nas discussões epistemológicas sobre leis é, portanto, o de como distingui-las de acidentes. Um bom ponto de partida é considerar que acidentes são apenas coincidências: um cubo de ouro com volume maior do que mil metros cúbicos poderia ter se formado, caso condições apropriadas estivessem presentes, ou seja, nada há na natureza que proíba a reunião de ouro suficiente para formar tal objeto. Em contraste, as leis naturais apresentam um tipo de necessidade, embora mais fraca do que a necessidade metafísica, matemática, lógica ou conceitual. Este tipo de necessidade foi chamado de necessidade ‘nomológica’ ou ‘nômica’. Para entender a distinção, considere-se que, em contraste com o caso do ouro, não é um acidente que grandes cubos de urânio 235 não sejam encontrados. Isso porque as leis que regem reações nucleares em cadeia proíbem a existência de tais cubos; eles simplesmente explodiriam. A necessidade nomológica diz respeito, assim, ao fato de que as coisas e os processos devem se conformar às leis naturais, ainda que estas não precisem ser as mesmas em todos os mundos concebíveis. A diferença entre a necessidade nomológica e os tipos mais fortes de necessidade pode tornar-se, então, mais clara: enquanto a primeira vale em todos os mundos concebíveis que compartilham com o mundo real suas leis físicas mais básicas, os últimos valem para conjuntos mais amplos de mundos concebíveis.<sup>37</sup>

A necessidade nômica é a propriedade das leis que permite que elas governem não apenas o que realmente acontece, mas também o que aconteceria em várias circunstâncias que não tiveram lugar de fato. Assim, uma maneira de testar a necessidade de uma proposição é verificar se ela suporta ‘contra factuais’ (Goodman 1983), i.e., proposições da forma “caso  $p$  tivesse ocorrido, então  $q$  também teria ocorrido”. Um exemplo de contra factual seria: ‘se eu tivesse soltado esta caneta, ela teria caído rumo à Terra’. O fato de que podemos dizer que este contra factual é verdadeiro, ainda que o evento não tenha efetivamente acontecido, é um indício da necessidade da lei subjacente. Lange (2005, p. 395) concebe a distinção entre leis e acidentes em termos de uma idéia que denomina ‘preservação nômica’, referindo-se à demarcação entre proposições que se manteriam verdadeiras em várias circunstâncias

contra factuais, as leis, e proposições que não manteriam seu valor de verdade em tais circunstâncias, as generalizações acidentais.

Outra diferença importante entre leis e acidentes, também relacionada à necessidade nômica, é a presença nas leis de um poder explicativo que as generalizações acidentais não apresentam. Se quisermos explicar, por exemplo, por que os corpos caem em direção à Terra, poderemos apelar para a lei da gravidade, em vista de sua necessidade nômica: a caneta tinha de cair, devido à lei da gravidade. O mesmo não é observado no caso de uma generalização acidental: o fato de que todas as maçãs em meu refrigerador são vermelhas não cria qualquer necessidade em relação à cor da próxima maçã que for ali colocada.

Associada ainda à necessidade nômica, temos outra propriedade das leis, também destacada por Goodman (1983): leis recebem apoio empírico de observações particulares, mas não generalizações acidentais. A idéia é que, da observação, por exemplo, de uma maçã vermelha em meu refrigerador, não segue qualquer apoio empírico à hipótese de que a próxima maçã que for ali colocada será vermelha. No entanto, a observação de que uma amostra de uma substância química determinada se funde a 40°C (sob condições padronizadas) fornece apoio empírico à hipótese de que outras amostras da mesma substância apresentarão o mesmo ponto de fusão.

Não obstante a utilidade de tais distinções, é certo afirmar, como faz Lange (2005, p. 396), que a distinção entre leis e generalizações acidentais pode, em vários casos, ser um assunto muito complexo. A título de exemplo, considere-se a distinção entre leis e acidentes com base na capacidade das primeiras de apoiar contra factuais. O fato de que a velocidade máxima de um carro em uma estrada seca e lisa se encontra numa certa relação com a distância do acelerador ao assoalho do veículo certamente não é uma lei, na medida em que depende de características acidentais do *design* do carro. Esta relação suporta, no entanto, contra factuais, como a afirmação de que o carro chegaria à sua velocidade máxima, caso eu tivesse pressionado o acelerador até meio centímetro do assoalho. De fato, para praticamente qualquer generalização acidental, podemos conceber algumas mudanças, e, logo, alguns contra factuais hipotéticos, em relação aos quais ela

seria invariante. Uma saída para o problema seria usar a consistência com as leis naturais para determinar situações nas quais contra factuais não seriam suportados por generalizações acidentais. Esta idéia, contudo, é circular, na medida em que estaríamos usando a noção de consistência com as leis para delimitar o espectro de perturbações contra factuais sob as quais uma relação deve ser invariante para qualificar-se como lei.

Lange (2005, pp. 396-397) propõe uma maneira de demarcar as leis naturais que não pressupõe que a própria distinção já teria de algum modo sido feita. Além disso, ele sustenta a pertinência de uma distinção nítida entre leis e acidentes, em contraste com a visão de outros filósofos da ciência, como Mitchell (1997, 2000, 2003) e Woodward (2001). De acordo com Lange (2005, p. 397), leis devem possuir, *quando tomadas coletivamente*, um tipo distintivo de invariância sob a influência de perturbações contra factuais, a saber, *elas são invariantes sob um espectro de suposições contra factuais tão amplo quanto ele poderia logicamente ser*.<sup>38</sup> Ele denomina este tipo de invariância ‘*estabilidade*’ ou ‘*estabilidade coletiva*’. Como um grupo, as leis seriam então maximamente invariantes, no sentido de que “... todas as leis ainda seriam válidas sob todas as suposições contra factuais sob a qual todas elas poderiam [...] ser válidas” (p. 397). A proposta de Lange se torna mais clara quando consideramos o sentido em que leis que apresentam ‘estabilidade’, como um conjunto, teriam como uma de suas propriedades a ‘necessidade’: “... necessidade envolve possuir um grau máximo de invariância sob perturbações contra factuais” (p. 395). Mesmo uma generalização acidental que se mantenha sob muitas suposições contra factuais, como a função ‘velocidade do carro-distância do acelerador ao assoalho’, não poderia apresentar este grau máximo de invariância.

Um aspecto interessante da proposta de Lange é que ela não permite que o estatuto de lei seja atribuído a uma proposição isolada, mas somente a um conjunto de proposições. O que há de mais interessante nesta idéia é que ela coloca em destaque a necessidade de articular as leis entre si, formando um corpo de conhecimento mais abrangente, uma ‘estrutura unificada’ (p. 400) ou rede de afirmações sobre o mundo, à qual cada proposição individual está

subordinada. Em outras palavras, ela enfatiza a necessidade de construir corpos teóricos. O próprio Lange destaca esta decorrência de sua concepção de lei:

“... eu penso que ela destaca de modo útil como o estatuto de lei (*lawhood*) não é algo que um fato alcança em isolamento. Ao contrário, o estatuto de lei é alcançado apenas como um membro de um conjunto integrado de leis – integrado no sentido de que cada membro ajuda a limitar o espectro de invariância que qualquer outro membro deve possuir para que seja uma lei” (Lange 2005, p. 400).

A partir de sua visão sobre a natureza das leis, Lange passa a examinar as características que proposições da ecologia deveriam ter para qualificarem-se como leis (pp. 397-400). Neste esforço, ele se debruça sobre o difícil problema das condições *ceteris paribus*, que podem minar a falseabilidade de uma lei, lançando dúvida sobre sua cientificidade, e apresenta uma solução interessante para ele, que guarda semelhanças importantes com idéias a respeito encontradas em Weber (1999). Entre as similaridades mais notáveis, está a de que, assim como Weber, ele propõe uma maneira de delimitar os domínios de aplicação das generalizações ecológicas com base numa compreensão teórica. Lange consegue formular essa noção de compreensão teórica de modo muito interessante, embora não a chame assim: tal compreensão corresponderia a um entendimento de como as proposições às quais se atribui o estatuto de lei se relacionam, de tal modo que elas delimitam o domínio de aplicação umas das outras. Esta visão tem grande poder heurístico, como destaca o próprio Lange:

“A pesquisa sobre os mecanismos responsáveis por vários padrões ecológicos em grande escala poderia ser guiada com proveito pela expectativa de que quaisquer leis deverão se interconectar dessa maneira, em vez de serem inteiramente independentes” (p. 400).

A ‘estabilidade nômica’ requer, também, que todos os membros do conjunto de leis sejam confiáveis (*reliable*), i.e., “suficientemente próximos da verdade para os propósitos do campo” (Lange, 2005, p. 397). Inspirando-se em John Stuart Mill, Lange considera que uma lei confiável deve refletir as “causas maiores”, ou seja, aquelas das quais a maior parte do fenômeno depende. Ela pode desprezar, contudo, uma série de

influências menores, às quais Lawton (1999, p. 146) se refere como “ajuste fino”, em contraste com “os processos” (ênfase no original). Muitas controvérsias biológicas dizem respeito, como nos lembra Beatty (1995, 1997) em seus argumentos contra a existência de leis biológicas (ver adiante), à ‘significância relativa’ de diversos fatores. Lange (2005, pp. 397-398) oferece interpretação distinta da de Beatty, propondo que estes debates dizem respeito a quais são as ‘causas maiores’ que devem figurar nas leis biológicas. A distinção entre ‘causas maiores’ e influências menores oferece um meio de formular o argumento contra a existência de leis na ecologia: no caso de fenômenos ecológicos, não haveria distinção possível entre causas maiores e uma série de influências menores, locais, idiossincráticas, que só poderiam ser estabelecidas caso a caso. Não é este, contudo, o caminho tomado por Lange.

Como somente o espectro de perturbações contra factuais relevantes para um dado campo de pesquisa deve ser considerado ao discutir a possibilidade de formular leis naquele campo, Lange propõe que “para um conjunto de proposições confiáveis ser estável para os propósitos de um determinado campo, os membros do conjunto devem ser todos invariantes sob toda suposição contra factual que seja relevante para o campo e consistente com todo membro do conjunto”. Logo, “um conjunto que seja estável para propósitos ecológicos [...] deverá possuir tanta ‘resiliência’ sob perturbações contra factuais ecologicamente relevantes quanto aquele conjunto poderia possuir – e, assim, consistirá de leis ecológicas” (p. 398).

Ele discute quais características uma proposição candidata, como a relação espécie-área, deveria possuir para ser uma lei ecológica genuína. Esta relação é frequentemente formulada como a ‘lei de área’, afirmando que o número  $S$  de espécies de um grupo taxonômico numa ‘ilha’, num determinado ‘arquipélago’, aumenta, *ceteris paribus*, com a área da ilha  $A$  de acordo com a função  $S = cA^z$  (p. 398). A lei de área contém uma condição *ceteris paribus*, o que significa que ela se refere apenas às ‘causas maiores’ relevantes, desprezando influências menores. Vimos acima que a preocupação que as leis acompanhadas de tais condições levantam diz respeito ao fato de que elas se tornariam infalsificáveis caso todas as condições *ceteris paribus* não fossem listadas. Isso porque a lei poderia ser salva de qualquer evidência

contrária pela manobra de considerar que esta teria sido obtida sob a influência de uma condição perturbadora. Ela seria restringida, assim, a uma situação de exceção, que não poderia servir para o teste da proposição. A questão que se coloca, então, é a de como seria possível completar a lista de todas as condições perturbadoras, por menores ou mais raras que fossem, de modo a ter clareza sobre as circunstâncias que falsificariam a lei.

Um primeiro ponto a considerar é que, como observa Lange, não é preciso que todos os outros fatores causais relevantes estejam ausentes para que a condição *ceteris paribus* seja satisfeita. Basta que os outros fatores considerados muito importantes para serem negligenciados (para os propósitos relevantes) estejam ausentes. Ainda assim, a formulação precisa das condições *ceteris paribus* coloca um notável desafio.

Entre as outras ‘causas maiores’ incluídas na condição *ceteris paribus* da lei de área, Lange inclui, por exemplo, a distância do continente (expressa na ‘lei da distância’) ou a heterogeneidade ambiental (p. 398). É a estas ‘causas maiores’ que os ecólogos devem dirigir a atenção em sua tentativa de delimitar com precisão o domínio de aplicação da lei de área: “... os ecólogos não precisam identificar toda influência menor que poderia causar desvios de  $S = cA^z$ , mas apenas as ‘causas maiores’ que devem ser levadas em consideração para que a lei de área resulte em previsões que sejam com frequência suficientemente boas para os tipos pretendidos de aplicações” (Lange 2005, pp. 398-399). O domínio de aplicação de uma generalização deve ser, assim, especificado no interior de um conjunto de generalizações, todas elas concernentes a causas maiores, que delimitam as circunstâncias em que uma ou outra das proposições que formam aquele conjunto se aplica.

Pode haver, contudo, um gradiente de incertezas em relação à especificação das condições *ceteris paribus*. Talvez os processos subjacentes à mesma equação espécie-área sejam diferentes em sistemas e escalas diferentes, o que demandaria uma série de condições *ceteris paribus* diferentes. Na situação mais drástica, poderia não existir qualquer conjunto limitado de ‘causas maiores’, sendo cada situação o resultado de muitos fatores locais, idiossincráticos, que não poderiam ser negligenciados. Neste caso extremo, a busca de leis gerais seria de fato inútil e a única saída

seria uma metodologia de estudos de casos. É possível, então, ver o problema de estabelecer se certo campo da ecologia pode propor leis gerais, ou deve restringir-se a estudos de casos, como uma questão que é não somente teórica – no que tange à articulação apropriada das condições *ceteris paribus* –, mas também empírica, no sentido de estabelecer quais são as influências sobre um determinado fenômeno, qual sua variabilidade e a magnitude de seu efeito, de modo a avaliar se uma distinção entre causas maiores e influências menores pode ser realizada.

Para avaliar se o espectro de invariância da lei de área sob perturbações contra factuais tem características que de fato a qualificariam como uma lei, Lange (p. 399) aprecia sua estabilidade nômica, i.e., questiona se a lei de área pertence a um conjunto que é estável para propósitos ecológicos. Sua conclusão é que ela apresenta tal estabilidade nômica e, assim, realmente se qualifica como lei. Após examinar alguns desafios a esta conclusão, ele considera que a lei de área, a lei da distância, o gradiente latitudinal da diversidade específica e os ‘princípios’ de continuidade de MacArthur ([1972] 1984) formam um conjunto que é estável no sentido pretendido. Estes últimos expressam várias restrições subjacentes às leis de área e distância, como, por exemplo, a de que os organismos se movem em trajetórias contínuas. Se os princípios de continuidade forem violados, a lei de área poderá não ser mais válida. Contudo, o espectro de invariância sob suposições contra factuais da lei de área pode ser suficiente para sua qualificação como lei, de acordo com a estabilidade nômica, porque outras leis da ecologia enunciam estas restrições. Ou, dito de outra maneira, os ecólogos são detentores de uma compreensão teórica que lhes permite delimitar com precisão e clareza suficientes o domínio de aplicação de pelo menos algumas de suas generalizações.

A irreduzibilidade das explicações ecológicas a explicações físicas é formulada por Lange (2005, p. 401) a partir do argumento de que um conjunto de leis que é estável para propósitos ecológicos pode omitir algumas leis da física. No caso do conjunto incluindo a lei de área, por exemplo, os aspectos bastante gerais das leis físicas expressos nos princípios de continuidade de MacArthur podem ser suficientes para delimitar o espectro de suposições contra factuais sob o qual uma generalização ecológica deve ser invariante para

qualificar-se como lei. Não seria necessário incluir leis fundamentais da física e, assim, explicações baseadas neste conjunto de leis ecológicas não poderiam ser reduzidas a explicações físicas. Isso porque elas incluiriam, no fim das contas, leis ecológicas genuínas, como a lei de área. A lei de área ainda seria válida se algumas das leis fundamentais da física fossem violadas, desde que isso não afetasse os princípios de continuidade. Por exemplo, se todos os corpos materiais consistissem de uma substância contínua, e não de partículas separadas por espaço vazio, é bastante provável que princípios como o de que um organismo se move em trajetórias contínuas se mantivessem inalterados. Isso significa, ainda, que o espectro de estabilidade das leis ecológicas seria mais amplo em alguns aspectos do que o espectro de estabilidade das leis fundamentais da física. Além disso, como a necessidade das leis ecológicas corresponde, na visão de Lange, ao seu espectro de estabilidade, e este inclui algumas suposições contra factuais que podem violar leis fundamentais da física, o tipo de necessidade característico das leis ecológicas não poderia ser possuído pelas leis da física. Deixando de lado qualquer ‘inveja da física’ que possa estar guardada no coração dos ecólogos, o produto mais interessante destes argumentos não reside em que uma ciência poderia ser tomada como modelo da outra, mas numa compreensão mais clara das semelhanças e das diferenças das generalizações construídas por diferentes ciências e dos papéis que elas podem cumprir.

Lange admite que a verdade aproximada das leis ecológicas poderia ser decorrente das leis fundamentais da física acompanhadas de certas condições iniciais (que são acidentes da física) e, nesse sentido, leis ecológicas poderiam ser redutíveis à física. Portanto, o modo de irredutibilidade a que se refere não diz respeito a este sentido, por mais importante que ele seja, mas à tese de que o estatuto de lei das generalizações ecológicas, i.e., sua estabilidade nômica para propósitos ecológicos, não pode seguir das leis fundamentais da física e daquelas condições iniciais, porque leis ecológicas seriam estáveis mesmo sob suposições contra factuais que violam aquelas leis fundamentais. Em suma, não é às leis da física que podemos atribuir a confiabilidade das leis ecológicas, mas ao conjunto de leis ecológicas que é coletivamente estável a um espectro de suposições contra factuais, para propósitos

ecológicos.

Assim, a autonomia da ecologia é entendida por Lange no sentido de a ecologia possuir suas próprias leis e, mais do que isso, estas implicarem que uma explicação ecológica de algum fato, como o crescimento de uma população ou a diversidade biológica de um ecossistema, seja irredutível a qualquer explicação concebível do mesmo fato pela física (pp. 394-395). Este é, de fato, um tipo importante de autonomia, como argumenta Lange.<sup>39</sup>

Por fim, vale a pena considerar o exemplo que Lange apresenta para ilustrar a irredutibilidade das leis ecológicas. Para explicar o número de espécies de aves terrestres atualmente existentes na Ilha Maurício, uma diversidade de explicações pode ser proposta e muitas delas podem até ser julgadas corretas. Uma explicação ecológica pode apoiar-se no conjunto de leis discutido por ele, incluindo a lei de área, a lei da distância etc. É certamente possível propor uma explicação de nível inferior, que se ocupe dos destinos de cada um dos organismos individuais que poderiam ter migrado para Maurício e deixado descendentes. Esta segunda explicação poderia, em princípio, ser submetida a reduções sucessivas, até obtermos uma explicação baseada nas leis fundamentais da física, que desse conta do comportamento de cada partícula elementar envolvida. O problema da irredutibilidade pode ser então formulado em termos da existência ou não de conteúdo adicional na explicação ecológica, de nível superior, que não poderia ser expresso na explicação de nível inferior. A visão de Lange sobre a natureza das leis permite concluir que tal conteúdo excedente existiria e, portanto, a explicação ecológica seria, num sentido importante, irredutível à explicação de nível inferior:

“... a explicação ecológica inclui informação explicativamente relevante omitida pela explicação de ‘nível inferior’, a despeito de sua riqueza de detalhes. Por exemplo, a explicação de ‘nível inferior’ não diz que a biodiversidade de Maurício teria sido quase a mesma se, digamos, o estoque de migrantes potenciais (as espécies de aves do continente) tivesse sido muito diferente” (Lange 2005, p. 401).

Os argumentos de Lange sobre a natureza das leis ecológicas e a irredutibilidade das explicações que recorrem a elas são consistentes. Visões filosóficas alternativas sobre a questão das leis naturais, como as de Mitchell (1997, 2000, 2003) e Woodward (2001)

resultariam na mesma idéia de que explicações ecológicas de um fenômeno são irreduzíveis a explicações do mesmo fenômeno baseadas em ‘leis’ fundamentais da física. Contudo, há uma discordância básica entre estas visões, relativa à distinção nítida que Lange traça entre leis e acidentes. De sua parte, Mitchell e Woodward apelam para um espectro de generalizações com poder explicativo que apresentam diferentes graus de invariância diante de perturbações contra factuais, sem propor duas classes discretas, uma com leis, outra com generalizações acidentais. Dito de outra maneira, em contraste com a distinção entre tipos discretos de generalizações sustentada por Lange, autores como Mitchell e Woodward se referem a gradientes contínuos de generalizações, com graus distintos de invariância e poder explicativo. Lange defende a superioridade de sua abordagem argumentando que posições como as de Mitchell e Woodward não dão conta de maneira adequada, entre outros pontos, de como a lei de área estabelece que a biodiversidade de Maurício é inevitável (*ceteris paribus*). Ele reconhece, contudo, que a questão é objeto de debates filosóficos acirrados.

#### UMA RECUSA ‘ANARQUISTA’ DAS LEIS? – O’HARA

O’Hara (2005), em contraste com Lange, sustenta em seu ‘guia do anarquista para a teoria ecológica’ que a ecologia não precisa de leis ‘fétidas’ (*stinkin*). Curiosamente, a posição de O’Hara não recusa generalizações e nem se mostra assim tão anarquista. Isso pode ser constatado, pontual e imediatamente, pela ausência de qualquer referência ao mais famoso dos ‘anarquistas’ na filosofia da ciência, Paul Feyerabend (1975).

O’Hara contrasta a visão de vários ecólogos de que sua ciência possuiria leis (no mesmo sentido em que a física, tomada por muitos deles como modelo) com a posição de alguns filósofos da biologia, que defendem a inexistência de leis biológicas (quanto mais na ecológicas), pelo menos no sentido tradicionalmente proposto na filosofia da ciência (O’Hara 2005, p. 390). Entre estes últimos, ele cita Beatty (1995), Brandon (1997), Mitchell (1997, 2000) e Cooper (1998). Na visão de O’Hara, os filósofos estão corretos ao sustentar que a biologia não apresenta leis no sentido apontado acima. Isso coloca, contudo, a questão de explicar a

natureza das proposições que têm sido identificadas como leis na ecologia, i.e., torna-se necessário dar conta do estatuto e das propriedades das generalizações biológicas e, em particular, ecológicas.

Assim como Colyvan & Ginzburg (2003a) e Lange (2005), O’Hara (2005) considera que o debate sobre leis ecológicas esteve marcado por confusões e equívocos. Seguindo a Waters (1998), ele destaca, particularmente, uma confusão entre dois tipos distintos de leis, a saber, correlativas e causais. Waters distinguiu entre dois tipos de regularidades que podem ser expressas na forma de generalizações, distribuições e regularidades causais (ver adiante). O’Hara (2005, p. 390) prefere denominar o primeiro tipo ‘leis correlativas’, entendendo-as como “regularidades observadas”, que são “derivadas como generalizações de um grande número de observações” e “têm poder preditivo, [...] mas apenas uma forma fraca de poder explicativo, no sentido de que não oferecem uma compreensão mais profunda dos processos que conduzem às observações”. Ele cita como exemplo a regra de Rapaport, de acordo com a qual a diversidade aumenta na direção do equador (uma versão do gradiente latitudinal de diversidade específica). Esta regra, destaca o autor, descreve uma correlação, mas não explica por que a diversidade aumenta dessa maneira. Outro ponto enfatizado por ele é que as correlações descritas numa lei dessa natureza não precisam ser causais, como mostra a inexistência de qualquer vínculo causal entre o Equador e a alta diversidade específica. A caracterização oferecida por O’Hara não faz justiça a aspectos centrais da explicação dada por Waters à natureza das distribuições, como deverá ficar claro mais abaixo.

O segundo tipo de regularidade expressa relações causais, constituindo um enunciado sobre os mecanismos que resultam nas regularidades observadas, expressas pelas leis correlativas. Como afirmações sobre causalidade, elas são, nas palavras de O’Hara (2005, p. 391), “... descrições da maneira como o universo funciona, e não regularidades que foram encontradas no universo”. Quando definiram o que seria uma lei natural, os filósofos estavam tipicamente pensando em tais regularidades causais. Para alcançar este estatuto, uma proposição deve possuir duas características: primeiro, ela deve apresentar necessidade natural, explicada por O’Hara em termos pouco precisos: “... ”

ela deve ser verdadeira por causa do modo como o mundo é” (p. 391).<sup>40</sup> A segunda propriedade é a de que a proposição deve ser cientificamente essencial, i.e., deve ser usada, outra caracterização pouco precisa.

A confusão entre estes dois tipos de generalizações não é exclusiva da literatura ecológica, podendo ser encontrada também na literatura filosófica (para exemplos, ver o artigo original). O reconhecimento de tal distinção torna, para O’Hara, o argumento contra leis causais na biologia e na ecologia mais forte. Ele parte do princípio de que o fato de leis poderem apresentar exceções é problemático por afetar a possibilidade de sua falsificação, na medida em que “... não oferece qualquer indicação de quantas exceções podem ser admitidas antes que uma lei seja rejeitada” (O’Hara 2005, p. 391). Tanto leis correlativas quanto leis causais podem ter exceções, mas a resposta a estas – argumenta O’Hara – pode ser muito diferente. Aqui, entra em cena o célebre argumento sobre as condições *ceteris paribus*, ao qual já nos referimos acima: “A resposta clássica a uma exceção é argumentar que nem todas as condições para a operação da lei se aplicam” (p. 391). Este problema pode ser enfrentado, conforme mostram autores como Lange (2005) e Weber (1999), mas O’Hara o entende como fatal para as leis causais, mas não para as correlativas, que se mostram, assim, menos controversas do que as primeiras. No caso das leis causais, temos de ter conhecimento de por que elas não operam. Para Cartwright (1999), as leis somente operam em condições especiais (ou, como é preferível, ideais), nas quais elas estão ‘protegidas’ (*shielded*) de outros efeitos; assim, se a proteção for insuficiente, a lei não opera. Na visão de O’Hara (2005), essa solução não é satisfatória, porque significa que, ou não existem leis em atuação, o que significaria que o universo é aleatório, ou (como defende Cartwright), há vários domínios da natureza, com leis conflitantes. Neste último caso, O’Hara destaca que seriam necessárias regras sobre quando cada domínio é dominante e estas seriam também leis. Este é precisamente o caso e ele é explicado de maneira bastante interessante por Lange (2005), como vimos acima.

O’Hara (2005) recusa em seu artigo leis que aspirem ao modelo da física, ou seja, leis supostamente universais e sem exceções, mas não generalizações,

que seriam capazes de trazer coesão para a ecologia. Para ele, “chamá-las de leis seria atribuir-lhes um estatuto epistemológico que elas não merecem” (p. 393).<sup>41</sup> Desse modo, não podemos colocá-lo na mesma situação de autores como Shrader-Frechette & McCoy (1993, 1994), entre outros, que defendem uma metodologia de estudos de casos para a ecologia. Ao contrário, trata-se de um apelo a uma outra maneira de compreender as generalizações biológicas, que as afaste do modelo da física e reconheça estas generalizações em seu próprio direito e em sua própria forma. Nas palavras de O’Hara (2005, p. 392), “... uma epistemologia mais sofisticada é necessária para compreender o papel destes tipos de enunciados dentro da ecologia”. Para este autor, são parte desta epistemologia mais sofisticada a abordagem pragmática das generalizações científicas de Mitchell (1997, 2000, 2003, ver adiante) e a proposta de Cartwright (1999) de que leis não atuam de maneira isolada, mas como parte de um sistema mais amplo, tal como sustentado também por Lange (2005). A similaridade com a proposta de Lange se torna ainda mais clara se considerarmos a tese de que generalizações devem ser construídas como partes de ‘máquinas nomológicas’, conforme propõe Cartwright (1999), que nos permitem explicar fenômenos naturais. Máquinas nomológicas são modelos constituídos por vários componentes que interagem uns com os outros de modo a produzir um comportamento que, se o modelo estiver de acordo com os aspectos relevantes do mundo empírico, será similar ao comportamento dos sistemas modelados.<sup>42</sup> Dessa perspectiva, as ‘leis’ identificadas por autores como Turchin (2001) não são descrições de como a natureza é governada, mas partes de máquinas nomológicas. Elas seriam as idéias fundamentais de um programa de pesquisa lakatosiano (parte de seu ‘núcleo duro’) ou de um paradigma kuhniano (ver O’Hara, 2005, p. 392). Além disso, para O’Hara, a busca de tais generalizações amplas deveria ser o principal objetivo dos ecólogos, e não a procura de ‘Leis da Natureza’ (p. 393). Elas não seriam leis causais, das quais a ecologia seria desprovida, mas tornariam possível a construção de máquinas nomológicas que atuariam como modelos de sistemas específicos.

Por fim, devemos considerar que O’Hara comete equívocos na interpretação dos argumentos de alguns

filósofos da ciência. Comentei acima que sua descrição do que seria uma ‘distribuição’, no sentido explicado por Waters (1998), deixa de fora uma série de aspectos importantes deste tipo de generalização. Ao tratar do trabalho de Weber (1999), por sua vez, ele limita sua discussão a leis correlativas, quando Weber claramente tem em vista regularidades causais (ver O’Hara 2005, p. 391). Mais adiante, ele explica as idéias de Weber como segue:

“Ele [Weber] usou o princípio da exclusão competitiva de Gause como um exemplo de um enunciado com a forma de lei que não é contingente à evolução, e o utilizou para demonstrar sua visão de que há leis ecológicas, mas apenas as que se aplicam a um domínio pequeno. O problema (como Weber admite) é que o domínio de aplicabilidade não pode ser especificado. Ele sente que isso não é um problema, porque algumas das características do domínio podem ser esboçadas. Eu discordaria, porque, a menos que se possa especificar o domínio de aplicabilidade, a caracterização de Weber de que leis ecológicas existem ‘se elas forem explicadas como universalmente válidas apenas dentro daquele domínio, e inaplicáveis fora dele’ é trivialmente verdadeira para qualquer afirmação: coloca-se de lado qualquer exemplo contrário como estando fora do domínio de aplicabilidade” (O’Hara 2005, p. 392).

Embora Weber trate de leis com domínio de aplicação restrito, ele não apresenta qualquer juízo sobre se tais domínios seriam ‘pequenos’ ou ‘grandes’. Ao referir-se a uma restrição de domínio, ele está fazendo um contraste com leis que generalizariam sobre domínios universais (ver adiante). Além disso, Weber enfrenta a crítica de que o domínio de aplicação do tipo de lei que postula não poderia em princípio ser especificado, pela impossibilidade de completar a lista de condições *ceteris paribus*, o que implicaria, como argumenta O’Hara, a impossibilidade de falsificar qualquer proposição, na medida em que exemplos contrários sempre poderiam ser considerados fora do domínio de aplicação. Contudo, O’Hara perde de vista o fato de que Weber propõe exatamente uma maneira de especificar o domínio de aplicabilidade de uma lei ecológica: ele analisa a maneira como os ecólogos demarcam o domínio de aplicação do princípio da exclusão competitiva e mostra que ela dá vez a um modo geral de realizar tais demarcações de domínios, que dependeriam de uma compreensão teórica que possibilitasse um esquema abstrato para tal

demarcação, em vez de uma simples listagem de condições *ceteris paribus*. Não se pode dizer, em absoluto, que O’Hara faça justiça aos argumentos de Weber, o que ilustra os cuidados necessários na exegese de um texto filosófico.

Na próxima seção, retomarei algumas contribuições de autores discutidos por Lange e/ou O’Hara, de modo a explorar alguns aspectos fundamentais de seus argumentos não foram tidos na devida conta ou foram, no meu entendimento, mal interpretados.

## CONTRIBUIÇÕES DO DEBATE SOBRE O ESTATUTO DAS LEIS BIOLÓGICAS NA FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Iniciarei esta seção retomando brevemente os argumentos de Beatty (1995, 1997), uma vez que parte substancial dos debates sobre leis biológicas na literatura filosófica recente foi estruturada em resposta aos seus argumentos.

Beatty deriva da natureza contingente do processo evolutivo a conclusão de que enunciados com a forma de leis não podem ser formulados nas ciências biológicas. A tese da contingência evolutiva é a de que “todas as generalizações distintamente biológicas descrevem estados evolutivamente contingentes da natureza” (Beatty 1995, p. 46). Em sua visão, as generalizações que aparecem na biologia ou são, na verdade, generalizações da física, química ou matemática, ou, quando próprias da biologia, descrevem produtos contingentes da evolução, não podendo, então, ser consideradas ‘leis’:

“Todas as generalizações sobre o mundo vivo (a) são meramente generalizações matemáticas, físicas ou químicas (ou conseqüências dedutivas de generalizações matemáticas, físicas ou químicas mais condições iniciais), (b) são distintamente biológicas; sendo este o caso, elas descrevem produtos contingentes da evolução” (pp. 46-47).

Para Beatty, generalizações distintamente biológicas não podem ser tratadas como leis porque leis, sejam o que forem, devem ser mais do que contingentes, apresentando algum grau de necessidade (e suportando contra factuais). O caráter contingente do processo evolutivo tornaria as próprias generalizações biológicas igualmente contingentes: as generalizações que valem no mundo vivo como o conhecemos, tendo os seres

vivos evoluído como o fizeram, não seriam válidas em outros mundos possíveis, mesmo que compartilhassem as leis físicas básicas; portanto, essas generalizações não apresentariam a necessidade nomológica que permitiria seu tratamento como leis. Elas podem, inclusive, ser verdadeiras, mas nada na natureza torna necessária sua verdade, e a verdade, por si só, não é critério suficiente para o estatuto de lei (p. 52). A necessidade é um requisito que não pode ser negligenciado e, dados os argumentos de Beatty, generalizações biológicas seriam, no fim das contas, indistinguíveis de generalizações acidentais.

A afirmação de que o código genético é universal, com raríssimas exceções, é, por exemplo, uma generalização largamente aceita na biologia. Contudo, essa generalização não teria qualquer força nômica. Como o código genético é entendido, em geral, como um acidente histórico ‘congelado’, em outros mundos possíveis, não haveria qualquer necessidade de que o mesmo código genético seja encontrado. Se a história da vida tivesse sido outra, o código genético poderia ser outro, e o mesmo vale para outras regularidades biológicas que poderiam existir. E, mesmo considerando as regularidades que existem, a violação de regras pelos agentes da mudança evolutiva produz um leque amplo de exceções (p. 51).

Beatty distingue dois sentidos de contingência evolutiva, um mais fraco, outro mais forte, tendo em vista dois sentidos nos quais agentes evolutivos tanto quebram quanto produzem regras (p. 53). Em seu sentido mais fraco, a contingência evolutiva diz respeito ao fato de que as condições que levam ao predomínio evolutivo de uma característica particular num determinado grupo, incluindo uma regularidade expressa na forma de uma generalização, podem mudar. A evolução é capaz de fazer com que uma regularidade que ela própria produziu deixe de ser uma regularidade (p. 53). Se as pressões seletivas que atuam sobre chimpanzés, por exemplo, passassem a favorecer a territorialidade e a vida individual, a regularidade atual de que chimpanzés são animais sociais poderia ser violada pela própria evolução. O sentido forte da contingência evolutiva tem conseqüências ainda mais devastadoras para a existência de leis biológicas: a evolução pode levar a resultados diferentes a partir do mesmo ponto de partida, até mesmo com as mesmas pressões seletivas operando (por causa da natureza cega

da mutação e da existência de equivalentes funcionais, mas também em virtude da deriva gênica; (pp. 57-59).

Beatty (1995, 1997) apresenta dois argumentos adicionais a favor da tese da contingência evolutiva: ela seria apoiada pelo fato de que biólogos estão engajados em “controvérsias sobre significância relativa” e consideram atraentes “os ideais explicativos manifestos no ‘pluralismo teórico’” (Beatty 1995, p. 76). O pluralismo teórico diz respeito à idéia de que uma diversidade de teorias ou mecanismos é necessária para dar conta de um domínio de fenômenos, e não à defesa de um pluralismo de causas para explicar um fenômeno (que seriam expressas em um mecanismo multicausal; (pp. 65-66). As controvérsias sobre significância relativa, por sua vez, têm como objeto a extensão da aplicabilidade de mecanismos/teorias dentro de um domínio de fenômenos e são um reflexo do pluralismo teórico

A idéia de Beatty é que o pluralismo e o interesse por controvérsias dessa natureza são conseqüências da ausência de leis na biologia<sup>43</sup>:

“... contingências da história evolutiva impedem a existência de leis da biologia. Não é surpreendente que um biólogo deva estar mais interessado na extensão da aplicabilidade de uma teoria dentro de seu domínio pretendido do que em sua possível universalidade dentro daquele domínio. Sem esperar generalizações universais válidas dentro de um domínio, biólogos esperam, em vez disso, ter acesso a uma pluralidade de teorias para cobri-lo (p. 67).”

Murray (2000, 2001), Turchin (2001) e outros ecólogos apresentaram, como vimos, teoremas matemáticos como se fossem leis ecológicas. Entre os filósofos da biologia, Sober (1997) defende que esta ciência poderia apresentar leis sintéticas *a priori*, propondo que abandonemos um dos requisitos colocados pelos empiristas lógicos para que uma proposição tenha o estatuto de lei, a saber, que ela seja empírica, i.e., sintética, *a posteriori*. Brandon (1997) comenta que, como uma comunidade, os cientistas e filósofos da ciência podem decidir se devemos usar e como devemos usar o termo ‘lei’. Muitos problemas relativos a este conceito podem ser evitados por um uso mais promiscuo do termo, como encontramos freqüentemente na literatura ecológica, de tal modo que regularidades contingentes ou generalizações lógicas e matemáticas sejam tratadas como ‘lei’. Para Brandon, esta não é uma solução satisfatória do problema. É

preciso fazer frente ao problema de se a biologia, como uma ciência, apresenta leis empíricas. Afinal, é largamente aceita a idéia de que, para gerar compreensão, o conhecimento científico requer proposições gerais de natureza empírica. Brandon oferece uma nota de cautela que, em minha visão, é muito bem posta:

“... a promiscuidade freqüentemente tem seus custos e este caso não é exceção. Se a física experimental difere da biologia experimental<sup>44</sup> [...] e, se isso é melhor explicado em termos de a primeira ser uma ciência devotada à busca de leis fundamentais e esta última ser uma ciência em grande medida devotada à investigação de regularidades contingentes, então a promiscuidade nos rouba essa explicação. Além disso, ela borra a distinção muito importante entre as verdades lógicas/matemáticas usadas de modo tão central na biologia e as generalidades cuja verdade depende dos detalhes contingentes da evolução da vida. Assim, [...] minha recomendação é uma de conservadorismo lingüístico. Mantenhamos a caracterização Empirista de lei. Mas vamos reconhecer também que outras coisas além de leis podem ter poder explicativo. Isso inclui tanto enunciados analíticos [...] quanto regularidades contingentes” (Brandon 1997, pp. S456-S457).

Brandon mantém uma postura conservadora em relação ao estatuto das leis, sustentando a visão empirista ou positivista lógica de que leis são generalizações universais que não são verdadeiras em virtude apenas da lógica ou matemática (não são analíticas), mas devido ao modo como o mundo é (são sintéticas), e, além disso, são distintas de generalizações acidental ou contingentemente verdadeiras porque possuem necessidade nômica. Sua estratégia para explicar as generalizações biológicas e seu papel na biologia consiste, assim, em expandir o universo de proposições científicas com poder explicativo e preditivo, de maneira que este não se limite às clássicas leis físicas. Afinal, estas últimas são exceções, e não a regra no universo das generalizações. As leis físicas têm uma propriedade que Goodman (1983) chamou de ‘projetibilidade ilimitada’. Isso significa que, dada sua universalidade, as leis físicas podem receber confirmação de um número pequeno de instâncias positivas, i.e., que se mostram concordantes com ela, enquanto uma proposição contingente não o pode. Na verdade, quanto mais contingente a proposição, menor

suporte empírico ela pode receber de um número pequeno de evidências a seu favor. Isso porque será necessário conhecimento cada vez maior sobre os detalhes dos contextos nos quais elas operam; afinal, o contexto pode mudar significativamente a operação de uma lei contingente, enquanto o mesmo não ocorre no caso de uma lei necessária. Esta é uma distinção que os ecólogos devem ser capazes de apreciar rapidamente, em vista da elevada contingência das generalizações ecológicas, cuja operação só pode ser compreendida considerando-se um grande número de detalhes sobre as circunstâncias locais em que estariam operando, a tal ponto que, num extremo, parece que somente analisando caso a caso poderíamos compreender os processos ecológicos.

Brandon sugere uma maneira de entender as regularidades contingentes da biologia que pode ser útil no tratamento das generalizações ecológicas. Em sua visão, as regularidades contingentes da biologia têm um espectro limitado de necessidade nômica e um espectro limitado de poder explicativo, embora não apresentem projetibilidade ilimitada.

Há na literatura filosófica propostas menos conservadoras do que a de Brandon. Mitchell (1997, 2000, 2003), por exemplo, propõe que a abordagem normativa da questão das leis científicas seja abandonada e, com ela, qualquer tentativa de distinção rígida entre generalizações necessárias (leis) e contingentes. Na abordagem normativa, estabelecem-se critérios formais para que uma proposição tenha o estatuto de lei, tais como aqueles formulados pelos positivistas lógicos, e verifica-se, então, se uma proposição candidata satisfaz ou não estes critérios. Esta tem sido a abordagem dominante na literatura. Mitchell propõe uma estratégia alternativa, a abordagem pragmática, que dá vez, em sua visão, a uma moldura representacional mais adequada para a compreensão de duas características importantes da prática científica: a variabilidade dos tipos de generalização nas ciências empíricas, a exemplo das diferenças entre as generalizações da biologia e da física; e a natureza e o grau de contingência característico das generalizações biológicas. A abordagem pragmática enfoca os papéis desempenhados pelas leis na ciência, investigando se generalizações biológicas dão conta destes papéis. Generalizações desempenham papéis no planejamento de testes experimentais, na construção de explicações

científicas, na derivação de previsões, no ensino de ciências e em intervenções técnicas, como aquelas feitas pela engenharia. Ao examinar se e como as generalizações de diferentes ciências cumprem esses papéis, a abordagem pragmática evita o espaço dicotômico da abordagem normativa (i.e., a distinção entre leis e outros tipos de generalizações, tipicamente consideradas de segunda categoria) e conduz a um espaço multidimensional, no qual uma série de características das generalizações científicas pode ser considerada. Neste espaço, devem tornar-se mais claras as diferenças entre as práticas epistêmicas em diferentes campos do conhecimento, como as distinções entre os experimentos físicos e biológicos apontadas por Brandon (1994, 1997). Um exame dos escritos de Mitchell deixa claro que ainda há muito trabalho a ser feito para uma elaboração heurísticamente poderosa desta moldura multidimensional. De qualquer modo, em seu estado atual, seu programa de pesquisa já traz idéias interessantes, que podem ser apreciadas na versão desta moldura encontrada em seu artigo de 2000 (Figura 1).

Uma contribuição importante ao debate sobre as leis ecológicas é oferecida por Weber (1999). Em seu

argumento a favor da existência de leis empíricas na biologia, ele concentra sua atenção sobre a ecologia, devido à pouca atenção que havia sido dada às teorias ecológicas nos debates sobre o estatuto das leis biológicas. Ele toma como foco de seu estudo a teoria da competição inter-específica, destacando que a defesa da existência de leis ecológicas depende de uma reformulação do conceito de lei, de modo a relaxar um dos requisitos mais usualmente colocados, a generalidade espaço-temporal irrestrita. Ele elabora um conceito de lei no qual enunciados com essa forma podem ser generalizados para um domínio restrito de aplicação, i.e., podem ser descritos como universalmente válidos dentro daquele domínio, mas inaplicáveis fora dele. Diante desta qualificação e tendo em vista os argumentos de Brandon e Mitchell, parece-me mais apropriado falar nesse caso de generalizações biológicas, e não de leis. Mantereí, contudo, o recurso ao termo 'lei' enquanto exponho os argumentos de Weber, para manter-me fiel ao texto original.

O princípio da exclusão competitiva é apresentado por Weber como uma generalização da teoria da competição inter-específica que tem a forma de uma lei. Em particular, ele enfoca a contribuição de

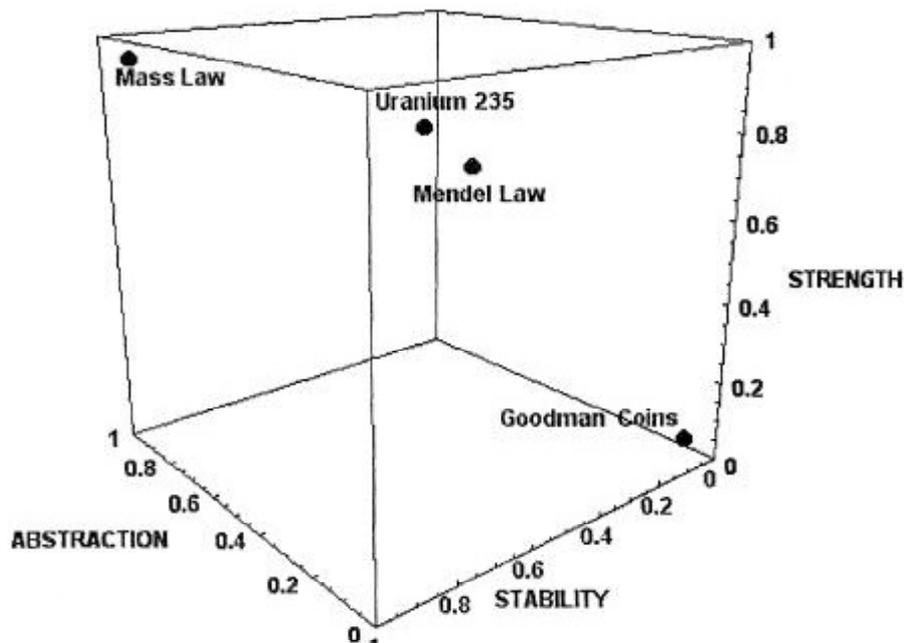


Figura 1. Moldura multidimensional

Hutchinson (1957) para o tratamento teórico das condições de coexistência de espécies competidoras. Hutchinson considerou o que aconteceria numa situação em que duas espécies, S1 e S2, compartilham um habitat comum, descrito por ele como um volume B no espaço físico ordinário ('espaço de biótopo'). Para examinar a possibilidade de coexistência das duas espécies, deve-se introduzir um pressuposto de equilíbrio, i.e., de que nenhuma mudança deverá ocorrer na densidade populacional das espécies competidoras. A partir das equações de Lotka-Volterra, pode-se derivar a conclusão de que duas espécies somente coexistirão em equilíbrio se os nichos fundamentais e espaços de biótopo das duas espécies estiverem em tal relação que o efeito inibitório de cada espécie sobre a outra é menor do que o efeito inibitório que cada uma delas tem sobre si mesma. Hutchinson propôs que duas espécies podem coexistir num estado de equilíbrio competitivo apenas se uma das duas condições seguintes (que são mutuamente exclusivas) for satisfeita:

CDN1: N2 é um subconjunto apropriado de N1 e S2 é um competidor superior em alguma região de N2 e partes de ambos os nichos estão representadas em B.

CDN2: A intersecção de N1 e N2 é um subconjunto apropriado tanto de N1 quanto de N2 (os nichos fundamentais se superpõem parcialmente) e pelo menos um subconjunto do nicho fundamental que não se superpõe está representado em B. Se uma das espécies não tem um subconjunto de seu nicho fundamental não-superposto representado em B, ela deve ser o competidor superior em alguma região de seu nicho (esta última condição resulta em caso similar a CDN1).<sup>45</sup>

Hutchinson (1957, p. 418) tratou o princípio da exclusão competitiva como "uma generalização empírica que pode ser verificada ou falsificada". No entanto, esta idéia foi desafiada, com base em duas fontes principais de dificuldades, ambas discutidas por Weber (1999). A primeira diz respeito à sugestão de que, se duas espécies que satisfazem as CDN não excluem competitivamente uma à outra, isso sempre pode ser atribuído à falha do ecólogo de detectar uma diferença de nicho que deve existir. A segunda, ao fato de que o princípio deve ser válido somente sob certas condições, o que leva ao problema de como especificar tais condições (i.e., ao problema das condições *ceteris paribus*). Concentrarei minha atenção aqui sobre este segundo ponto.

Uma questão crucial é se as condições nas quais o princípio da exclusão competitiva não se mostra válido podem ser especificadas. Hutchinson considerava ser possível especificar tais condições, tendo discutido um conjunto de casos nos quais o princípio provavelmente não se aplicava. Para ele, o princípio "é verdadeiro, exceto nos casos em que há boas razões para não se esperar que ele seja verdadeiro" (Hutchinson 1957, p. 417). Um caso no qual o princípio não é válido diz respeito às 'espécies fugitivas'. Neste caso, a espécie que é um competidor superior, S1, tem uma taxa de dispersão muito menor do que uma outra espécie, S2, que sempre é excluída na presença de S1. Se manchas desocupadas forem abertas no habitat numa certa taxa, elas propiciarão oportunidades de colonização e sobrevivência para S2, uma vez que ela se dispersa mais rapidamente do que S1, que não será capaz de colonizar todas as novas manchas. S2 seria, então, uma espécie fugitiva, capaz de escapar da exclusão competitiva por S1, apesar de esta última ser um competidor superior. Desse modo, ambas as espécies podem sobreviver no mesmo habitat, mesmo que a similaridade de seus requisitos de recursos devesse levar, pelas condições de diferenciação de nicho e similaridade limitante, à exclusão competitiva de S2.

Outro caso pode ser encontrado na solução proposta por Hutchinson para o paradoxo do plâncton, que ele próprio apresentou num artigo clássico de 1961. O problema é que não se deveria esperar a coexistência de grande número de espécies nas comunidades planctônicas, devido ao princípio da exclusão competitiva, uma vez que este princípio indica que espécies que competem pelos mesmos recursos não poderiam coexistir em ambientes homogêneos e bem misturados. A solução de Hutchinson se baseou nas variações sazonais que têm lugar no ambiente em que vivem as espécies planctônicas. O raciocínio aqui é que mudanças periódicas no habitat de um conjunto de espécies podem evitar que a exclusão competitiva ocorra, caso a frequência dessas mudanças tenha a mesma ordem de magnitude que o tempo necessário para a exclusão competitiva completar-se.

Esses dois cenários (e muitos outros encontrados na literatura ecológica) compartilham o aspecto de que a heterogeneidade ambiental (em termos espaciais e temporais) é a razão pela qual comunidades de espécies competidoras não chegam a um estado de equilíbrio

competitivo. Um outro conjunto de condições em que o princípio da exclusão competitiva é violado está relacionado à predação, uma vez que predadores podem manter as populações de presas que competem umas com as outras em níveis tão baixos que as interações competitivas não se mostram efetivas.

Esses exemplos mostram que os ecólogos têm sido bem sucedidos na proposição de condições que restringem o domínio de aplicação do princípio da exclusão competitiva. Para compreender qual o procedimento usado para delimitar este domínio, devemos voltar a um ponto mencionado acima, a saber, que a derivação do princípio da exclusão competitiva da teoria da competição de Lotka-Volterra assume como premissa um pressuposto de equilíbrio, i.e., de que não há mudanças na densidade populacional de todas as espécies competidoras. Logo, se a suposição de equilíbrio for relaxada, o princípio da exclusão competitiva não será necessariamente válido. Portanto, para prever uma condição em que esse princípio não será válido, o ecólogo deve mostrar que essa condição impede que um sistema de espécies em competição alcance um estado de equilíbrio, justificando, desse modo, o relaxamento do pressuposto de equilíbrio. Em seguida, é preciso mostrar que espécies competidoras com nichos insuficientemente diferenciados conseguirão coexistir naquela condição. Este é o procedimento seguido em todos os exemplos mencionados acima.

Desse modo, restrições do domínio de aplicação do princípio da exclusão competitiva podem ser derivadas das teorias ecológicas. Isso não mostra, contudo, que esse princípio constitui uma generalização biológica válida. Deve-se enfrentar a principal preocupação levantada pelas condições *ceteris paribus*, que não diz respeito à possibilidade de identificar algumas restrições de domínio ou condições *ceteris paribus* para generalizações, mas à impossibilidade de completar a lista de tais condições. Para enfrentar essa dificuldade, Weber busca mostrar que há um padrão nas restrições do domínio de aplicação do princípio da exclusão competitiva propostas pelos ecólogos: todas elas descrevem, afinal, mecanismos que evitam que um sistema de populações em interação alcance o equilíbrio. O que importa, nesse caso, não é se uma lista completa desses mecanismos está disponível. Esse é um requisito pouco realista diante da natureza dos fenômenos que as ciências estudam e da própria prática científica,

estando relacionado, como Weber (1999) nos lembra, a uma caracterização puramente dedutiva das inferências em ciência, que não é mais largamente aceita. Se as explicações científicas não forem vistas como deduções simples a partir de leis e condições iniciais (como propõe o modelo dedutivo-nomológico), cláusulas *ceteris paribus* totalmente explicitadas para a dedução dos fenômenos não serão necessárias. Desta perspectiva, mais importante do que a existência ou não de listas completas das condições *ceteris paribus*, é o fato de que a teoria da competição fornece um esquema abstrato para os mecanismos que conduzem a uma violação do princípio da exclusão competitiva. Isso mostra, por sua vez, que os ecólogos têm uma compreensão teórica dos tipos de condições que minam a eficácia do princípio. Nesses termos, seu domínio de aplicação pode ser razoavelmente bem definido.

Estes argumentos permitem que Weber (1999) formule sua conclusão de modo convincente: existem leis biológicas, na forma de enunciados que podem ser generalizados para um domínio restrito de aplicação, e o princípio da exclusão competitiva é um exemplo de generalização biológica com essa forma. Parece-me, contudo, que é preciso caracterizar de maneira mais precisa qual o tipo de compreensão teórica que se deve ter para delimitar apropriadamente o domínio de aplicação de uma generalização biológica. Neste ponto, os argumentos de Lange (2005) podem cumprir um papel importante.

Um aspecto elucidativo dos argumentos de Weber (1999) reside em sua caracterização do papel do princípio da exclusão competitiva na construção de explicações da estrutura de comunidades.<sup>46</sup> Ele se apóia na teoria pragmática da explicação, de Van Fraassen (1980), para mostrar que, dada a natureza contrastante das explicações, aquele princípio pode ser parte importante de uma explicação mesmo em casos nos quais ele não se aplica, ou seja, que se encontram fora de seu domínio restrito de aplicação. Considere-se, por exemplo, a solução dada por Hutchinson ao paradoxo do plâncton, de acordo com a qual a coexistência de um grande número de espécies planctônicas, contrariamente ao que prevê o princípio da exclusão competitiva, é devida às variações sazonais de uma série de variáveis ambientais no habitat de comunidades planctônicas. Neste tipo de explicação, argumenta Weber, a teoria da competição fornece um pano de

fundo contra o qual as explicações são buscadas. Como explicar com precisão este papel?

De uma perspectiva que põe em destaque a dimensão pragmática das explicações, enfatiza-se que questões da forma ‘por que’, das quais as explicações constituem respostas, obtêm seu significado preciso a partir do contexto em que são colocadas. Uma parte importante desse contexto é uma classe de contraste, que contém a proposição a ser explicada e uma série de outras proposições, contra as quais a primeira é contrastada. Assim, uma questão ‘por que P?’ é, na verdade, uma forma simplificada da questão ‘por que P, e não P\*, P\*\*, ...?’. As proposições marcadas por asteriscos são afirmações diferentes de P, que, em contraste com esta, a questão implica serem falsas. A resposta a uma questão com essa forma consiste em indicar uma proposição (ou conjunto de proposições) da forma ‘porque A’, sendo que A apresenta uma relação apropriada de relevância R com {P, P\*, P\*\*, ...} e implica que P é a única proposição verdadeira na classe de contraste. Como destaca Hesslow (1983), a proposição A tipicamente apontará uma diferença que faz diferença para que a proposição P seja verdadeira e as demais proposições na classe de contraste não o sejam. Um dos requisitos para que essa teoria da explicação não seja trivializada é a imposição de limitações sobre o que conta como uma relação apropriada de relevância. De outro modo, toda e qualquer explicação se mostraria válida, à luz de tal teoria. Como Weber (1999) nos lembra, uma maneira de restringir R é concebê-la como uma relação de relevância causal. Nesse caso, a explicação consistirá na proposição de um mecanismo causal.

A proposta de Weber quanto ao papel do princípio da exclusão competitiva em explicações de casos nos quais ele não se aplica segue, então, de imediato. Ele propicia uma classe de contraste quando se examina casos como o paradoxo do plâncton, no qual a comunidade não se comporta conforme previsto por aquele princípio. Se a questão a ser explicada tivesse somente a forma ‘por que há tantas espécies de algas planctônicas em comunidades de lagos de água doce?’, seria muito difícil respondê-la, porque ela não seria suficientemente precisa e poderia, portanto, ser respondida de uma grande variedade de maneiras. Todavia, como a questão foi colocada no contexto da teoria da competição, a classe de contraste é propiciada

pelo princípio da exclusão, que prevê que todas as algas exceto uma espécie deverão ser extintas. Assim, obtém-se uma questão mais precisa e passível de resposta: ‘Por que há muitas espécies de algas planctônicas, e não apenas uma espécie, o competidor superior?’ A explicação consiste, então, em citar um mecanismo causal, a variação ambiental, que mostre como as algas escapam à exclusão competitiva. A construção dessa explicação depende, claro, da natureza de lei (com domínio de aplicação restrito) do princípio da exclusão competitiva. De outro modo, os ecólogos não se preocupariam em explicar os casos em que ele não se observa.

Weber (1999) mostra que o princípio da exclusão competitiva tem o mesmo papel, em tais explicações, de outros princípios muito conhecidos, como a primeira lei de Newton – que afirma o que acontece a um corpo na ausência de forças – e o teorema de Hardy-Weinberg na genética de populações – que descreve o que ocorre na ausência de ‘forças’ evolutivas. Ele descreve os estados descritos por essas proposições como “estados de força zero”, comentando que é notável que eles não precisem ser realizados em qualquer parte do universo para que as leis que o descrevem cumpram papéis explicativos importantes.<sup>47</sup> É notável, também, que eles façam parte de explicações de casos nos quais não se aplicam. Tudo isso, destaca Weber, segue naturalmente do caráter contrastante da explicação.

Algumas propriedades das generalizações com a forma proposta por Weber (1999) têm conseqüências para aspectos importantes do debate sobre a existência de leis na biologia: primeiro, o domínio de aplicação do princípio da exclusão competitiva inclui quaisquer organismos, não importando a natureza do organismo e do processo evolutivo que o originou. Ou seja, o princípio é evolutivamente invariante. Segundo, ele é um exemplo de regularidade causal, e não uma generalização acerca da distribuição contingente de uma propriedade biológica entre os seres vivos. Terceiro, o princípio é uma lei causalmente necessária. Um dos modos de mostrar essa natureza do princípio é argumentar que ele é capaz de apoiar afirmações contra factuais, como, por exemplo, a seguinte: “Se essas duas espécies fossem competir por um mesmo recurso limitante, *ceteris paribus*, apenas uma delas sobreviveria”. Além disso, como argumenta Weber, a força nômica do princípio, dentro de seu domínio de

aplicação, é tão forte quanto àquela de qualquer lei da física.

Para compreender as implicações do trabalho de Weber, devemos retornar aos argumentos de Waters (1998) sobre a necessidade de distinguir entre dois tipos de generalizações biológicas: de um lado, generalizações que descrevem a distribuição de alguma característica entre grupos de organismos; de outro, generalizações que descrevem disposições ou regularidades causais. As leis de Mendel oferecem um caso que permite ilustrar a natureza e o poder dessa distinção. Considerando-se que a evolução do sexo foi marcada por uma série de acidentes históricos, pode-se argumentar, seguindo Beatty (1995), que as 'leis' de Mendel (que dependem da natureza da reprodução sexuada) não são mais que generalizações contingentes. Elas não seriam, assim, realmente leis. Mas, tendo em vista a distinção proposta por Waters, pode-se afirmar que as generalizações propostas por Mendel podem ser entendidas, sem maiores dificuldades, como disposições causais: elas descrevem a disposição de organismos com certa estrutura genética/fisiológica interna de transmitirem seus genes para as gerações seguintes de uma certa maneira. Elas apresentam propriedades largamente aceitas como requisitos para 'leis' (embora Waters prefira evitar esse termo tão onerado): necessidade causal e capacidade de suportar contra factuais. Isso porque qualquer organismo com aquela estrutura genética/fisiológica interna apresentará a disposição descrita pelas leis de Mendel e estará necessariamente propenso a se comportar como essas leis prescrevem.

O que dizer, então, da natureza contingente das leis de Mendel, de acordo com Beatty? Na verdade, as leis de Mendel nada afirmam sobre a distribuição nos seres vivos da disposição de transmitir genes da maneira como elas descrevem. É esta distribuição que, de fato, se mostra historicamente contingente, e não a disposição descrita pelas leis de Mendel. A distinção proposta por Waters mostra, então, seu poder: o domínio de aplicação das leis de Mendel diz respeito a um certo tipo de estrutura genética/fisiológica e, dentro desse domínio, elas mostram força nômica, mas organismos estão contingentemente incluídos ou excluídos desse domínio, sendo a distribuição daquela estrutura genética/fisiológica, como de qualquer característica dos organismos, um produto acidental de como a evolução

ocorreu na Terra. A tese da contingência evolutiva se aplica somente a algumas generalizações biológicas, a saber, aquelas que descrevem distribuições de características, mas não a outras, a saber, aquelas que propõem regularidades ou disposições causais. Estas últimas têm – como Weber (1999) argumenta – a natureza de leis com domínio restrito de aplicação.

Devido ao seu contato prévio com o argumento de Waters (1998), Beatty (1995, pp. 60-62) havia apresentado uma resposta a ele antes mesmo de ter sido publicado. A resposta envolve duas etapas. Primeiro, Beatty admite que algumas regularidades biológicas, como as leis de Mendel, poderiam em princípio apresentar o estatuto de leis, caso fossem tratadas como não-contingentes mediante a especificação de um tipo natural em termos de mecanismos fisiológicos subjacentes, embora considere isso difícil. Em seguida, ele sustenta que esse movimento sempre destruirá o caráter distintamente biológico das leis, uma vez que, na verdade, elas serão transformadas em generalizações físico-químicas. Para Beatty, há uma relação inversamente proporcional entre o caráter de lei de uma regularidade e seu caráter distintamente biológico (pp. 61-62).

De fato, o exemplo que Waters (1998, p. 19) oferece, "Vasos sanguíneos com um alto conteúdo de elastina se expandem à medida que a pressão interna do fluido aumenta" é vulnerável a este contra-argumento de Beatty. Ele pode ser entendido como nada mais do que uma lei físico-química disfarçada, sendo o disfarce proporcionado pelo termo biológico 'vaso sanguíneo'. A generalização poderia ser qualificada como lei precisamente por não ser distintamente biológica.

Weber (1999) parece ter alcançado sucesso onde Waters (1998) fracassou: o princípio da exclusão competitiva, conforme explicado por ele, apresenta propriedades que o qualificam como lei (com domínio de aplicação restrito), como necessidade causal e capacidade de suportar contra factuais, mas, ao mesmo tempo, é invariante evolutivamente e apresenta caráter distintamente biológico. Logo, ele oferece um vigoroso exemplo contrário à tentativa de Beatty de traçar uma linha demarcatória entre o caráter de lei e o caráter distintamente biológico de uma generalização. Dito de outra maneira, ele oferece um exemplo positivo do tratamento dado por Waters a generalizações causais

na biologia.

## CONCLUSÕES

Entre as conclusões que podemos tirar, uma se destaca de imediato: a discussão sobre um aspecto epistemológico da pesquisa ecológica, como o estatuto das generalizações nesta ciência, não pode ser conduzido sem a devida base de conhecimentos filosóficos, sob pena de instalar-se uma grande confusão, como foi o caso na literatura ecológica dos últimos anos. Não é possível, decerto, chegar a qualquer conclusão que tenha valor sobre as leis ecológicas usando definições de lei encontradas em dicionários comuns, como fazem Lawton (1999) e Berryman (2003), por exemplo. Além disso, ao debruçar-se sobre a literatura filosófica, é preciso ter cuidado para não se comprometer com visões confusas ou até mesmo contraditórias, como podemos ver em Murray (2000, 2001).

Para a maioria dos ecólogos que se dedicaram ao assunto, existem boas candidatas a leis ecológicas, embora haja controvérsias a respeito de quais seriam exatamente estas leis. Para verificar este ponto, basta examinar a diversidade de propostas de 'leis' da ecologia de populações (cf. Murray 2000, 2001, Turchin 2001, Berryman 1999, 2003; entre outros). De minha parte, considero que é, de fato, evidente que existem generalizações válidas na biologia, em termos gerais, e na ecologia em particular. A biologia apresenta generalizações com certo grau de necessidade nômica e poder explicativo e/ou preditivo. Isso significa que o universo de proposições científicas que cumprem papéis importantes na explicação e previsão deve ser expandido; ele não se limita às clássicas (e raras) leis físicas universais e sem exceções, e a compreensão das generalizações biológicas pode fornecer um excelente ponto de partida para a compreensão do conjunto das generalizações úteis para os propósitos das diferentes ciências.

O entendimento da relação entre necessidade e contingência no caso das generalizações biológicas demanda uma análise dos tipos de generalização que encontramos nesta ciência. Na biologia, podemos encontrar generalizações com propriedades de necessidade nômica e capacidade de suportar contra factuais, que são evolutivamente invariantes e têm

caráter distintamente biológico (contra a tese da contingência evolutiva). Além disso, entre estas generalizações, temos exemplos de regularidades ou disposições causais, que descrevem a tendência ou propensão de organismos com certa estrutura interna de exibirem certas relações causais regulares. Contudo, estas generalizações biológicas sempre têm domínio de aplicação restrito e uma compreensão teórica suficientemente desenvolvida é necessária para que se alcance um esquema geral abstrato para o estabelecimento das condições em que uma dada lei não vale. De outro modo, a indefinição das condições *ceteris paribus* minará a falseabilidade das generalizações biológicas, colocando sua cientificidade em risco.

O domínio de aplicação das generalizações biológicas com força nômica é contingente, dependendo da distribuição nos sistemas biológicos da estrutura interna que resulta em determinada disposição causal. Esta distribuição é historicamente contingente porque sistemas biológicos poderão estar contingentemente incluídos ou excluídos do domínio de aplicação de uma regularidade causal. A distribuição de determinados tipos de estruturas internas em sistemas biológicos é, afinal, um produto acidental da história destes sistemas e, no caso da ecologia, está sujeita, ainda, a uma vasta série de detalhes locais.

A natureza contingente do domínio de aplicação das generalizações biológicas torna necessária uma formulação bastante precisa da compreensão teórica requerida para que sua testabilidade e seu poder explicativo e preditivo, entre outras características, sejam preservados. A construção de teorias ecológicas (e, em termos gerais, biológicas) é a maneira de estabelecer estas propriedades desejáveis das generalizações. Estas não são propriedades que uma proposição pode ter isoladamente, mas apenas como membro de um conjunto integrado de proposições ou uma rede teórica, na qual cada membro ajuda a delimitar o domínio de aplicação de qualquer outro membro. Estes conjuntos integrados de afirmações sobre o mundo são, possivelmente, compreensíveis nos termos das 'máquinas nomológicas' de Cartwright (1999), modelos constituídos por vários componentes em interação que, se estiverem de acordo com os aspectos relevantes do mundo empírico, exibirão comportamento similar ao dos sistemas modelados.

Para uma melhor compreensão da natureza de tais máquinas nomológicas, é importante considerar a literatura recente sobre modelos de mecanismos na biologia (Machamer *et al.* 2000, Glennan 2002, 2005).

Esta concepção epistemológica sobre as relações e a natureza de proposições e teorias gerais na biologia, e, em particular, na ecologia, tem claras implicações metodológicas. Primeiro, é preciso desenvolver métodos confiáveis para a construção de sínteses teóricas, na medida em que, é somente no contexto de conjuntos integrados de proposições que poderemos ter generalizações testáveis com poder explicativo, preditivo e heurístico. Na construção de tais sínteses, conceitos integrativos, que tenham um papel central e organizador do pensamento biológico, são fundamentais e devem ser buscados e formulados com precisão. Segundo, a pesquisa sobre os mecanismos subjacentes aos padrões ecológicos deve ter em vista a necessidade de que quaisquer generalizações propostas se interconectem de maneira significativa, em vez de serem mantidas como propostas independentes, num pluralismo contraproducente no que tange à construção de estruturas teóricas integradas, nas quais os domínios de aplicação das várias generalizações possam ser devidamente delimitados.

Por fim, a construção de generalizações biológicas deve assumir um limiar mínimo a partir do qual as proposições tenham, de fato, força nômica suficiente para dar vez a explicações e previsões consistentes. Desse modo, a proposta de um espaço multidimensional em que variados tipos de generalizações possam ser localizados é poderosa e deve ser certamente perseguida, mas sem excluir necessariamente o requisito de traçar alguma linha demarcatória entre proposições com estabilidade nômica muito baixa, que não seriam mais do que acidentes, e proposições com maior invariância diante de perturbações contra factuais, que, chamemos ou não de 'leis', podem cumprir papéis importantes na construção do conhecimento científico.

## NOTAS

<sup>1</sup> Ainda podemos encontrar em obras atuais, como Mayr (2005), a sugestão de que continua a haver dúvidas sobre a cientificidade da biologia, diante de um predomínio da física como modelo de ciência. É a partir deste juízo que Mayr monta seu argumento a favor da autonomia da biologia (em relação ao qual tenho simpatia), mas também um ataque – que

me parece injusto – a filósofos como Sober e Kitcher, entre outros, por supostamente utilizarem a estrutura epistemológica da física para tratar de temas biológicos.

<sup>2</sup> Por 'ciências especiais', entendo aqui aquelas ciências que têm como objetos de estudos sistemas caracterizados por princípios particulares de organização, que os tornam, numa visão materialista e evolucionista, casos especiais de sistemas físicos. É o caso, por exemplo, dos sistemas vivos, sociais, mentais, econômicos etc.

<sup>3</sup> Entre estes trabalhos, encontram-se Fahrig (1988), Peters (1991), Murray (1992, 1999a, 1999b, 2000, 2001), Quenette & Gerard (1993), Lawton (1999), Ulanowicz (1999), Ford & Ishii (2001), Ghilarov (2001), Turchin (2001), Jorgensen (2002), Hansson (2003), Colyvan & Ginzburg (2003a, 2003b), Berryman (2003), Ginzburg & Colyvan (2004), Knapp *et al.* (2004), Lange (2005), O'Hara (2005), Owen-Smith (2005). Na literatura filosófica, a questão das generalizações na ecologia também mereceu atenção (Cooper 1998, Weber 1999, Castle 2001, Mikkelsen 2003).

<sup>4</sup> Ele também apresenta uma série de 'leis universais' subjacentes a sistemas ecológicos, mas que não são leis ecológicas, como, por exemplo, as leis da termodinâmica, ou mesmo a seleção natural. É interessante, contudo, que a seleção natural certamente não é uma lei universal, e as próprias leis da termodinâmica podem ter sua universalidade questionada (*cf.* Mitchell 1997, 2003).

<sup>5</sup> O parâmetro malthusiano corresponde à taxa de mudança de um genótipo ou fenótipo. Para maiores detalhes sobre seu cálculo, ver artigo original. Este parâmetro constitui, segundo Murray (2001, p. 275), a melhor medida do *fitness* de um genótipo ou fenótipo.

<sup>6</sup> A relevância de discutir as supostas leis universais de Murray à luz da distinção entre proposições analíticas e sintéticas se torna evidente quando se percebe que este autor não tem uma visão clara sobre o modo como é estabelecido o valor de verdade das primeiras. Seus comentários sobre a posição de alguns autores acerca da existência de mecanismos regulatórios do crescimento populacional dependentes de densidade sugerem que, para ele, todos os enunciados devem ter seu valor de verdade estabelecidos *a posteriori*, mesmo que sejam teoremas matemáticos. Ou seja, mesmo verdades matemáticas são, para ele, empíricas. Royama (1977, p. 33) argumentou que "o conceito de regulação dependente da densidade [...] é derivado através de pura dedução lógica a partir de uma premissa principal, a saber, a persistência das populações em sentido geral. Ele é conhecimento obtido *a priori*. Não há necessidade de testar sua validade contra observações". A resposta de Murray a este argumento mostra a confusão entre enunciados analíticos e sintéticos, bem como a visão empirista ingênua subjacente a ela: "A noção de que a evidência é desnecessária é dogma, não ciência" (Murray 2001, p. 274). Não se trata de um dogma, mas de um teorema matemático, que, de fato, tem valor de verdade *a priori*. Isso não quer dizer que este teorema não possa ser jamais posto de lado. O próprio sistema formal do qual ele é derivado pode ser abandonado e uma razão para isso pode ser os limites de seu poder heurístico face à compreensão do mundo empírico. Mas isso não transforma em dogmas as proposições analíticas no interior daquele sistema formal. É curioso que, na mesma página em que faz o comentário acima, Murray admite que "não podemos evitar os enunciados verdadeiros da matemática", mas devemos evitar tratar tautologias lógicas como hipóteses científicas. De fato, se uma proposição tem valor de

verdade *a priori*, ela não pode ser uma hipótese. Assim, Murray poderia acusar os defensores dos mecanismos dependentes de densidade de apresentarem um teorema matemático como se fosse uma hipótese empírica, mas não por tratarem verdades matemáticas como conhecimento *a priori*, o que elas de fato são.

<sup>7</sup> Por 'força contrafactual', entende-se a capacidade de uma lei de oferecer suporte a proposições condicionais cujo antecedente é falso (contrafactuais), da forma "se x ocorresse, então y seguiria". Por exemplo, "se eu soltasse este corpo agora, ele cairia na direção do centro gravitacional da Terra". A capacidade de suportar contrafactuais mostra que o enunciado é necessário, e não contingente.

<sup>8</sup> Estas leis são entendidas por Murray (2001, p. 282) como alternativas ao conceito de regulação dependente de frequência.

<sup>9</sup> A visão indutivista, de que generalizações podem ser derivadas de observações, enfrentou sérias críticas na literatura filosófica do século XX. Murray se refere especificamente a uma visão baconiana. Ele menciona o positivismo lógico, mas não retrata de modo adequado desenvolvimentos do indutivismo de natureza mais sofisticada, relativamente ao sistema baconiano. Quando discute o 'método científico' dos biólogos, há uma contradição bastante significativa entre as afirmações de que eles são 'positivistas lógicos' (Murray 2001, pp. 258, 267-268) e de que "... seguem o método indutivo de Bacon" (pp. 259, 270). Isso sugere que Murray não tem na devida conta as enormes diferenças entre o indutivismo baconiano e o positivismo lógico.

<sup>10</sup> Estas são generalizações teóricas. Note-se que Murray se compromete com uma posição específica sobre a natureza das teorias, tratando-as como sistemas dedutivos. É importante ter clareza, contudo, de que esta é somente uma dentre muitas visões sobre a natureza das teorias que encontramos na filosofia da ciência. Teorias foram tratadas, por exemplo, como objetos abstratos, objetos mentais, representações simbólicas do mundo externo, representações simbólicas da nossa experiência (real ou possível). Quando teorias são tratadas como representações simbólicas, questões sobre sua estrutura (sintaxe), referência (semântica) e valor cognitivo se colocam naturalmente. A posição adotada por Murray corresponde a uma visão particular sobre a sintaxe das teorias, que as entende como sistemas axiomáticos, dedutivos.

<sup>11</sup> Em relação à teoria de Newton, vale a pena mencionar que Murray (p. 263) a trata como "uma teoria física bem sucedida, se não absolutamente correta", comprometendo-se com uma visão que não tem na devida conta a natureza conjectural das teorias científicas, sobre as quais tanto insistiu Popper, o filósofo da ciência sobre o qual a maior parte de seus argumentos repousa.

<sup>12</sup> Não é clara nos argumentos de Murray a diferença entre testes de hipóteses por observação e experimentação diretas (no caso das supostas hipóteses '*ad hoc*') ou indiretas. A diferença aparentemente reside numa indução direta a partir da experiência, no caso das primeiras, e num teste a partir de previsões dedutivas, no caso das últimas. Contudo, se for esta a diferença, seria mais correto afirmar que, no método indutivo, simplesmente não se propõe hipóteses.

<sup>13</sup> Murray (2001, p. 262) afirma que sua aceitação das visões de Newton,

Einstein, Feynman e Popper como a maneira de fazer ciência não corresponde a uma 'inveja da física'. Não é necessário fazer tal juízo para afirmar que ele utiliza a física como modelo. Ele justifica, inclusive, tal uso, afirmando que "a física simplesmente oferece excelentes exemplos ilustrativos do método" que permite "propor e testar teorias explicativas, preditivas".

<sup>14</sup> As críticas de Murray são, por vezes, injustas, como veremos mais adiante, ao examinar um comentário crítico que ele dirige a Peters.

<sup>15</sup> Murray cita especificamente esta obra de Kuhn e a resistência da ciência normal à falsificação de um paradigma, mas esta referência se encontra, sintomaticamente, numa discussão sobre os procedimentos usados por biólogos e não parece ter maiores efeitos sobre seu retrato estritamente falsificacionista dos físicos.

<sup>16</sup> Neste ponto, ele menciona longas listas de hipóteses que os biólogos evolutivos acumulam, cada uma aplicável a uma ou poucas espécies e situações. Ele toca, então, em um aspecto importante quanto à testabilidade das teorias, leis e hipóteses biológicas, o grande número de exceções, que pode tornar estes construtos infalsificáveis. Retornaremos a este ponto mais abaixo.

<sup>17</sup> Contudo, Murray constrói seus argumentos nesse sentido referindo-se à 'leis', e não à 'hipóteses'. Esta é mais uma indicação de sua compreensão confusa a respeito do termo 'lei'. Ao longo de seus argumentos, ele usa o termo 'lei' em várias situações em que a referência mais correta seria 'hipótese'. Considere-se, por exemplo, sua equiparação dos termos 'lei' e 'suposições' (guesses) (Murray 2001, p. 277). Nunca é demais lembrar que os termos 'lei', 'teoria' e 'hipótese' se referem a tipos distintos de conhecimento, que não se transformam uns nos outros, e muitos menos são etapas de uma progressão no valor de verdade, de tal modo que, com a disponibilidade de quantidades crescentes de dados, hipóteses se tornariam teorias, e teorias, leis. Esta é uma idéia muito comum, inclusive entre cientistas praticantes, mas constitui um equívoco a ser evitado.

<sup>18</sup> Turchin não faz justiça à posição de Murray; afinal, ele não afirma simplesmente que a biologia não possui leis gerais ou teorias preditivas, visto que busca apresentar uma série de proposições que considera universais e com grande poder preditivo. Assim, embora Murray diagnostique as diferenças entre física e biologia apresentadas por Turchin, sua posição é radicalmente diferente da de Quennette & Gerard e Aarssen, uma vez que exorta os biólogos a seguirem seu exemplo, propondo as leis universais e teorias preditivas das quais a biologia seria hoje carente.

<sup>19</sup> A sugestão da analogia entre a lei de crescimento exponencial e a primeira lei de Newton se encontra em artigo de Ginzburg (1986) sobre os princípios fundamentais da dinâmica de populações.

<sup>20</sup> Turchin (2001, p. 19) chama a atenção para o fato de que Murray (2000) não concorda com a idéia de que a lei exponencial seja equivalente à primeira lei de Newton.

<sup>21</sup> Num sistema consumidor-recurso puro, as taxas per capita de mudança tanto do consumidor quanto do recurso não dependem de sua própria densidade. Oscilações instáveis, por sua vez, são oscilações

populacionais que não convergem para um ponto de equilíbrio.

<sup>22</sup> Para ser justo, este é um problema que não encontramos no artigo de Turchin.

<sup>23</sup> A partir de uma busca de artigos que citaram Turchin (2001), tentei encontrar alguma resposta de Murray a estes argumentos, mas não localizei trabalhos deste último autor que citassem aquele artigo.

<sup>24</sup> Todos estes trechos são derivados do *Webster's New World Dictionary*.

<sup>25</sup> Vide o original, contudo, para importantes diferenças entre a maneira como Ginzburg (1986) e Berryman (2003) derivam conseqüências da analogia com a lei da inércia para a abordagem de problemas da dinâmica de populações.

<sup>26</sup> O exemplo de cientista que favorece métodos analíticos e não considera a necessidade da construção de conceitos integrativos, insistindo, antes, na proposição de leis universais, é precisamente Murray.

<sup>27</sup> Ford & Ishii definem conceitos funcionais como aqueles que "... definem propriedades de conceitos naturais ou expressam relações entre dois ou mais conceitos naturais" (p. 154), citando como exemplos herbivoria e fotossíntese. Conceitos naturais, por sua vez, são aqueles que "... definem e/ou classificam entidades ou eventos no mundo ecológico que são diretamente mensuráveis ou observáveis" (p. 154).

<sup>28</sup> Um exame do artigo de Hansson também dá vez a várias preocupações de natureza metodológica. A construção de uma teoria da variação ecológica deve ser feita com os esforços conjuntos de pesquisadores teóricos e empíricos, como Hansson (2003, p. 626) parece sugerir. Um problema a ser enfrentado, então, reside na baixa freqüência de comunicação entre a literatura teórica e empírica que é um problema comum nas ciências biológicas como um todo e está presente também na ecologia (ver Cruz 2003). É importante ter na devida conta, também, as ressalvas de Hansson (2003, p. 626) sobre os limites da experimentação em ecologia, sem perder de vista, contudo, a importância dos experimentos. Ainda que seja legítimo reclamar por um aumento do impacto e da reputação dos estudos descritivos, como Hansson faz, não se deve perder de vista a relevância do conhecimento produzido por meio de testes de hipóteses envolvendo, inclusive, experimentação. Esta abordagem metodológica é crucial para a compreensão de processos causais em sistemas ecológicos e, mesmo que estudos descritivos possam indicar vias causais prováveis, o teste de hipóteses acerca de tais vias parece inevitável. Sobre experimentação em biologia evolutiva e, por extensão, na ecologia, ver Brandon (1994). Outro ponto a examinar diz respeito à natureza das abordagens indutiva e hipotético-dedutiva na ecologia, considerando-se a pertinência de cada uma delas – com todas as controvérsias a respeito e, inclusive, tendo em vista a possibilidade de que ambas sejam formalizações inadequadas da prática científica (*cf.* Brandon 1994). Caso sejam julgadas pertinentes, será preciso tratar dos contextos ou das questões de pesquisa nas quais devem ser usadas e de como devem ser combinadas. Sobre abordagens indutivas e hipotético-dedutivas na ecologia, ver Mentis (1988), Underwood (1997), Murray (1992, 2000, 2001). Cada um destes pontos pode ser tema de um artigo em si mesmo e, portanto, este não é o espaço para nos determos sobre eles.

<sup>29</sup> Deve-se considerar, além disso, que autores nos quais ele se apóia, como Shrader-Frechette & McCoy (1993, 1994), concentram sua atenção sobre leis universais, que não apresentam qualquer exceção.

<sup>30</sup> Há vários aspectos aos quais devemos estar atentos ao generalizar na ecologia. Um dos mais importantes é destacado por Hansson (p. 625), as mudanças na estrutura e dinâmica dos processos ecológicos em diferentes escalas: "Extrapolações de características individuais para a dinâmica de populações e, então, para a dinâmica e as influências em ecossistemas e paisagens estão fadadas a erros de escala. Cada escala superior contribui com um novo ambiente, mais história, mais adaptações e mais interações. Diferentes fatores podem ser cruciais nas várias escalas das estruturas ecológicas". Outros aspectos aos quais devemos dar atenção são também destacados por este autor, como a historicidade e variabilidade dos sistemas ecológicos. Meu argumento não é o de que estes aspectos devam ser ignorados, mas de que não devem ser entendidos como obstáculos intransponíveis para a construção de modelos tratáveis e generalizações com poder explicativo, preditivo e heurístico.

<sup>31</sup> Não é claro o significado da qualificação 'real' que Ghilarov vincula às teorias e leis desse período.

<sup>32</sup> Colyvan & Ginzburg mencionam o exemplo clássico de desvio da falsificação de uma lei ou hipótese para hipóteses auxiliares: o modo como a lei da gravitação de Newton foi salva do comportamento aberrante da órbita de Urano pelo postulado de que as condições iniciais usadas para fazer as previsões sobre tal órbita eram falsas (em vez da lei de Newton), na medida em que deveria existir mais um planeta ainda desconhecido. A descoberta de Netuno, a partir de conteúdo empírico excedente resultante da própria observação da órbita de Urano, converteu, assim, o que seria uma potencial falsificação da teoria da gravitação de Newton em um enorme sucesso desta. Para detalhes, ver Lakatos (1999).

<sup>33</sup> Note-se que eles não estão discutindo outra distinção que é, esta sim, importante, a saber, entre leis e generalizações acidentais. Sintomaticamente, eles não pretendem propor, como buscam deixar claro, que qualquer regularidade poderia contar como uma lei da natureza (p. 651).

<sup>34</sup> Ulanowicz (1999) não se limita às idéias de Popper mas também leva em consideração outras correntes filosóficas, como a filosofia aristotélica, a semiótica de Peirce e o construtivismo pós-modernista.

<sup>35</sup> Outros postulados do mecanicismo ou newtonianismo são discutidos por Ulanowicz (1999), tais como, a reversibilidade, que implica a inexistência de uma flecha do tempo num sistema newtoniano, e o atomismo, que corresponde à idéia de que sistemas newtonianos são fortemente decomponíveis em suas partes constituintes e, assim, podem ser compreendidos sem dificuldades ou limites por métodos analíticos. Ulanowicz retoma em seu artigo críticas freqüentemente encontradas na literatura que apontam os limites dos métodos analíticos e, logo, do compromisso reducionista com seu uso prioritário, ou mesmo exclusivo, e a necessidade de combinar abordagens analíticas e sintéticas na investigação e explicação de sistemas complexos, como os ecológicos (ver também Ford & Ishii 2001, Bruggeman *et al.* 2002, El-Hani, no prelo).

<sup>36</sup> Este não é o espaço para apresentar o desenvolvimento da teoria de Ulanowicz, que apela para uma diversidade de conceitos, como os de

probabilidade condicional, autocatálise, propensões etc. Aos leitores interessados, recomendo examinar Ulanowicz (1997, 1999, 2003)

<sup>37</sup> Foge ao escopo deste trabalho explicar as distinções entre os tipos mais fortes de necessidade. A este respeito ver, por exemplo, Bailey (1999).

<sup>38</sup> Para detalhes dos argumentos que levam Lange a esta definição, ver o original.

<sup>39</sup> Lange se cerca de uma série de ressalvas necessárias ao apresentar esta conclusão. A cautela é realmente necessária, porque muito já se escreveu sobre o problema do reducionismo e o tópico correspondente da irreducibilidade. Em particular, vários sentidos de ‘reducibilidade’ e, conseqüentemente, de ‘irreducibilidade’ já foram distinguidos na literatura (Rosenberg 1985, Sarkar 1998, Sober 2000, El-Hani & Queiroz 2005), o que torna impossível derivar do argumento de Lange a conclusão de que leis ecológicas seriam irreducíveis em todos os sentidos importantes do termo. Esta conclusão é, contudo, desnecessária. O importante é estabelecer que leis ecológicas possam ser consideradas irreducíveis em um sentido relevante e claramente formulado do termo e, nesse ponto, Lange foi bem sucedido, para o meu entendimento. Retornarei ao tema da irreducibilidade das leis ecológicas em trabalhos futuros, nos quais o argumento de El-Hani & Queiroz (2005) a favor da necessidade de distinguir entre diferentes modos de irreducibilidade será empregado.

<sup>40</sup> Ele destaca como isso implica que uma lei deve ter conteúdo empírico, não podendo ser um teorema matemático, como argumentei acima (O’Hara 2005, p. 391).

<sup>41</sup> Essa forma de exprimir a idéia sugere, contudo, que haveria em alguma ciência (na física?) proposições que mereceriam ser chamadas de ‘leis’ e a ecologia, de sua parte, deveria contentar-se com generalizações, por assim dizer, de segunda categoria. Contudo, como comentado acima, os requisitos colocados para uma proposição qualificar-se como lei são tipicamente tão estritos que a maioria das leis físicas teria dificuldade de sustentar este estatuto. Além disso, generalizações que não satisfazem tais requisitos podem apresentar relevante poder explicativo e preditivo.

<sup>42</sup> Neste ponto, parece crucial examinar a literatura recente sobre a construção de modelos de mecanismos, a exemplo de Machamer *et al.* (2000), Glennan (2002, 2005). A tentativa de relacionar máquinas nomológicas e modelos de mecanismos será objeto de trabalhos futuros.

<sup>43</sup> Neste artigo, não discutirei criticamente o argumento a favor da inexistência de leis biológicas baseado no pluralismo teórico. Para uma discussão crítica, ver Sober (1997).

<sup>44</sup> Recomendo ao leitor o exame de Brandon (1994, 1997) para uma discussão muito interessante da natureza da experimentação na física e na biologia, baseada numa proposta de romper com a distinção dicotômica entre métodos experimentais e descritivos, em prol de um gradiente de ‘experimentalidade’ dos testes empíricos. Deve ser comentado, ainda, que Brandon não destaca as diferenças entre física e biologia com o intuito de hierarquizar estas ciências ou tomar uma ou outra como modelo, mas visando uma melhor compreensão das diferenças entre as práticas de construção do conhecimento científico nestas duas áreas da investigação.

<sup>45</sup> CDN = Condições de diferenciação de nicho.  $N_i$  = nicho fundamental da espécie  $i$ .  $S_i$  = espécies.  $B$  = espaço de biótopo.

<sup>46</sup> Weber também trata do papel do princípio em explicações da radiação adaptativa (ver original).

<sup>47</sup> Em trechos anteriores deste artigo examinamos outros casos de estados de ‘força zero’ na ecologia, como a lei do crescimento exponencial e a lei das oscilações consumidor-recurso (Turchin 2001). Estes estados de força zero se referem a situações ideais que, muito freqüentemente, não são realizadas em qualquer tempo ou lugar. No meu entendimento, Weber explica com sucesso como elas cumprem um papel fundamental na explicação científica.

## REFERÊNCIAS

- AARSSSEN, L.W. 1997. On the progress of ecology. *Oikos*, 80: 177-178.
- AUSTIN, M.P. 1999. A silent clash of paradigms: some inconsistencies in community ecology. *Oikos*, 86: 170-178.
- BAILEY, A. 1999. Supervenience and physicalism. *Synthese*, 117: 53-73.
- BEATTY, J. 1995. The evolutionary contingency thesis. pp. 45-81. In: G. Wolters & J.G. Lennox (eds.). *Concepts, Theories, and Rationality in the Biological Sciences*. UVK – Universitätsverlag Konstanz/University of Pittsburgh Press, Pittsburgh e Konstanz.
- BEATTY, J. 1997. Why biologists argue like they do? *Philosophy of Science*, 64(Proceedings): S432-S443.
- BECHTEL, W. & RICHARDSON, R.C. 1993. *Discovering Complexity: Decomposition and Localization as Strategies in Scientific Research*. Princeton University Press, Princeton.
- BERRYMAN, A.A. 1999. *Principles of Population Dynamics and their Application*. Stanley Thornes, Cheltenham.
- BERRYMAN, A.A. 2003. On principles, laws and theory in population ecology. *Oikos*, 103: 695-701.
- BRADIE, M. 1980. Models, metaphors, and scientific realism. *Nature and Systems*, 2: 3-20.
- BRANDON, R. 1990. *Adaptation and Environment*. Princeton University Press, Princeton.
- BRANDON, R. 1994. Theory and experiment in evolutionary biology. *Synthese*, 99: 59-73.
- BRANDON, R. 1997. Does biology have laws? The experimental evidence. *Philosophy of Science*, 64(Proceedings): S444-457.
- BRUGGEMAN, F.J.; WESTERHOFF, H.V. & BOOGERD, F.C. 2002. Biocomplexity: A pluralist research strategy is necessary for a mechanistic explanation of the “live” state. *Philosophical Psychology*, 15: 411-440.
- CARTWRIGHT, N. 1983. *How the Laws of Physics Lie*.

- Clarendon, Oxford.
- CARTWRIGHT, N. 1999. *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*. Cambridge University Press, Cambridge.
- CASTLE, D.G.A. 2001. A semantic view of ecological theories. *Dialectica*, 55: 51-65.
- CHALMERS, A.F. [1982]1995. *O Que é Ciência Afinal?* Brasiliense, São Paulo.
- COLYVAN, M. & GINZBURG, L.R. 2003a. Laws of nature and laws of ecology. *Oikos*, 101: 649-653.
- COLYVAN, M. & GINZBURG, L.R. 2003b. The Galilean turn in population ecology. *Biology and Philosophy*, 18: 401-414.
- COOPER, G. 1998. Generalizations in ecology: A philosophical taxonomy. *Biology and Philosophy*, 13: 555-586.
- CRUZ, L. C. 2003. *A Prática Científica na Ecologia de Comunidades: Um Estudo da Literatura de Ecologia de Comunidades de Lagartos*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, UFBA, Salvador.
- DYSON, F. 1988. *Infinite in All Directions*. Harper & Row, New York.
- EL-HANI, C.N. (no prelo). Pluralismo metodológico na pesquisa biológica: Indo além do reducionismo. *Sitientibus*.
- EL-HANI, C.N. & QUEIROZ, J. 2005. Modos de irredutibilidade das propriedades emergentes. *Scientiae Studia*, 3: 9-41.
- FAHRIG, L. 1988. Nature of ecological theories. *Ecological Modelling*, 43: 129-132.
- FEYERABEND, P. K. 1975. *Contra o Método*. Francisco Alves, Rio de Janeiro.
- FLEW, A. 1984. *A Dictionary of Philosophy* (2<sup>nd</sup> ed.). St. Martins Press, New York.
- FORD, E.D. & ISHII, H. 2001. The method of synthesis in ecology. *Oikos*, 93: 153-160.
- GHILAROV, A.M. 2001. The changing place of theory in 20th century ecology: from universal laws to array of methodologies. *Oikos*, 92: 357-362.
- GIERE, R.N. 1995. The skeptical perspective: Science without laws of nature. pp. 120-138. In: F. Weinert (ed.), *Laws of Nature: Essays on the Philosophical, Scientific and Historical Dimensions*. Walter de Gruyter, Berlin.
- GINZBURG, L.R. 1986. The theory of population dynamics: I. Back to first principles. *Journal of Theoretical Biology*, 122: 385-399.
- GINZBURG, L.R. & COLYVAN, M. 2004. *Ecological Orbits: How Planets Move and Populations Grow*. Oxford University Press, Oxford.
- GLENNAN, S. 2002. Rethinking mechanistic explanation. *Philosophy of Science*, 69 (Proceedings): S342-S353.
- GLENNAN, S. 2005. Modeling Mechanisms. *Studies in History and Philosophy of Biology & Biomedical Sciences*, 36: 443-464.
- GOODMAN, N. 1983.** *Fact, Fiction, and Forecast* (4<sup>th</sup> ed.). Harvard University Press, Cambridge-MA.
- GRIMM, V. 1994. Mathematical models and understanding in ecology. *Ecological Modelling*, 75/76: 641-651.
- HANSSON, L. 2003. Why ecology fails at application: should we consider variability more than regularity? *Oikos*, 100: 624-627.
- HEMPEL, C.G. 1965. *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*. Macmillan, New York.
- HESSLOW, G. 1983. Explaining differences and weighting causes. *Theoria*, 49: 87-111.
- HULL, D.L. 1973. *Darwin and his Critics*. The University of Chicago Press, Chicago.
- HULL, D.L. 1974. *Philosophy of Biological Science*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- HUTCHINSON, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22: 415-427.
- HUTCHINSON, G.E. 1961. The paradox of the plankton. *American Naturalist*, 93: 145-159.
- JORGENSEN, S.E. 2002. Explanation of ecological rules and observation by application of ecosystem theory and ecological models. *Ecological Modelling*, 158: 241-248.
- KINGSLAND, S. 1995. *Modeling Nature: Episodes in the History of Population Ecology*. The University of Chicago Press, Chicago.
- KITCHER, P. 1984. 1953 and all that. *Philosophical Reviews*, 93: 335-373.
- KNAPP, A.K.; SMITH, M.D.; COLLINS S.L.; ZAMBATIS, N.; PEEL, M.; EMERY, S.; WOJDAK, J.; HORNER-DEVINE, M.C.; BIGGS, H.; KRUGER, J. & ANDELMAN, S. J. 2004. Generality in ecology: Testing North American grassland rules in South African savannas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 483-491.
- KUHN, T.S. [1970]1996. *The Structure of Scientific Revolutions* (3<sup>rd</sup> ed.). The University of Chicago Press, Chicago.
- LAKATOS, I. [1978]1999. *The Methodology of Scientific Research Programmes*, Philosophical Papers Volume I (edited by J. Worrall and G. Currie). Cambridge University Press, Cambridge.
- LANGHE, M. 2005. Ecological laws: what would they be and why would they matter? *Oikos*, 110: 394-403.
- LAWTON, J.H. 1999. Are there general laws in ecology? *Oikos*,

- 84:177-192.
- MACARTHUR, R.H. [1972]1984. *Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species*. Princeton University Press, Princeton.
- MACHAMER, P.; DARDEN, L. & CRAVER, C.F. 2000. Thinking About Mechanisms. *Philosophy of Science*, 67: 1-25.
- MAYO, D.G. 1996. *Error and the Growth of Experimental Knowledge*. The University of Chicago Press, Chicago.
- MAYR, E. 1982. *The Growth of Biological Thought*. Harvard University Press, Cambridge-MA.
- MAYR, E. 1988. *Toward a New Philosophy of Biology*. Harvard University Press, Cambridge-MA.
- MAYR, E. 2005. *Biologia: Ciência Única*. Cia. das Letras, São Paulo.
- MCINTOSH, R.P. 1980. The background and some current problems of theoretical ecology. *Synthese*, 43: 195–255.
- MCINTOSH, R.P. 1985. *The Background of Ecology: Concept and Theory*. Cambridge University Press, Cambridge.
- MCINTOSH, R.P. 1987. Pluralism in ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18: 321-341.
- MCINTOSH, R.P. 1995. Gleason's, H. A. individualistic concept and theory of animal communities: A continuing controversy. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 70: 317-357.
- MENTIS, M.T. 1988. Hypothetico-deductive and inductive approaches in ecology. *Functional Ecology*, 2: 5–14.
- MIKKELSON, G.M. 2003. Ecological kinds and ecological laws. *Philosophy of Science*, 70: 1390-1400.
- MITCHELL, S.D. 1997. Pragmatic laws. *Philosophy of Science*, 64(Proceedings): S468-479.
- MITCHELL, S.D. 2000. Dimensions of scientific law. *Philosophy of Science*, 67: 242-265.
- MITCHELL, S.D. 2003. *Biological Complexity and Integrative Pluralism*. Cambridge University Press, Cambridge.
- MURRAY, B.G., Jr. 1992. Research methods in physics and biology. *Oikos*, 64: 594–596.
- MURRAY, B.G., Jr. 1999a. Can the population regulation controversy be buried and forgotten? *Oikos*, 84: 148–152.
- MURRAY, B.G., Jr. 1999b. Is theoretical ecology a science? A reply to Turchin (1999). *Oikos*, 87: 594–600.
- MURRAY, B.G., Jr. 2000. Universal laws and predictive theory in ecology and evolution. *Oikos*, 89: 403–408.
- MURRAY, B.G., Jr. 2001. Are ecological and evolutionary theories scientific? *Biological Reviews*, 76: 255-289.
- NINILUOTO, I. 1987. *Truthlikeness*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- O'HARA, R.B. 2005. The anarchist's guide to ecological theory. Or, we don't need no stinkin' laws. *Oikos*, 110: 390-393.
- OWEN-SMITH, N. 2005. Incorporating fundamental laws of biology and physics into population ecology: the metaphysiological approach. *Oikos*, 111: 611-615.
- PETERS, R.H. 1991. *A Critique for Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- PICKETT, S.T.A. 1999. The culture of synthesis: habits of mind in novel ecological integration. *Oikos* 87: 479–487.
- QUENETTE, P.Y. & GERARD, J.F. 1993. Why biologists do not think like physicists. *Oikos*, 68: 361–363.
- QUINE, W.V. 1980. *From a Logical Point of View* (2<sup>nd</sup> Ed.). Harvard University Press, Cambridge-MA.
- ROSENBERG, A. 1985. *The Structure of Biological Science*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ROYAMA, T. 1977. Population persistence and density dependence. *Ecological Monographs* 47: 1-35.
- SALMON, W.C. 1990. *Four Decades of Scientific Explanation*. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- SARKAR, S. 1996. Ecological theory and anuran declines. *Bioscience*, 46: 199-207.
- SARKAR, S. 1998. *Genetics and Reductionism*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SCHOENER, R. 1986. Mechanistic approaches to ecology: A new reductionism? pp. 181-193. In: D.R. Keller & F. B. Golley (Eds.). *The Philosophy of Ecology: From Science to Synthesis*. The University of Georgia Press, Athens.
- SCUDO, F. & ZIEGLER, J.R. 1978. *The Golden Age of Theoretical Ecology, 1923–1940*. Springer-Verlag, Berlin.
- SHRADER-FRECHETTE, K. & MCCOY, E.D. 1993. *Method in Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SHRADER-FRECHETTE, K. & MCCOY, E.D. 1994. Applied ecology and the logic of case studies. *Philosophy of Science*, 61: 228-249.
- SIMON, H. 1969. *The Sciences of the Artificial*. The MIT Press, Cambridge-MA.
- SMART, J.J.C. 1963. *Philosophy and Scientific Realism*. Routledge & Kegan Paul, London.
- SOBER, E. 1997. Two outbreaks of lawlessness in recent philosophy of biology. *Philosophy of Science*, 64(Proceedings): S458-467.
- SOBER, E. 2000. *Philosophy of biology*. Westview Press, Boulder.
- THAGARD, P. 1992. *Conceptual revolutions*. Princeton University Press, Princeton.
- TURCHIN, P. 1999. Population regulation: A synthetic view. *Oikos*, 84: 153–159.
- TURCHIN, P. 2001. Does population ecology have general laws?

- Oikos*, 94: 17-26.
- ULANOWICZ, R.E. 1997. *Ecology: the Ascendent Perspective*. Columbia University Press, New York.
- ULANOWICZ, R.E. 1999. Life after Newton: an ecological metaphysic. *Biosystems*, 50: 127-142.
- ULANOWICZ, R.E. 2003. Some steps toward a central theory of ecosystem dynamics. *Computational Biology and Chemistry*, 27: 523-530.
- UNDERWOOD, A.J. 1997. *Experiments in Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- VAN FRAASSEN, B. 1980. *The Scientific Image*. Clarendon, Oxford.
- VAN FRAASSEN, B. 1989. *Laws and Symmetry*. Clarendon, Oxford.
- WATERS, C.K. 1998. Causal regularities in the biological world of contingent distributions. *Biology and Philosophy*, 13: 5-36.
- WEBER, M. 1999. The aim and structure of ecological theory. *Philosophy of Science*, 66:71-93.
- WOODWARD, J. 2001. Law and explanation in biology: Invariance is the kind of stability that matters. *Philosophy of Science*, 68: 1-20.