

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**ASPECTOS TEÓRICO-FILOSÓFICOS DA CIÊNCIA ECOLÓGICA:  
CONTEÚDO E ESTRUTURA EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO  
SUPERIOR**

**Claudio Ricardo Martins dos Reis**

**Claudio Ricardo Martins dos Reis**

**ASPECTOS TEÓRICO-FILOSÓFICOS DA CIÊNCIA ECOLÓGICA:  
CONTEÚDO E ESTRUTURA EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO  
SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como  
parte das atividades para obtenção do título de  
Bacharel do curso de Ciências Biológicas na  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Aldo Mellender de Araújo

Porto Alegre

Dezembro de 2013

**Claudio Ricardo Martins dos Reis**

**ASPECTOS TEÓRICO-FILOSÓFICOS DA CIÊNCIA ECOLÓGICA:  
CONTEÚDO E ESTRUTURA EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO  
SUPERIOR**

Aprovada em: 04 de Dezembro de 2013.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Rualdo Menegat (departamento de Paleontologia e Estratigrafia da UFRGS)

Me. Vinicius Batazini (doutorando do PPG-Ecologia da UFRGS)

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.



*“As coisas são similares: isso torna a ciência possível. As coisas são diferentes: isso torna a ciência necessária”* R. Levins e R. Lewontin

*“Filosofar cientificamente e encarar a ciência filosoficamente”* M. Bunge

*“A ciência se alimenta de dúvidas e só se desenvolve em condições de liberdade”* C. Reis

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer ao meu orientador, o prof. Dr. Aldo Mellender de Araújo, primeiramente por aceitar a minha empreitada de trabalhar um TCC com livros de ecologia, não sendo um tema de genética nem de história das ideias em evolução, as duas linhas de pesquisa do professor. No entanto, o laboratório é de *Genética Ecológica*: pensei especificamente neste adjetivo para construir o tema de meu trabalho, uma forma de ter o prof. Aldo como meu orientador.

Gostaria de agradecer à prof. Dra. Sandra Müller por ter me emprestado um dos livros que foram analisados (Cain, Bowman e Hacker, 2011) e ao prof. Dr. Demetrio Guadagnin por ter me passado as figuras deste livro.

Agradeço aos dois membros da banca, o prof. Dr. Rualdo Menegat e o doutorando em ecologia Vinicius Bastazini, pelas contribuições dadas a este manuscrito, as quais foram consideradas e possibilitaram um trabalho final de melhor qualidade.

Agradeço, também, a dois professores da UFRGS por terem me influenciado grandemente no decorrer de minha graduação e que certamente contribuíram para que eu me tornasse o que sou hoje. Refiro-me ao Jorge Quillfeldt e ao Paulo Brack, que, além de professores, considero-os exemplos de seres humanos. Sua inconformidade com este sistema injusto, aliada a suas visões da necessidade de engajamento para transformá-lo, foram essenciais como ponto de partida para minha reflexão a respeito do que pretendo ser e fazer como pessoa. Mesmo que eu venha a trabalhar com ciência básica ou com filosofia da ciência, urge, de forma paralela ou mesmo conectada, a necessidade de eu estar vinculado diretamente com

a temática socioambiental. Fiquei extremamente feliz em ter estes professores como paraninfo e como homenageado em minha formatura.

Agradeço aos amigos que fiz na universidade por todos os momentos de risos e de amadurecimento intelectual, algo extremamente difícil de separar, visto que nas mesmas conversas sobre questões científicas e filosóficas interessantes vinham entremeadas asneiras das mais variadas estirpes. Foram, para mim, bastante relevantes os grupos que criamos. O *C<sup>3</sup>*, onde debatíamos energicamente sobre ciência, mas que também fazíamos edições chamadas *C<sup>3</sup> Vermelho*, que tratava, em vez de ciência básica, de ideias sociais forjadas à esquerda no espectro político-econômico. Nosso blogue, chamado *Adaga de Occam*, que mantemos até hoje, foi certamente uma ferramenta essencial para minha formação. Também foi muito gratificante o grupo de *Estudos em Filosofia da Ciência*, sediado na sala Fritz Müller, que criamos e pretendemos continuar mantendo. Um muito obrigado aos amigos e amigas que fizeram parte desta minha importante caminhada, que está a recém (que bom!) bem no seu início.

Eu jamais me esqueceria de agradecer às minhas, digamos, duas famílias, isto é, à minha mãe, ao meu pai e aos meus irmãos, incluindo meus outros parentes próximos, em especial meus avós; e à família que orgulhosamente tenho há cinco anos, constituída pela minha esposa (acho que posso usar este termo), Elisandra, e meus dois enteados, Izabel e Felipe. Um muito obrigado de coração por me “agüentarem” e por me ajudarem sempre que precisei. Sem vocês nada disso seria possível.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo discutir, sob uma perspectiva filosófica, temas básicos da ecologia apresentados em livros-texto de utilização no ensino superior. Estes temas básicos envolveram desde a concepção dos autores sobre o que caracteriza a atividade científica, passando pelo escopo da ecologia e sua importância, até o destaque dado às diferentes áreas da ecologia, incluindo a ecologia aplicada. Embora todos os autores tenham considerado a ecologia uma atividade científica, foi encontrada uma grande variação nas suas definições. Desde autores que explicitamente consideraram-na um ramo da biologia, até aqueles que a definiram de forma tão ampla que englobaria todas as outras disciplinas científicas. Dois dos quatro livros analisados trataram explicitamente sobre características gerais da ciência. Destacou-se a natureza inacabada e cambiante da atividade científica e uma determinada concepção do chamado método científico. A variação também foi considerável quanto aos níveis de organização próprios à ecologia. Houve autores que enfatizaram o organismo como unidade fundamental, enquanto outros deram prioridade ao nível ecossistêmico. Além disso, alguns mencionaram a importância de níveis como o molecular e outros incluíram o nível da biosfera no estudo da ecologia. Quanto à ênfase na teoria evolutiva, alguns autores realmente destacaram sua importância, mas outros sequer a mencionaram em seu capítulo introdutório. Isso refletiu numa grande diferença entre as obras quanto ao número de capítulos tendo a evolução como tópico central. Foi examinada, também, a argumentação dos autores para justificar a importância da ecologia. Todos eles mencionaram aspectos práticos relacionados à necessidade de compreender o mundo natural para que se possa reverter ou mesmo antecipar os problemas ambientais. Uma das obras, inclusive, afirmou a necessidade de os ecólogos assumirem seu papel totalmente endereçado a esses problemas. Apenas uma das obras, no entanto, enfatizou a importância da ecologia na geração de conhecimento sem que se tenha em vista necessariamente os problemas ambientais. Isto é, na importância da ciência e da ecologia como atividade cultural. Considerando apenas o capítulo introdutório dos livros analisados, houve grande desconsideração pelo aspecto histórico da ecologia e uma ausência total da menção à teoria como elemento importante na atividade científica. Em relação à estrutura geral dos livros, a Introdução possuiu sempre um número de páginas menor do que a média do número de páginas dos outros capítulos. A importância dedicada aos níveis de organismos, populações, comunidades e ecossistemas foi bastante variável entre as diferentes obras. A respeito das interações entre organismos, foi encontrado um padrão em que interações negativas foram sempre muito mais abordadas do que interações positivas. Devido

a isso, duas hipóteses foram propostas e discutidas. Por fim, foi analisado o tópico de ecologia aplicada. Foi encontrado um padrão em que aproximadamente 12% do conteúdo dos livros é dedicado a este tópico. No entanto, o que é tratado como ecologia aplicada é, na verdade, uma mistura de ciência aplicada e técnica, o que envolve, naturalmente, determinados valores éticos.

### **PALAVRAS-CHAVE**

ciência básica e aplicada; escopo e importância da ecologia; evolução; filosofia da ciência

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	13
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	13
3.1 ANÁLISE QUALITATIVA.....	14
3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1 ASPECTOS DA INTRODUÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS.....	16
<b>4.1.1 Concepções de ciência.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.2 Definições de ecologia e seu escopo.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.3 Ecologia e níveis de organização biológica.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.4 Abordagem evolutiva.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.5 Importância da ecologia.....</b>	<b>44</b>
<b>4.1.6 Tabela-resumo dos resultados qualitativos.....</b>	<b>56</b>
4.2 ASPECTOS DA ESTRUTURA DOS LIVROS DIDÁTICOS.....	58
<b>4.2.1 O capítulo introdutório em relação aos outros capítulos.....</b>	<b>58</b>
<b>4.2.2 Quatro áreas da ecologia: organismos, populações, comunidades e ecossistemas.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2.3 Interações positivas e negativas entre organismos.....</b>	<b>61</b>
<b>4.2.4 Ecologia aplicada.....</b>	<b>65</b>
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

## 1 INTRODUÇÃO

Alexander Wezel e colaboradores publicaram, em artigo de revisão, um estudo dos diferentes significados do termo *agroecologia* (Wezel *et al.* 2009). Eles destacaram que este termo pode ser entendido hoje como ciência, como movimento e como prática. Mais especificamente, como disciplina científica aplicada, como movimento social ou político e como prática ou técnica para sistemas agrícolas. O que eles propuseram, porém, não foi reduzir o termo a um destes conceitos de modo a concluir pela invalidade das outras concepções. Diferentemente, seu objetivo era explicitar as diferenças conceituais e recomendar, para aqueles que publicam assuntos de agroecologia, que sejam explícitos na sua interpretação.

De forma similar, o termo *ecologia* é compreendido hoje de distintas maneiras. Pode-se, também, agrupá-las nas mesmas três categorias: ciência, movimento e técnica (ou prática). A ecologia enquanto atividade científica, porém, pode ser tanto básica como aplicada. É na categoria de ciência que os livros analisados se atêm, principalmente na sua dimensão como ciência básica. Por isso, este estudo, ao longo dos diferentes tópicos, abordará a ecologia como atividade científica, embora não deslegitime as outras concepções. É comum aos ecólogos, no anseio pela posse de um termo a eles importante, limitar o conceito de ecologia a uma disciplina científica, tratando como incorreta qualquer associação deste termo a outros tipos de atividade. Isso normalmente vem acompanhado de um desinteresse ou mesmo de um preconceito ou por outras áreas que são, igualmente, de extrema importância. É hoje inegável a relevância tanto da tecnologia como dos movimentos sociais para os rumos de nossa sociedade. Por isso, tentar compreendê-los é tão importante quanto o entendimento da própria atividade científica. O melhor a fazer não é a tentativa de deslegitimar as outras concepções que utilizam o termo *ecologia*, mas enfatizar a necessidade de que o conceito seja explicitado, assim como pretendeu Wezel e colaboradores (2009) em relação à agroecologia. Foi com este objetivo que utilizamos o termo *ciência ecológica* no título deste trabalho.

No entanto, parece-me interessante abordar ao menos brevemente as outras duas categorias conceituais da ecologia. Como *movimento social ou político*, a ecologia está ligada à constituição histórica do ambientalismo, que se iniciou em fins da década de 1960 e começo da de 1970, para a qual o agrônomo formado pela UFRGS José Lutzenberger (1926-2002) foi um grande expoente no Brasil e no mundo. Além de livros próprios e de biografia, uma boa compilação de seus textos está presente na obra *Garimpo ou Gestão* (Lutzenberger, 2009). Esses movimentos surgiram basicamente questionando o esgotamento dos recursos naturais e

do próprio futuro da vida no planeta. A explicitação de que o planeta é finito e possui uma biocapacidade, associada, certamente, a valores éticos e à necessidade de engajamento para a obtenção de mudanças, foram e ainda são o fermento da crítica ambientalista. Hoje essa concepção foi apropriada por diversos movimentos sociais que inicialmente não incluíam a dimensão ambiental em suas pautas. Os movimentos agroecológicos, por exemplo, são uma consequência deste processo. No plano acadêmico, o que normalmente é chamado *ecologia política* trata-a, na verdade, com este conceito, por enfatizar o aspecto social e político da ecologia, tal como o caráter estratégico de camponeses e povos originários na manutenção de áreas de grande importância ambiental, geralmente pela conservação de recursos e de biodiversidade (Diaz-Polanco, 2004; Porto-Gonçalves, 2012).

Outros conceitos estão associados à ecologia como movimento social ou político. A *ecologia profunda*, termo proposto por Arne Næss (1973), propõe uma mudança de concepção dos humanos para com a natureza, rechaçando, por exemplo, o antropocentrismo. Næss utiliza os termos “igualitarismo biosférico” e “igualitarismo ecológico” para se referir a um princípio-chave da ecologia profunda, o qual está bastante próximo ao que hoje denominamos biocentrismo. Um conceito que fornece um amplo debate e um contraponto a essa visão de mundo é o que Murray Bookchin chamou *ecologia social* (e.g. Bookchin, 1996). Segundo o autor, este conceito rejeita o biocentrismo da ecologia profunda, porque vê nele uma negação ou mesmo uma degradação da singularidade humana, de sua subjetividade e racionalidade, de sua sensibilidade estética e do potencial ético de nossa espécie. Certamente a ecologia social traz importantes críticas ecológicas à nossa sociedade, mas ela vê a necessidade de se lutar conjuntamente contra a estrutura social que mantém privilégios e favorece a desigualdade e a falta de liberdade. Para Bookchin, a crítica ecológica precisa ser unida à crítica da hierarquia e da dominação social.

A ecologia como *técnica* está bastante difundida, embora nem sempre efetivada nos diferentes países. As práticas ecológicas envolvem desde o sistema agrícola, que passa pela agroecologia enquanto técnica, até os sistemas urbanos de grande e pequena escala. Técnicas como desenhos de unidades de conservação, de sistemas de compostagem e de manejos orgânicos apropriados a diferentes contextos são todas fundamentadas no conhecimento gerado pela ciência ecológica e visam, em última instância, práticas de diminuição do impacto ambiental das atividades humanas. Isso mostra que a técnica possui duas características principais. Primeiro, baseia-se em alguma(s) ciência(s). Segundo, pretende solucionar problemas práticos.

É devido principalmente a esta última característica que a proposta de uso de determinadas técnicas precisa de um forte debate e controle pela sociedade. Isso envolve, por exemplo, a utilização de agrotóxicos e transgênicos (OGMs) na agricultura, o uso de fraturas hidráulicas (*fracking*) e a construção de usinas termelétricas, apenas para destacar casos de maior polêmica na atualidade. É completamente legítimo que determinadas atividades com consequências reais para a sociedade possam ser por ela decididas. Isso é bastante razoável e, se possuímos valores democráticos, consideraremos mais apropriado que um sistema (i) tecnocrático, (ii) autoritário ou (iii) de “livre mercado”. Quem deveria decidir pelos rumos da sociedade é ninguém mais do que ela mesma, jamais um grupo minoritário, seja ele composto por tecnocratas, por uma burocracia de Estado ou por “mercados livres” operando sob a lógica do capital. É desanimador, no entanto, que uma grande quantidade de países esteja mais próxima de um dos três itens citados acima do que de uma verdadeira democracia.

A ecologia como *ciência básica e aplicada* será tratada amplamente neste trabalho, a partir da concepção dos autores dos livros-texto analisados e com uma discussão filosófica sobre essas atividades. Perguntamo-nos, por exemplo, se a ecologia como ciência é uma sub-área da biologia ou se envolve outras disciplinas científicas. De Laplante (2004) defende o que ele chama uma *concepção expandida* da ecologia em contraposição à *concepção ortodoxa*, que traz essa disciplina como um ramo das ciências da vida, o que é comum a maioria dos livros-texto. Embora expandida, sua proposta ainda mantém a ecologia como ciência, mas uma ciência interdisciplinar, que deveria incluir áreas como psicologia e economia.

No entanto, que características a ecologia possui para que possa ser considerada uma atividade científica? Segue ela um método científico? Ou, de modo mais amplo, as ciências em geral seguem um mesmo método? Quanto a esta última pergunta, alguns autores, como Popper (1994) e Bunge (2002), defendem que sim, enquanto outros discordam (*e.g.* Kuhn, 1987; Feyerabend, 2007). Esse problema teve, e ainda tem, um grande debate na literatura filosófica. No entanto, isso pode ser considerado em boa parte um problema semântico. Se *método* for entendido de forma restrita, como uma receita passo a passo que se deva seguir, certamente não há tal coisa como o método da ciência. No entanto, toda e qualquer atividade científica utiliza o conhecimento prévio, faz observações na natureza, busca generalidades empíricas, propõe hipóteses explicativas, etc.

Muitas outras questões foram problematizadas. Por exemplo, quais os pressupostos filosóficos da ciência? A ecologia deveria se adequar a eles? Há aspectos sociais que contribuem para o desenvolvimento da prática científica? A ciência e a ecologia respondem aos *porquês* dos

fenômenos naturais? Foi o naturalista Ernst Haeckel (1834-1919) uma figura importante para a constituição histórica da ecologia? Qual o escopo dessa ciência e os níveis de organização biológica próprios a ela? É o reducionismo ou o holismo a abordagem mais apropriada à pesquisa ecológica? Há uma alternativa entre elas? Qual a importância da evolução para a ecologia? Existe uma relação entre meio ambiente e desenvolvimento, e entre este e a ecologia?

Esta pequena lista de questões fornece uma ideia geral sobre o que será abordado ao longo deste trabalho. Partir-se-á dos resultados encontrados com base na análise de quatro livros didáticos de ecologia e se conduzirá a uma discussão um pouco mais aprofundada sobre esses diversos temas.

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo discutir, sob uma perspectiva teórico-filosófica, temas básicos da ecologia apresentados em livros-texto de utilização no ensino superior. Estes temas básicos envolvem desde a concepção dos autores sobre o que caracteriza a atividade científica, passando pelo escopo da ecologia e sua importância, até o destaque dado às diferentes áreas da ecologia, incluindo a ecologia aplicada.

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi realizada uma análise quali-quantitativa de quatro livros didáticos de ecologia amplamente utilizados no ensino superior (quadro 1).

**Quadro 1.** Livros didáticos de ecologia do ensino superior utilizados neste trabalho.

<b>Nomes</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Editora</b>	<b>Ano</b>
A Economia da Natureza	Robert E. Ricklefs	Guanabara Koogan	2011
Ecologia	M. Cain, W. Bowman, S. Hacker	Artmed	2011
Ecologia – de Indivíduos a Ecossistemas	M. Begon, C. Townsend, J. Harper	Artmed	2007
Fundamentos de Ecologia	Eugene P. Odum	Fundação Calouste Gulbenkian	2004

Foram utilizadas as edições em língua portuguesa destes livros, muito embora todos os autores sejam de língua inglesa. Mesmo que este trabalho de conclusão não aborde

diretamente a temática da educação (visto ser do bacharelado), optou-se pela escolha de livros em língua portuguesa tendo em vista os estudantes brasileiros. Além de que este próprio trabalho (TCC) é realizado em nossa língua materna. Dessa forma, pode ser mais relevante aliar um aspecto étnico ao conteúdo propriamente dito, tratando dos livros na sua edição traduzida. Além disso, é necessário destacar que juntamente a um exame descritivo de aspectos considerados importantes nessas obras, pretendeu-se, em certas ocasiões em que se considerou necessário, realizar uma avaliação normativa. Essa avaliação, no entanto, dificilmente pode ser tomada em conjunto, de modo a se referir ao livro como um todo, visto que a maioria das análises feitas não permite tais extrapolações. Como veremos, o exame sistemático do *conteúdo* das obras diz respeito aos seus capítulos introdutórios. A análise do livro como um todo se limitou à sua *estrutura* geral.

### 3.1 ANÁLISE QUALITATIVA

Foi realizada uma leitura sistemática do capítulo introdutório dos quatro livros apresentados acima, com o objetivo de examinar suas semelhanças e diferenças quanto a temas determinados *a priori* e considerados como importantes para contextualizar o estudo da ecologia. Com base na introdução destes livros, pretendeu-se analisar os seguintes temas:

(i) concepção de *ciência*; (ii) definições e escopo da *ecologia*; (iii) organização da ecologia em níveis distintos; (iv) relação entre ecologia e evolução; e, (v) importância da ecologia.

Foi realizada, portanto, com relação ao capítulo introdutório dos distintos livros, uma abordagem qualitativa através de um exame comparativo dos temas mencionados acima. Os resultados obtidos são apresentados por meio de texto, envolvendo a transcrição de trechos (citações) das quatro obras examinadas; por meio de figuras retiradas dos livros em análise; e por meio de uma tabela, com o objetivo de resumir e deixar mais claro o tratamento de cada obra com relação a essas questões, tendo em vista unicamente seu capítulo introdutório. Para a construção desta tabela, estabeleceram-se três categorias, com base na profundidade com que o assunto foi tratado, da seguinte maneira: (++) relativamente bem abordado; (+) pouco abordado; e (-) minimamente ou não abordado. Dessa forma, pôde-se fazer uma análise um pouco mais extensa e completa da introdução destas obras e, juntamente, trazer um pequeno resumo dos resultados numa tabela qualitativa.

### 3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

Além de uma análise baseada na introdução dos livros, foi examinado o modo como esses livros são estruturados. Para isso, foi utilizada uma abordagem quantitativa, de modo a representar o grau de importância dado a diferentes temas. Novamente, foram estipuladas algumas questões *a priori* consideradas importantes à estrutura geral do livro. Essas questões são as seguintes:

(i) o número de páginas dedicado ao capítulo introdutório; (ii) os percentuais dedicados à ecologia de organismos, de populações, de comunidades e de ecossistemas; (iii) o percentual dedicado a interações positivas e negativas entre organismos; e, (iv) o percentual dedicado a ecologia aplicada.

Para esse exame, foi considerado o livro como um todo. Sua quantificação se baseou no número relativo de páginas dedicado a cada um destes temas, com base nos capítulos ou subcapítulos dos distintos livros. Foram criados gráficos para apresentar os resultados relativos a essas questões.

Além disso, especificamente para a questão do percentual dedicado às diferentes áreas da ecologia (organismos, populações, comunidades e ecossistemas), foi criada uma tabela que apresenta o índice de Equabilidade (E) de cada livro. Seu cálculo é derivado do índice de Simpson (D), de modo que  $E = D/D_{\text{máximo}}$ . O índice de Equabilidade, portanto, varia de 0 a 1, sendo 0 o valor que representa a maior dominância possível, o que aconteceria se algum livro abordasse apenas um dos temas (por exemplo, unicamente ecologia de populações). O valor 1 seria alcançado se algum livro dedicasse o mesmo número de páginas a cada uma das quatro áreas definidas (organismos, populações, comunidades e ecossistemas).

Optou-se por tratar os resultados juntamente com a discussão que lhes é pertinente, dada principalmente a sua estrutura no capítulo introdutório das obras, que são apresentados em forma de texto com citações. Para manter um mesmo padrão, a análise da estrutura geral dos livros também terá a discussão apresentada de forma conjunta aos resultados. Com o objetivo de facilitar a leitura, a distinção será em relação ao exame da introdução dos livros (tópico 4.1) e da estrutura desses livros (tópico 4.2).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ASPECTOS DA INTRODUÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS

#### 4.1.1 Concepções de ciência

Neste tópico será investigado o que os livros trazem, em sua Introdução, a respeito do que seja a atividade científica. Nem todos são explícitos nas suas proposições, mas, mesmo assim, podem-se identificar algumas características que os autores destacam, as quais constituem indicativos de sua compreensão da ciência. Esse tópico é de extrema importância, visto que os quatro livros analisados afirmam ser a ecologia uma atividade científica, de modo que seu entendimento do que seja ciência pode afetar sua própria concepção sobre a ecologia. Além disso, é apenas nesse nível de análise que podemos compreender o que faz da ecologia uma ciência, isto é, que características ela possui de modo que a possamos chamar “uma atividade científica”.

Dois livros, Ricklefs (2011) e Cain, Bowman e Hacker (2011), enfatizam uma característica interessante: a natureza inacabada e cambiante da ciência. Para Ricklefs (2011):

A ciência é um processo, não o conhecimento que gera. [...] a investigação científica faz uso de diversas ferramentas para desenvolver uma compreensão dos trabalhos da Natureza. Esta compreensão não é nunca completa ou absoluta, mas constantemente muda à medida que os cientistas descobrem novas formas de pensar. Boa parte do nosso conhecimento acerca do mundo natural está bem estabelecida porque passou por muitos testes e se mostra consistente com grande conjunto de observações e com os resultados dos experimentos. A nossa compreensão de muitas questões, contudo, é incompleta e imperfeita. (Ricklefs, 2011, pp. 2-3)

De modo semelhante, Cain, Bowman e Hacker (2011) afirmam que:

As informações que descrevemos neste livro não compõem um conjunto estático de conhecimento. Em vez disso, assim como o próprio mundo natural, nossa compreensão sobre ecologia muda constantemente. (Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 17)

Apesar da importância de destacar a natureza cambiante do conhecimento científico, algumas questões merecem ser analisadas. Primeiramente, é interessante notar como Ricklefs (2011) traz, possivelmente sem se dar conta, três abordagens convencionais enfatizadas por filósofos da ciência. A mudança devido a “novas formas de pensar” pode ser relacionada à ênfase de Thomas Kuhn (1987) na mudança de paradigmas; o aspecto da refutação por testes empíricos foi enfatizado por Karl Popper (1993; 1994); e a importância da verificação para a ciência, isto é, da consistência com um grande número de observações, foi enfatizada pelos positivistas de modo geral. Embora interessante por considerar aspectos dessas três

abordagens principais na filosofia da ciência (sem, no entanto, destacar os problemas de cada uma delas, o que não era seu objetivo), Ricklefs (2011) não faz um vínculo, uma conexão mais clara, entre estas diferentes concepções. Da forma como foi apresentado, a compreensão da natureza muda “à medida que os cientistas descobrem novas formas de pensar”, dando a entender que essa alteração é consequência de uma mudança na estrutura conceitual ou filosófica dos cientistas. Em contrapartida, o que é preservado ao longo do tempo, segundo o autor, deve-se aos testes pelos quais determinada hipótese passou, além de sua consistência com a observação e a experimentação. No entanto, da maneira como está, parece que essa mudança na forma de pensar não afetaria as observações antes realizadas. Fica difícil de entender, portanto, como essa “nova forma de pensar” poderia alterar a compreensão da natureza pelos cientistas sem, com isso, afetar seu conhecimento anterior, visto que, se essa nova forma de pensar afetasse fortemente nosso conhecimento prévio, então não poderíamos estar seguros de nosso conhecimento atual, mesmo que tenha passado por testes ou esteja de acordo com as observações atuais.

O problema, posto de modo mais claro, é o seguinte: essa “nova forma de pensar” é simplesmente uma maneira distinta de conceber o mundo, causada por fatores que nada tem a ver com os fins cognoscitivos da ciência, ou essa “nova forma de pensar” constitui um desenvolvimento em termos de progresso científico? O primeiro caso é defendido pelos relativistas e o segundo pelos positivistas. Lendo o parágrafo como um todo, parece que a proposta está entre estes dois extremos, mas faltou uma conexão de modo a ligar a ideia de mudança no pensamento com o ajuste às observações.

Cain, Bowman e Hacker (2011) também apresentam uma questão de certa forma problemática. Fazer, como no trecho citado, uma analogia da mudança do mundo natural com a mudança no conhecimento ecológico pode não ser relevante em alguns aspectos, além de não fornecer as principais explicações do porquê de o conhecimento científico não ser estático. Mesmo que o mundo natural esteja em constante mudança, isso não significa que haja um indeterminismo. Existem relações relativamente constantes, que poderíamos chamar de generalizações empíricas ou mesmo “leis da natureza”. Dessa forma, mesmo que o mundo se altere em alguns aspectos, podemos descobrir relações que se mantêm. Pensar, portanto, que a compreensão de uma disciplina científica muda constantemente porque o próprio mundo natural muda (o que está implícito no trecho acima pela analogia apresentada) não é um bom argumento. Destruímos ecossistemas para obter energia como nunca antes havíamos

feito – alterando significativamente nosso planeta – mas as leis de conservação da energia e os limites físicos da Terra continuam os mesmos.

Begon, Townsend e Harper (2007) não explicitam, na sua Introdução, características que consideram centrais para a atividade científica. Na verdade, não falam da ciência em geral, assim como também não faz Odum (2004). No entanto, um subcapítulo da Introdução de Begon, Townsend e Harper (2007) é intitulado “Explicação, descrição, previsão e controle”. A tentativa de *explicar* fenômenos na natureza constituiria a busca do conhecimento na tradição científica pura. Mas, segundo eles, para isso seria preciso *descrever*. Além disso, os ecólogos também teriam o interesse de *prever* os fenômenos para poder *controlá-los*. Como o livro entende a ecologia como uma ciência e, portanto, os ecólogos como cientistas, podemos inferir que a concepção de ciência destes autores envolve as ideias de *explicação, descrição, previsão e controle*. Os três primeiros elementos são de fato questões-chave na ciência, constituindo o trabalho diário dos cientistas. No entanto, é mais polêmico o elemento *controle*. Pode-se considerar que a tentativa de controlar certos fenômenos, como a invasão de espécies exóticas, por exemplo, envolve conhecimento científico e, além disso, os próprios cientistas podem interessar-se pela questão. A ciência, seja básica ou aplicada, pode contribuir nesse controle; porém, apenas em termos preditivos e cognoscitivos. O controle propriamente não constitui uma atividade científica, mas, em última instância, uma atividade técnica e política. O mesmo pode ser pensado para o controle das mudanças climáticas, por exemplo. Os cientistas podem trabalhar na descrição, explicação e previsão desse fenômeno, contribuindo para seu possível controle, mas para que o controle seja realizado efetivamente são necessárias propostas tecnológicas e políticas.

No entanto, não é assim que Begon, Townsend e Harper (2007) compreendem. Para eles o controle faria parte da ecologia, provavelmente como ecologia aplicada. Estaria incluso, portanto, na sua concepção de ciência.

Ricklefs (2011) e Cain, Bowman e Hacker (2011) possuem novamente semelhanças. Eles apresentam o chamado *método científico*. Ricklefs (2011) afirma o seguinte:

Como outros cientistas, os ecólogos aplicam muitos métodos para aprender sobre a natureza. A maioria destes métodos reflete três facetas da investigação científica, frequentemente referidas como um método científico: (1) observação e descrição, (2) desenvolvimento de hipóteses ou explicações e (3) teste destas hipóteses, frequentemente com experimentos. (Ricklefs, 2011, pp. 12-13)

Segundo Cain, Bowman e Hacker (2011):

O **método científico** [...] pode ser sintetizado assim:

1. Observe a natureza e formule uma questão sobre essas observações.
2. Use o conhecimento prévio ou a intuição para desenvolver possíveis respostas para essas questões (**hipótese**).
3. Avalie hipóteses concorrentes pela execução de experimentos, reunindo observações cuidadosamente selecionadas ou analisando resultados de modelos quantitativos.
4. Use os resultados desses experimentos, observações ou modelos para modificar uma ou mais hipóteses, propor novas questões ou inferir conclusões sobre o mundo natural.

Esse processo em quatro etapas é iterativo e autocorretivo. Novas observações conduzem a novas perguntas, as quais estimulam os ecólogos a formular e testar novas ideias sobre como a natureza funciona. (grifos dos autores. Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 17)

É interessante a proposta de apresentar um método geral da ciência na introdução de livros básicos de qualquer ciência em particular. É uma forma didática de apresentar generalidades da atividade científica, podendo contribuir para uma compreensão mais global do procedimento da ciência. Muitas vezes, no entanto, isso acaba limitando a própria atividade do cientista, no sentido de restringi-lo a um método que deveria ser seguido. Os métodos apresentados geralmente partem de uma concepção setorial do que seja ciência.

As propostas e discussões sobre o método científico, e se ele realmente existe, é vasta na literatura filosófica (*e.g.*, Bunge, 2002; Feyerabend, 2007; Haack, 2011; Kuhn, 1987; Lakatos, 1977; Popper, 1993 e 1994). Esse tema pode ser relacionado a um problema mais amplo, denominado “problema da demarcação”. Trata-se da necessidade em distinguir ciência de não-ciência, isto é, propor critérios (ou negá-los) de demarcação entre o que é uma ciência genuína e o que não é. Esses critérios normalmente envolvem o chamado método científico. Por exemplo, o que diferencia a ciência do conhecimento ordinário, das religiões, da ideologia ou mesmo da filosofia? E como distinguir ciência de pseudociência? Parece claro que existem diferenças marcantes entre estas atividades, mas não é de modo algum simples a criação de critérios que demarquem a ciência distinguindo-a de outras áreas.

É importante notar que os dois livros propuseram um método de certa forma estanque. Ou seja, embora tenham enfatizado a natureza cambiante da ciência, trazem um método que não deveria variar com o tempo. Essa consideração, porém, não é nada trivial. Autores com maior embasamento em história da ciência tendem a negar esta proposta. O principal aspecto é que os dois livros apresentam como primeira etapa do método a observação. O desenvolvimento

de hipóteses deveria constituir uma etapa posterior (embora Cain, Bowman e Hacker, 2011, reconheçam a importância do conhecimento prévio para a formulação dessas hipóteses). A proposta de um método para a ciência que inicie com a observação de fenômenos particulares é conhecida como indutivismo. Os autores, portanto, trouxeram uma concepção indutivista do método científico. O método indutivo era considerado como o principal – ou até mesmo o único método válido – para a ciência até fins do século XIX. Possivelmente o primeiro proponente, de modo explícito, da utilização do método indutivo na atividade científica foi Francis Bacon (1561-1626) – considerado por muitos como “o fundador da ciência moderna” – embora ele também tenha mencionado aspectos da dedução (outro método que veremos brevemente adiante). Na visão predominante da época, as especulações estariam limitadas aos dados e deveriam provir deles. Aqueles que seguiram esse método sem muitas alterações ficaram conhecidos como *verificacionistas*.

Karl Popper trouxe uma ideia em certa medida oposta a essa, que é conhecida como método dedutivo ou hipotético-dedutivo. Com o objetivo de enfatizar essa distinção, ele se autodenominou *falsificacionista*. Este método consistiria de conjecturas e refutações (Popper, 1993), ou melhor, de formulações de conjecturas ousadas e falseáveis e a busca por refutá-las. Dessa forma, o processo deveria iniciar-se com uma hipótese (testável) e em seguida partir para sua refutação por meio de observações. Isto significa que o método inverteu-se. O conhecimento obtido da atividade científica deveria ir do geral para o particular, e não o inverso como propunham os indutivistas. Não seria mais necessário se preocupar com a origem das hipóteses – se elas se originam de preconceitos, de sonhos, de alucinações ou mesmo dos dados empíricos – o importante seria a sua testabilidade, de modo que aquelas ideias que foram testadas empiricamente mas refutadas pelo teste deveriam ser desconsideradas; enquanto aquelas que passaram por testes deveriam ser aceitas provisoriamente; e para aquelas que ainda não foram testadas, deveria se abster o juízo. Essa concepção reforça a distinção radical entre *contexto da descoberta* e *contexto da justificação*. Na visão de Popper, o primeiro seria irrelevante para a obtenção de conhecimento.

O objetivo principal do indutivismo era eliminar os preconceitos e as concepções pessoais que poderiam afetar a descrição e explicação de um fenômeno. Em contrapartida, o objetivo em propor um método hipotético-dedutivo era dar uma estrutura lógica para a ciência, visto que o papel da observação seria refutar hipóteses, não verificá-las conclusivamente. Isto significa a aplicação do esquema lógico do *modus tollens* à ciência. O problema é que a atividade científica não se limita a um quadro simples de conjecturas e refutações lógicas. A visão que

traz Popper a respeito de como se daria o avanço da ciência é bastante problemático se olharmos para a história de qualquer disciplina científica. Certamente a ecologia não se ajusta ao esboço proposto por Popper. Dois exemplos que nos mostram essa inadequação a um avanço por simples conjecturas e refutações está (i) o grande uso de “ideias-zumbis” na literatura ecológica, tal como a hipótese já muitas vezes refutada do distúrbio intermediário, para a qual Jeremy Fox (2013) propõe seu abandono, e (ii) o processo de reificação de hipóteses – “o aceite de uma nomeação como se ela tivesse um significado empírico quando, de fato, sua existência nunca foi testada ou encontrou-se ‘vazia’” (Slobodkin, 2001, p.1), entre elas está a “lei dos 10%” de eficiência energética entre níveis tróficos. Podemos entender, inclusive, que a existência do que Jeremy Fox chama “ideias-zumbis” deve-se, em grande parte, a reificação de hipóteses.

Voltando aos livros didáticos, Cain, Bowman e Hacker (2011) enfatizam uma questão interessante: que o método científico constitui-se num processo iterativo e autocorretivo. A ideia de uma constante repetição de metodologias é o que permite comparações e autocorreções, que são centrais para o desenvolvimento da ciência. Além disso, é importante destacar que existem outros mecanismos de autocorreção, que são temas próprios da sociologia da ciência. Entre estes, está o processo de avaliação por pares de artigos científicos. Este é, talvez, o principal mecanismo de autocorreção na atividade científica, e a distingue de várias outras atividades. No entanto, assim como o método exposto acima, também possui limitações. Os revisores (assim como os autores) são cientistas, não seres oniscientes infalíveis e puramente racionais em suas revisões. Uma comparação séria das diferentes áreas do conhecimento, porém, precisa assumir a falibilidade de qualquer atividade humana, mas ao mesmo tempo reconhecer a presença ou ausência de mecanismos reguladores, tais como a avaliação por pares.

No entanto, a maioria dos sociólogos da ciência que poderíamos chamar “pós-mertonianos”, posteriores às principais publicações de Robert Merton (*e.g.* Merton, 1964 [1957]), em sua maioria tendem a destacar unicamente os fatores sociais não cognoscitivos nas suas argumentações. Dessa forma, eles acabam por concluir que o processo científico é nada mais que negociação, como, por exemplo, em termos de negociações de verbas para projetos. Essa é a concepção predominante na sociologia da ciência desde o final da década de 60 e ficou conhecida como a *nova sociologia da ciência*. Poderíamos dizer que ela está altamente deslocada da real atividade social da ciência, visto que qualquer cientista sério discordaria de sua concepção. Há algo mais do que simples negociações na atividade científica. Isso precisa

estar claro se não desejamos tomar como um milagre o sucesso da ciência. Há autores (*e.g.* Bunge, 1972; Cupani, 1998), porém, que estiveram em defesa das ideias de Merton, principalmente no que concerne a sua já clássica formulação do “*ethos* da ciência” (Merton, 1964). Além disso, Verusca Reis considera que “há uma tendência de retorno ao *ethos* mertoniano nas discussões dos estudos de ciência, a despeito das críticas previamente recebidas durante os anos de 1960/1970” (Reis, 2011, p. 194). Sem me estender sobre a proposta de Merton de um *ethos* científico, que poderíamos também chamar uma *atitude científica*, mas apenas mencionando as quatro normas básicas presentes em sua formulação, estão (i) o *universalismo*, que corresponde à norma segundo a qual as reivindicações de verdade precisam ser submetidas a critérios impessoais e previamente estabelecidos, não podendo ser aceitas ou rejeitadas em virtude da origem ou privilégio de pesquisadores; (ii) o *comunismo* (no sentido de comunitarismo, de “propriedade comum de bens”), que se exprime na norma conforme a qual os conhecimentos resultantes da atividade científica, como decorrentes de um processo social, não devem ser considerados como propriedade particular de ninguém; (iii) o *desinteresse*, que condena como espúria a prática científica com intenções outras que não a obtenção de conhecimentos comprováveis; e (iv) o *ceticismo organizado*, que vê a necessidade de suspensão de juízo enquanto não se dispõe de comprovação suficiente, conforme critérios lógicos ou empíricos – esta norma pretende limitar tanto a credulidade quanto o dogmatismo. Para a atitude científica, não deve haver afirmações das quais não se possa duvidar.

Voltando aos livros-texto, Ricklefs (2011) vai mais além do que os outros autores nas questões relacionadas à ciência de modo geral. Ele faz a distinção de Ernst Mayr, porém sem mencioná-lo, entre *fatores próximos* e *últimos*, onde os primeiros estariam relacionados a perguntas do tipo “como”, normalmente referente a temas como morfologia e fisiologia de um organismo, e os segundos estariam relacionados a perguntas do tipo “porquê”, relacionados à história evolutiva e, segundo o autor, aos “custos e benefícios do comportamento do indivíduo” (Ricklefs, 2011, p.13). Este é outro tema importante e amplamente discutido na literatura filosófica. A ciência realmente responde a perguntas do tipo “porquê”?

Ernst Mayr (2008) e Mario Bunge (2010), por exemplo, afirmam que sim. Mayr utiliza, como apresentado acima, a teoria da evolução para sua defesa, enfatizando que uma explicação com base em fatores últimos (evolutivos) é distinta daquela que faz explicações com base em fatores próximos, entendendo que apenas a primeira responderia a um “porquê”. Diferentemente, a argumentação de Bunge baseia-se na elucidação de mecanismos

subjacentes aos padrões encontrados, de modo que a mera descrição de um padrão não constituiria uma resposta ao “porquê” de um fenômeno, mas apenas quando associada ao seu mecanismo responsável.

Em outras palavras, para Mayr o “porquê” pode ser respondido com base na evolução; para Bunge essa resposta poderia vir com base em explicações de modo geral, não apenas evolutivas. A proposta de um mecanismo fisiológico para explicar a homeostase de um organismo, por exemplo, poderia responder a uma pergunta do tipo “porquê”, para Bunge, mas não para Mayr. Para este, seria preciso explicar por que evoluiu essa característica (homeostase). Ernst Nagel (1961), em contrapartida, afirma que a ciência responde apenas a perguntas do tipo “como”, de modo que as respostas da ciência a perguntas que formulamos com “porquê” poderiam, na verdade, ser substituídas por perguntas do tipo “como”. Por exemplo, a questão de “por que a homeostase evoluiu?” pode ser entendida da forma “como a homeostase evoluiu?”. Segundo Fernando Fernandez (2009), o ecólogo-tornado-filósofo Daniel Kozlovsky chegou a essas mesmas conclusões. Ernst Nagel (1961) faz, ainda, uma distinção entre um *porquê explicativo* e um *porquê metafísico*. O primeiro pode ser substituído por “como” e está no escopo da ciência, enquanto o segundo não pode ser respondido cientificamente.

Ricklefs (2011) destaca também a importância da previsão e, diferentemente de Begon, Townsend e Harper (2007), ele define o termo. *Previsão* é definida como “uma afirmação que se segue logicamente de uma hipótese” Ricklefs (2011, p. 13). Dessa forma, mesmo que Ricklefs tenha apresentado o método científico como consistindo essencialmente de induções, ele entende que a previsão faz parte da ciência e a define de forma dedutiva. Assim, há um espaço considerável para a dedução no seu método, embora ele não a tenha enfatizado. O problema, no entanto, em definir previsão como “uma afirmação que se segue logicamente de uma hipótese” é que ela poderia incluir tautologias, e estas não possuem poder explicativo ou preditivo algum; mas isso vai depender do que ele entende por hipótese. Ricklefs (2011, p. 13) diz que “hipóteses são ideias sobre como um sistema funciona – isto é, são explicações”. Devido a seu entendimento de hipóteses como sinônimo de explicações, o que ele define como sendo uma previsão não inclui tautologias, visto que essas não são explicativas, mas verdades lógicas.

No entanto, há certo problema com essa definição de *hipótese*. Há muitos casos em que chamaríamos uma proposição empírica de hipótese mesmo não consistindo em explicações propriamente. Podemos formular hipóteses sobre padrões, não apenas sobre mecanismos, tais

como: (i) os papagaios são as aves mais inteligentes; ou (ii) as florestas estão se expandindo sobre os campos nos últimos milhares de anos. Nenhuma dessas proposições, que tenderíamos a chamar de hipóteses, constituem explicações. Elas são, na verdade, suposições de padrões na natureza. É razoável afirmar que, de acordo com a definição de Ricklefs (2011), elas não seriam hipóteses, visto que não explicam, mas apenas descrevem.

Duas questões que poderíamos considerar como altamente importantes para embasar uma concepção de ciência não foram enfatizadas por nenhuma das quatro obras analisadas. A primeira questão é uma abordagem histórica. Mesmo com a limitação de espaço, é propício na Introdução mostrar o aspecto histórico da ciência, podendo ser mesmo através de um ou outro exemplo junto a comparações com a ciência atual. A outra questão é a omissão da *teoria* como parte imprescindível da investigação científica. A união de hipóteses em modelos e a união destes em teorias formuladas explicitamente é um aspecto que pode ser considerado central na ciência. A ideia de unificação e de síntese a partir de hipóteses antes consideradas independentes e que passam a compartilhar uma mesma estrutura teórica, com uma mesma explicação que subjaz diferentes hipóteses, é provavelmente um dos objetivos mais ambiciosos da ciência. Mesmo com mudanças cruciais ao longo da história, é razoável pensarmos que a ciência foi entendida por muito tempo – e ainda é considerada – como uma atividade que pretende mais do que compilar dados e bolar hipóteses para casos específicos. Os principais cientistas da história estariam em completo desacordo com isso. O que os fez grandes foi justamente sua capacidade de abstração.

#### **4.1.2 Definições de ecologia e seu escopo**

Neste tópico veremos como os distintos livros definem *ecologia*. Compreender o domínio da ecologia é relevante tanto para a prática dos ecólogos propriamente como para definir um escopo para a filosofia da ecologia. No tópico anterior procuramos examinar o que poderia fazer da ecologia uma ciência na concepção dos autores destes livros-texto. Agora o objetivo é entender o que caracteriza uma determinada ciência como ecológica. Qual o escopo da ecologia para esses autores? Ela é uma sub-área da biologia? Uma ciência mais abrangente, mas ainda um ramo das ciências naturais? Ou ela envolve também as ciências ditas sociais?

Começemos pela definição de cada autor:

- (i) “Ecologia é a ciência através da qual estudamos como os organismos interagem entre si e com o mundo natural” (Ricklefs, 2011, p. 2);

(ii) “Ecologia é o estudo científico das interações entre os organismos e seu ambiente” (Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 3);

(iii) “[Ecologia é] o estudo científico da distribuição e abundância dos organismos e das interações que determinam a distribuição e a abundância” (Begon, Townsend e Harper, 2007, p. IX)

(iv) “[Ecologia é] o estudo da estrutura e do funcionamento da natureza, considerando que a humanidade é uma parte dela” (Odum, 2004, p. 4)

Partindo de um exame baseado simplesmente nas definições de cada autor, parece haver uma diferença significativa entre elas. Embora (i) e (ii) pareçam similares, são muito diferentes de (iii) e de (iv), e estas últimas também diferem bastante entre si. Pode-se notar, porém, que nenhuma delas exclui a espécie humana do domínio da ecologia. No entanto, se consideramos, para fins de análise, os seres humanos como os *organismos* mencionados em (i), (ii) e (iii), fica claro que o escopo da ecologia seria muito mais expandido do que sua visão tradicional, em termos do próprio conteúdo trazido nos livros. Compreender como o ser humano interage entre si e com o mundo natural ou com seu ambiente, como em (i) e (ii), ou compreender as interações que determinam a distribuição e abundância dos seres humanos, como em (iii), traria uma expansão enorme para o conceito da ecologia. Isso envolveria, por exemplo, temas de disciplinas como psicologia e economia, o que basicamente não é tratado nestes livros. Além disso, há autores que defendem uma concepção expandida da ecologia (*e.g.*, De Laplante, 2004), de modo a abranger estas outras disciplinas científicas e incluir mais seriamente o aspecto humano da ecologia; envolvendo, portanto, as ciências ditas sociais, além das naturais.

Mesmo com essa visão expandida da ciência ecológica em mente, podemos considerar a definição de Odum (2004) como abrangente demais, porque, a partir da sua ideia apresentada em (iv), a ecologia englobaria todas as outras ciências. Odum, como muitos ecólogos de ecossistemas, possui uma visão holística da natureza. Dessa forma, ele está interessado em compreender como a natureza está estruturada e como é seu funcionamento, pensando como objetivo final o nível de ecossistema, de modo que organismos, populações e comunidades, que constituem sistemas em níveis abaixo, seriam apenas meios a serem estudados com a finalidade de compreender o sistema como um todo. Essa questão será abordada de forma mais detalhada no próximo tópico. De qualquer forma, é preciso uma definição que limite mais o escopo da ecologia, se não queremos chamar todos os cientistas de ecólogos.

A definição de Ricklefs (2011) e Cain, Bowman e Hacker (2011), apresentadas em (i) e (ii), são bastante similares. Se considerarmos “mundo natural” como sinônimo de “ambiente”, então essas definições serão realmente as mesmas. No entanto, além do problema associado à espécie humana, como foi comentado acima, existe outra questão a ser considerada, como a relação da ecologia com outras ciências.

Podemos pensar em inúmeras interações, por exemplo, físicas, químicas e comportamentais de organismos com o seu meio. Uma aranha que se utiliza da tensão superficial da água para se deslocar, um trevo que metaboliza compostos secundários em suas folhas para não ser consumido e um joão-de-barro que constrói um ninho característico e possui um canto complexo, todas essas são interações entre organismos e seu meio.

Essas observações estariam, portanto, no escopo da ecologia. Isso pode ser visto *a.* como uma definição muito abrangente, porque envolveria todo tipo de interação entre organismos e seu ambiente, de modo que a ecologia se tornaria uma ciência interdisciplinar; *b.* como uma representação de que a ecologia é verdadeiramente interdisciplinar e precisa considerar todo tipo de interações entre organismos e ambiente; ou, *c.* poder-se-ia objetar que se trata de uma visão estreita por considerar apenas a interação entre *organismos* e seu meio, desconsiderando a interação de populações, comunidades e ecossistemas. No entanto, um contra-argumento possível para “*c.*” é o de que populações são compostas por organismos, comunidades são compostas por populações (que são compostas por organismos) e ecossistemas são compostos por comunidades (que são compostas por populações, que são compostas por organismos), de modo que a menção apenas a organismos não exclui os outros níveis de organização.

A definição de Begon, Townsend e Harper (2007) é a mais restritiva. Mesmo assim, ela ainda possui o problema levantado acima sobre o fator humano. Mas, distintamente das outras visões, esta definição inclui a concepção de que as interações tratadas pela ecologia são aquelas que determinam a *distribuição* e *abundância* dos organismos. De acordo com De Laplante (2004, p. 265), “essa concepção de ecologia é favorável aos ecólogos orientados nos níveis de populações e comunidades, que procuram situar a ecologia firmemente dentro das ciências da vida”. Os níveis ecossistêmico e orgânico só teriam relevância na medida em que afetassem a distribuição e abundância de organismos. Isso não significa, portanto, que estes níveis são irrelevantes, mas que os atributos em nível de organismos e de ecossistemas que são de interesse para a ecologia precisam ter relação com esses dois aspectos considerados chave pelos autores: distribuição e abundância. Isso gera um problema, porque como poderíamos saber *a priori* quais interações são determinantes? E se o estudo de

ecossistemas a partir de seu próprio nível (ecossistêmico) não for tema da ecologia, que disciplina estudará essas questões? Isso mostra que esta limitação pode ser problemática. Da mesma maneira que Odum (2004) entende o estudo de níveis abaixo de ecossistemas apenas como uma ferramenta para o estudo de ecossistemas propriamente, de modo que os outros níveis não teriam autonomia no interior da ecologia, Begon, Townsend e Harper (2007) entendem que, na ecologia, o estudo dos níveis orgânico e ecossistêmico são apenas ferramentas para o estudo de populações e comunidades, ou pelo menos é o que deixam transparecer com sua definição. Desse modo, os níveis acima e abaixo de populações e comunidades também não teriam um interesse por si só, mas apenas na medida em que contribuísse para a distribuição e abundância dos organismos.

Além de suas próprias definições, os autores tratam de forma mais geral sobre as concepções e o escopo da ecologia. Ricklefs (2011), Begon, Townsend e Harper (2007) e Odum (2004) citam o grande naturalista Ernst Haeckel (1834-1919) como o primeiro a propor o termo “ecologia”. Palavra essa derivada do grego *oikos*, que significa casa. Ecologia seria então, em sentido literal, o estudo (*logos*) da “vida doméstica” dos organismos vivos. Odum (2004) apenas cita Haeckel sem trazer o que ele entendia por ecologia. Begon, Townsend e Harper (2007) afirmam que “parafraseando Haeckel, podemos definir a ecologia como o estudo científico das interações entre os organismos e seu ambiente” (Begon, Townsend e Harper, 2007, p. IX), o que corresponde à mesma definição apresentada acima em (i) e (ii). É interessante que após 140 anos da proposta de Haeckel há ainda livros atuais de ecologia que continuam utilizando sua definição. Ricklefs (2011) vai um pouco além e faz a transcrição de um trecho de Haeckel, que teria, em 1870, escrito o seguinte:

Por ecologia, nós queremos dizer o corpo de conhecimento referente à economia da natureza – a investigação das relações totais dos animais tanto com o seu ambiente orgânico quanto com o seu ambiente inorgânico; incluindo, acima de tudo, suas relações amigáveis e não amigáveis com aqueles animais e plantas com os quais vêm direta ou indiretamente a entrar em contato – numa palavra, ecologia é o estudo de todas as inter-relações complexas denominadas por Darwin como as condições da luta pela existência. (Ricklefs, 2011, p. 2, citando Ernst Haeckel, 1870).

A concepção evolutiva de Darwin estaria na base, portanto, da primeira definição de ecologia. No entanto, há autores que pensam não estar correto historicamente considerar o desenvolvimento dessa ciência a partir de Haeckel, que teria proposto o termo e lhe dado uma definição, mas nada além disso. Como salienta o filósofo e historiador da ciência Pascal Acot em *História da Ecologia* (1990),

trata-se de uma filiação *historicamente* falsa: nem Lyell, nem Darwin, nem Haeckel (que entretanto cunha, em 1866, o vocábulo ‘ecologia’), desempenham um papel importante no processo histórico real de constituição da ecologia (grifo do autor. Acot, 1990, p. 6).

Na concepção de Acot (1990) a constituição da ecologia estaria muito mais ligada à tradição que depois veio a se chamar sinecologia, a ecologia de comunidades, junto a um interesse pela paisagem e pela geografia. Ele cita os trabalhos de Alexander von Humboldt, tais como *Essai sur la géographie des plantes* (1805), como importantes fontes para a constituição da ecologia.

Ricklefs (2011) e Cain, Bowman e Hacker (2011) fazem questão de distinguir a ciência ecológica de outras disciplinas. O primeiro afirma o seguinte:

À medida que começamos esta jornada de pesquisa e exploração, devemos estar cientes de duas coisas. Primeiro, a Ecologia como uma ciência é diferente da Ciência Ambiental, da Ecologia Aplicada, da Biologia da Conservação e dos outros campos relacionados. Estas áreas usam uma compreensão ecológica (obtida através de investigação científica) para resolver problemas referentes ao ambiente e seus habitantes. (Ricklefs, 2011, p. 2)

Fica claro o objetivo de delimitar a ecologia de outra maneira além daquela simples definição exposta em (i). A partir desse trecho, o que podemos inferir é que o autor concebe a ecologia como uma ciência básica, com alguns indícios de que se trata de uma sub-disciplina da biologia. Fica no mínimo estranho o fato de que a ecologia aplicada não seria ecologia na concepção do autor. Ricklefs parece confundir uma ciência aplicada com o produto da aplicação dessa ciência. Isto é, confunde ciência com técnica, o que é bastante comum hoje em dia e reflete-se no número cada vez maior da utilização do termo *tecnociência*. Apesar de existirem relações importantes entre ciência e técnica, e nos últimos anos esta relação tenha se estreitado devido a uma diminuição incrível entre a geração de conhecimento científico e de técnicas, continua havendo diferenças fundamentais entre estes domínios. Para argumentar a respeito, utilizarei uma distinção de Bunge (1980), que, a meu ver, continua sendo útil a despeito do estreitamento das relações entre ciência (básica e aplicada) e técnica.

A ciência aplicada, como o nome já diz, é uma ciência. Um cientista que se interessa particularmente a estudar um vírus que causa determinadas doenças humanas ou aquele que pretende gerar conhecimento sobre uma espécie de mamífero ameaçada de extinção faria ciência aplicada, diferentemente daquele que estuda vírus ou mamíferos sem fazer uma seleção dos organismos em termos de aplicação para a sociedade (embora possamos compreender a ciência básica também como uma “aplicação” à sociedade pela sua produção

cultural). O produto destas atividades, portanto, é o conhecimento científico. Diferentemente, o desenho de unidades de conservação tendo em vista certa espécie de mamífero seria uma técnica. Outros exemplos seriam o desenho de zoneamentos e corredores ecológicos, de sistemas de compostagem, etc. Para estes, a ciência não é um fim e sim um meio. Essa distinção é bastante necessária, como veremos adiante.

Cain, Bowman e Hacker (2011) fazem a seguinte delimitação da ecologia:

Como disciplina científica, a ecologia está relacionada a – embora diferente de – outras disciplinas como a ciência ambiental. A ecologia é um ramo da biologia, enquanto a ciência ambiental é um campo interdisciplinar que incorpora conceitos das ciências naturais (incluindo a ecologia) e das sociais (por exemplo, política, economia, ética). Comparadas à ecologia, as ciências ambientais se concentram mais especificamente em como o ser humano afeta o ambiente e em como podemos resolver os problemas ambientais. Enquanto um ecólogo pode examinar a poluição como um dos vários fatores que influenciam o sucesso reprodutivo de plantas de áreas úmidas, um cientista ambiental pode tentar desenvolver um novo processo industrial que cause menos poluição (Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 9)

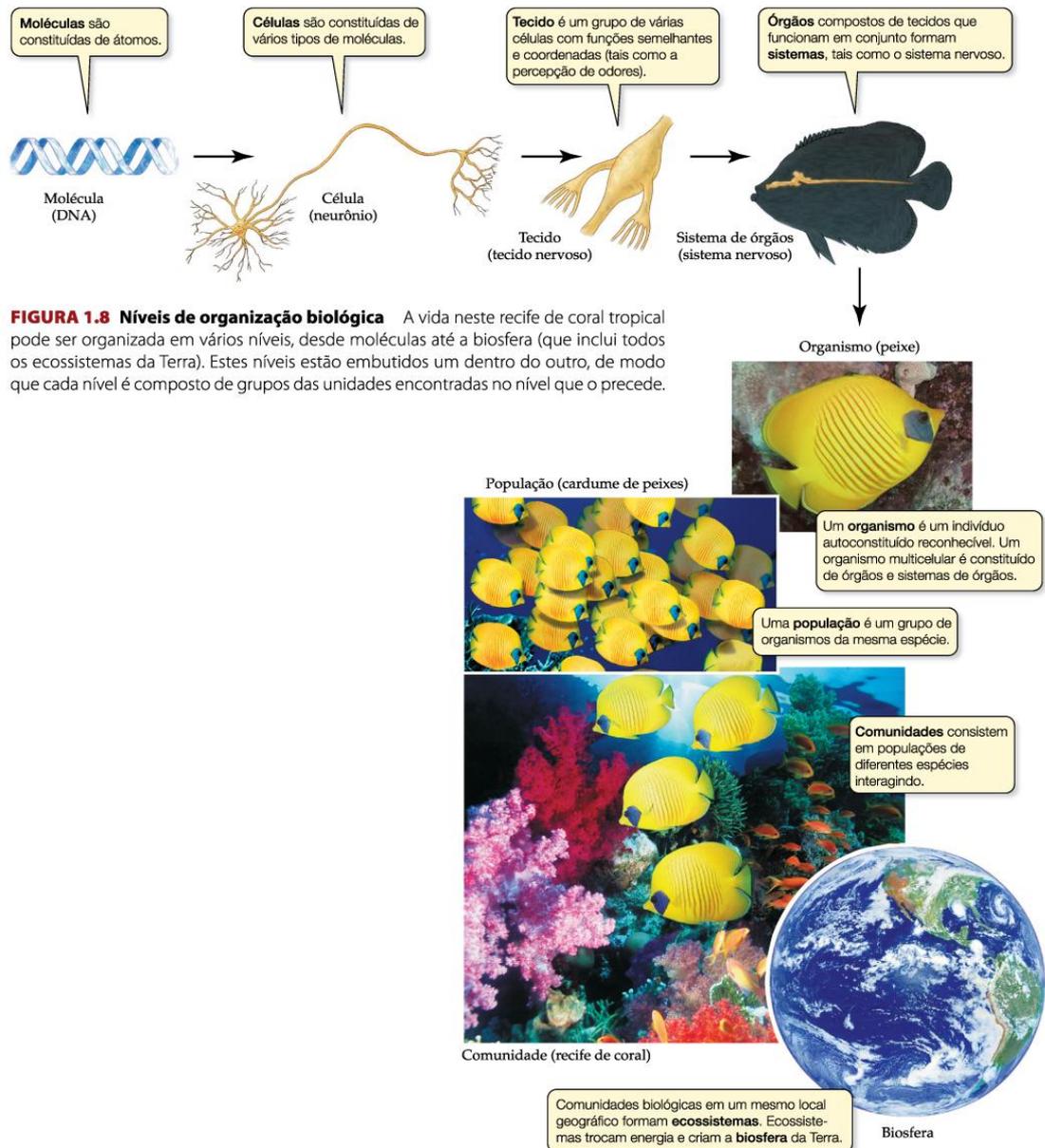
De novo parece haver um problema sério a respeito da relação entre ciência e técnica. A confusão aqui é com o termo ciência ambiental. Os autores tratam-na como uma engenharia, uma produtora de técnicas. Isso fica evidente na última frase do trecho, que fala em “desenvolver um novo processo industrial que cause menos poluição”. Isso claramente não é uma atividade científica, mas técnica. Além disso, os autores fazem uma distinção importante – que possui consequências profundas – destacando a ecologia como uma sub-disciplina da biologia, enquanto a ciência ambiental seria um campo interdisciplinar.

#### **4.1.3 Ecologia e níveis de organização biológica**

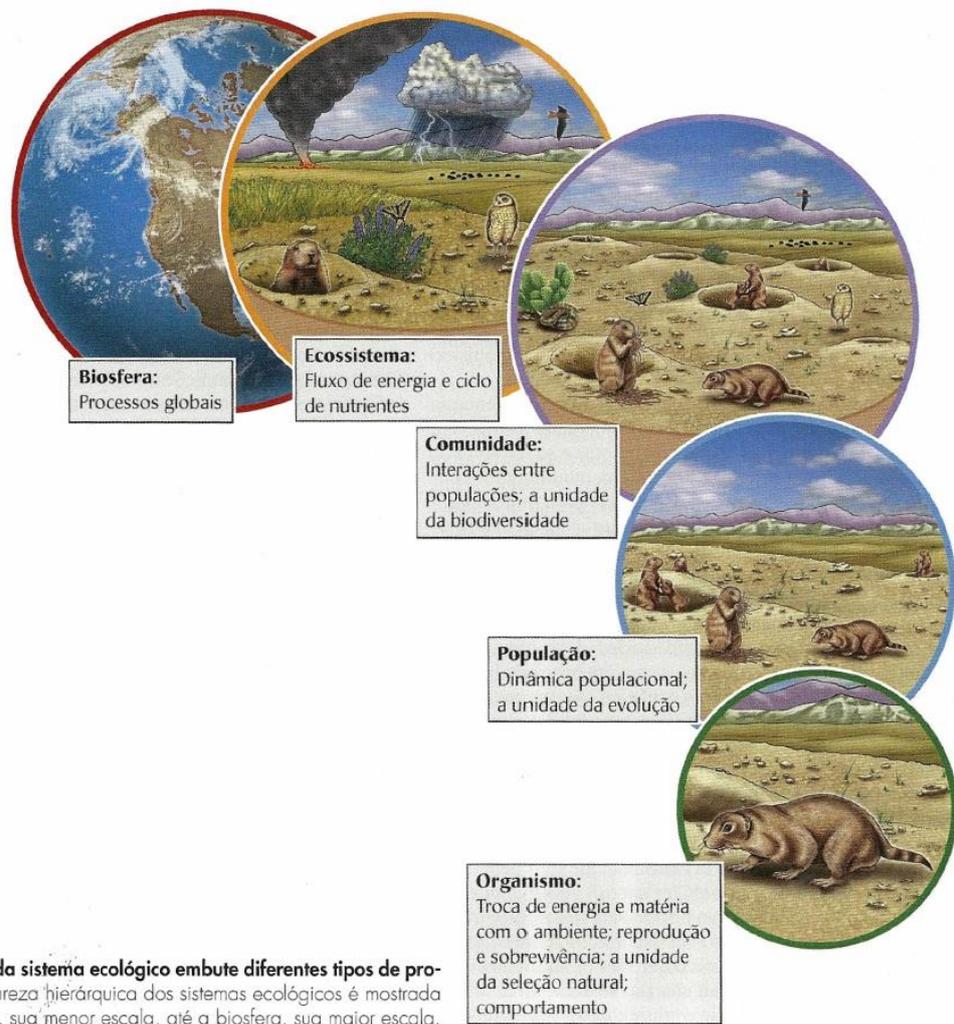
Neste tópico abordaremos a concepção dos autores quanto aos níveis de organização que perfazem a ecologia. É um tema que, rigorosamente falando, faz parte do escopo da ecologia. No entanto, consideramos mais adequado tratá-lo separadamente, mesmo que tenham sido inevitáveis menções a esse respeito no tópico anterior. O problema principal aqui é examinar a concepção dos autores sobre a que níveis de organização a ecologia trata. Organismos, populações, comunidades, ecossistemas e biosfera? Todos eles? Apenas alguns? E não trata de níveis tais como o celular e o molecular?

Todos os quatro livros tratam dos níveis de organização biológica na sua Introdução. Apenas Begon, Townsend e Harper (2007) não trazem uma figura abordando o tema (essa obra não traz nenhuma figura na sua Introdução).

As imagens dos outros três livros são as seguintes:

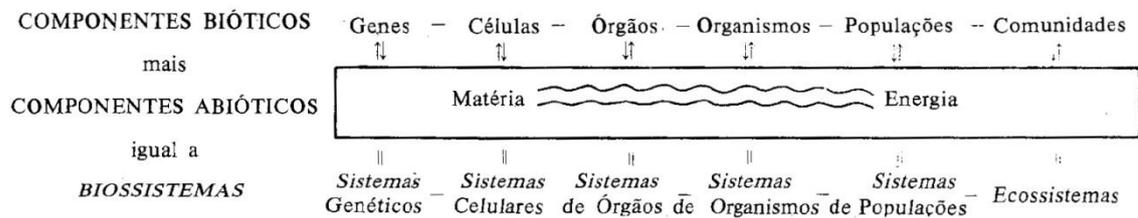


**Figura 1.** Níveis de organização apresentados no capítulo introdutório de *Ecologia* (Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 11).



**FIG. 1.1** Cada sistema ecológico embute diferentes tipos de processos. A natureza hierárquica dos sistemas ecológicos é mostrada do organismo, sua menor escala, até a biosfera, sua maior escala.

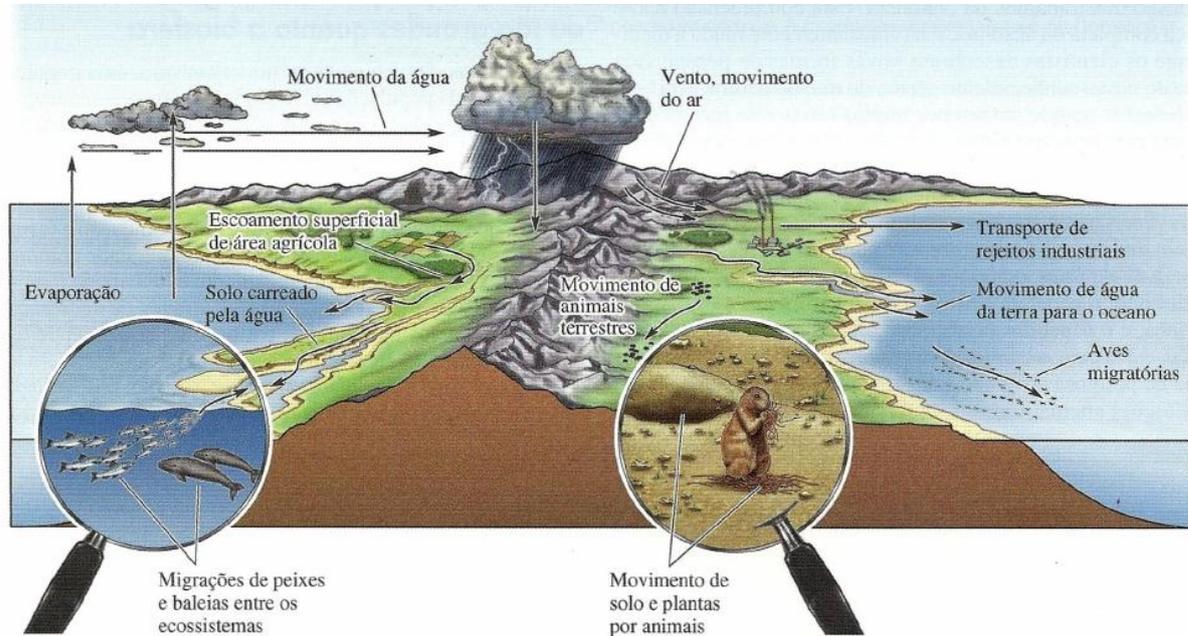
**Fig. 2.** Níveis de organização, junto a seus processos, apresentados no capítulo introdutório de *A Economia da Natureza* (Ricklefs, 2011, p. 3).



*Figura 1 - 2.* Espectro dos níveis de organização. A ecologia incide sobre a parte direita do espectro, isto é, sobre os níveis de organização dos organismos aos ecossistemas.

**Fig. 3.** Níveis de organização apresentados no capítulo introdutório de *Fundamentos de Ecologia* (Odum, 2004, p. 6).

Com o objetivo de mostrar como esses níveis estão interligados não apenas por um critério lógico (em termos de conjuntos que se sobrepõem), mas por processos reais que afetam níveis distintos, Ricklefs (2011) traz mais uma imagem:



**FIG. 1.2** Diferentes partes da biosfera estão interligadas pelo movimento do ar, da água e dos organismos.

**Fig. 4.** Interações de processos em diferentes níveis, no capítulo introdutório de *A Economia da Natureza* (Ricklefs, 2011, p. 4).

Começando por Ricklefs (2011), sua primeira imagem mostra os sistemas do nível de organismo até o nível de biosfera. No seu entendimento,

Um sistema ecológico pode ser um organismo, uma população, um conjunto de populações vivendo juntas (frequentemente chamado de comunidade), um ecossistema ou toda a biosfera. Cada sistema ecológico menor é um subconjunto de um próximo maior, e assim os diferentes tipos de sistemas ecológicos formam uma hierarquia (Ricklefs, 2011, p. 3)

A figura apresentada por Cain, Bowman e Hacker (2011) mostra os diferentes níveis desde moléculas até a biosfera. Apesar disso, eles afirmam que “em geral os estudos ecológicos enfatizam um ou mais dos seguintes níveis: organismos, populações, comunidades e ecossistemas” (Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 10).

Mesmo assim, eles complementam que

Alguns ecólogos estão interessados em como determinados genes ou proteínas possibilitam os organismos a responder aos desafios do ambiente. Outros ecólogos estudam como hormônios influenciam interações sociais, ou como tecidos especializados ou sistemas de órgãos permitem aos animais resistir a ambientes extremos (Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 10)

Na concepção de Begon, Townsend e Harper (2007),

A ecologia tem três níveis de interesse: *organismo* individual, *população* (formada por indivíduos da mesma espécie) e *comunidade* (que consiste em um número maior ou menor de populações) (grifo dos autores. Begon, Townsend e Harper, 2007, p. IX)

Odum (2004, p. 6), como enfatizado na legenda de sua figura, afirma que “a ecologia incide [...] sobre os níveis de organização dos organismos aos ecossistemas”, mas veremos que é o nível ecossistêmico que ele entende como fundamental.

Dessa forma, podemos observar a grande variação na concepção destes autores quanto aos níveis de organização biológica que perfazem o escopo da ecologia. Dos quatro livros analisados, há quatro concepções distintas.

A ecologia trata, para Cain, Bowman e Hacker (2011), principalmente de quatro níveis: organismos, populações, comunidades e ecossistemas. No entanto, eles enfatizam a importância de níveis abaixo, como o nível molecular e o nível de sistemas de órgãos, além de mencionar o nível de biosfera. Embora não explicitem, estes autores estão diferenciando o uso de métodos na ecologia daquilo que poderíamos chamar de *questões ecológicas*. Seu objetivo é mostrar que existem quatro níveis de sistemas a serem analisados pela ecologia, sendo ecológica qualquer pergunta científica que esteja associada a estes níveis, mesmo que sua explicação provenha de níveis abaixo ou acima daqueles de interesse.

Diferentemente, Ricklefs (2011) não fala em genes, proteínas ou sistemas de órgãos, mas mostra a ecologia como a tratar dos sistemas em nível de organismo, população, comunidade, ecossistema e biosfera. Este último nível (biosfera) é abordado, na sua Introdução, com a mesma ênfase dos outros, o que não acontece com nenhuma das outras três obras.

Em contrapartida, Begon, Townsend e Harper (2007), como apresentado na citação acima, enfatizam apenas três níveis: organismo, população e comunidade. Desta forma, como já mencionado no tópico anterior, outros níveis teriam relevância apenas na medida em que contribuíssem para a explicação em pelo menos um destes três níveis mencionados.

De modo mais restritivo ainda, Odum (2004) enfatiza que o nível de onde deve partir e onde deve chegar a ecologia é o nível de ecossistemas. Ele menciona os outros níveis abaixo, mas estes só teriam importância, como já mencionado, pela sua contribuição ao nível ecossistêmico. Como afirma Odum:

[O]s capítulos estão dispostos de acordo com os conceitos de níveis de organização [...]. Parte-se do ecossistema, dado ser este em última instância o nível com o qual há que tratar, e depois serão considerados sucessivamente

as comunidades, populações, espécies e organismos individuais. Depois voltar-se-á ao nível de ecossistema para considerar o desenvolvimento, a evolução e a modelação da natureza. (Odum, 2004, p. 8)

Odum (2004) entende, portanto, diferentemente dos outros três autores, a noção de ecossistemas como o início e fim do estudo ecológico, de modo que os níveis de organização biológica abaixo seriam apenas meios possivelmente interessantes para se compreender o ecossistema. Embora essa visão seja geralmente considerada como *holista*, vemos que ela é extremamente restritiva no sentido de que o relevante é o todo (ecossistema) sem um interesse próprio pelos subsistemas deste todo. Podemos, assim, entender essa visão como um tipo de reducionismo, muito mais do que uma oposição ao reducionismo. Dessa forma, o problema reducionismo/holismo, tradicionalmente considerado como dois opostos, sendo o primeiro uma abordagem que dá primazia à redução do todo às suas partes e o segundo como uma consideração pelo todo sem o conhecimento das partes, podem ser tratados, mesmo com essa diferença, como tipos de reducionismo (Levins & Lewontin, 1980). Um reduz o sistema às suas partes e o outro o reduz ao todo. Isto é, um enfatiza os componentes do sistema enquanto o outro destaca sua estrutura.

Considerada por Bunge (2010) como uma alternativa ao debate reducionismo/holismo está o que ele concebe como *sistemismo*, uma abordagem que propõe um conceito de sistema que inclui sua *composição, ambiente, estrutura e mecanismo(s)*. Dessa forma, para um entendimento satisfatório de um dado sistema, é necessário desvendar essas quatro características. Em nível de população, por exemplo, os organismos de um local pertencentes a uma determinada espécie seriam os componentes; os organismos de outras espécies e os fatores abióticos que interagem com esta população seriam o ambiente; as relações entre os organismos desta população seriam a estrutura; e a reprodução, a dispersão e o cuidado parental (se houvesse) seriam os mecanismos responsáveis por manter este sistema. De acordo com Bunge (2010, p. 188), “se o mecanismo central falha, o mesmo acontece com o sistema como um todo”.

Mas essa abordagem de Bunge é diferente daquelas que comumente são tratadas como teorias de sistemas. Para este autor, essas teorias, como as de Bertalanffy (1978) e de Laslo (1972), são holistas. Para Bunge, o holismo aborda sistemas como um todo, “mas se recusa a analisá-los quanto a explicar a emergência e a análise das totalidades em termos de seus componentes e das interações entre eles” (Bunge, 2003, p. 38). Na sua concepção, o problema com a abordagem individualista (ou reducionista) é que “ela enfoca a composição de sistemas e se recusa a admitir quaisquer entidades supra-individuais ou suas propriedades” (Bunge, 2003, p.

38). Este tema envolve o chamado problema da emergência, isto é, o surgimento de propriedades emergentes a partir da estruturação de determinados componentes em sistemas. Bunge, em sua obra *Buscar la Filosofía en las Ciencias Sociales* (1999), propõe a seguinte definição de propriedade emergente:

*P é uma propriedade emergente de uma coisa b se e somente se b ou é uma coisa (sistema) complexa em que nenhum de seus componentes possui P ou b é um indivíduo que possui P por ser um componente de um sistema (ou seja, b não possuiria P se fosse independente ou isolado). Como exemplos da primeira proposição, podemos citar a estrutura, coesão, estabilidade e história de um sistema social. Como exemplos do segundo, os papéis sociais, direitos civis, a escassez e o preço. (Bunge, 1999, p. 38)*

É importante trazer uma definição de propriedade emergente, visto que há uma variedade imensa de concepções sobre esse conceito. Uma delas, inclusive, é aquela que traz uma visão obscurantista da emergência, supondo que ela seja inexplicável.

É bastante simples aplicar a definição de Bunge à ecologia. A estrutura, coesão, estabilidade, diversidade, redundância e história de um sistema ecológico constituem-se no primeiro exemplo, visto ser uma propriedade do sistema que nenhum de seus componentes possui. Diversas categorias, tais como predador, parasita, mutualista e comensalista constituem-se no segundo exemplo, visto que os organismos possuem tais propriedades apenas na medida em que são componentes de um sistema.

Nenhuma das quatro obras analisadas utiliza, na Introdução, os termos *reducionismo*, *holismo* ou *emergência de propriedades*. No entanto, em outras obras, por exemplo, Odum (1988) defende o holismo e traz o conceito de propriedades emergentes, porém, a ideia trazida é simplesmente a de que “o todo é mais do que a soma de suas partes”. Uma analogia bastante problemática na visão de alguns autores (e.g. Castro e El-Hani, 2003). Begon, Townsend e Harper (2007) mencionam o termo propriedades emergentes no seu capítulo sobre comunidades fazendo a mesma analogia. No entanto, eles citam exemplos ecológicos de tais propriedades, nomeadamente, os limites de similaridade entre espécies competidoras e a estabilidade de teias alimentares frente à perturbação. No entanto, não nos estenderemos nestas questões visto que a análise pretendida foca na Introdução dos quatro livros-texto, onde tais conceitos não são tratados.

Para enfatizar a incrível diferença em relação aos níveis de interesse da ecologia, enquanto Odum (2004) destaca o nível de ecossistemas como o nível fundamental, de onde devemos partir e onde devemos chegar, Ricklefs (2011) afirma, em seu prefácio, que uma das visões persistentes na nova edição de seu livro é:

**Uma apreciação do organismo como a unidade fundamental da ecologia.**

A estrutura e a dinâmica das populações, comunidades e ecossistemas expressam as atividades e interações dos organismos nelas contidos. (grifo do autor, Ricklefs, 2011, p. xix)

O único autor a apresentar uma abordagem teórica, para além da ecologia, sobre os níveis de organização é o próprio Odum (2004). Ele destaca que

O que se descobre a um dado nível ajuda no estudo de outro nível, embora nunca explique por completo os fenômenos que neste ocorrem. Isto constitui um ponto importante, dado algumas pessoas sustentarem, por vezes, ser inútil trabalhar com populações e comunidades complexas quando as unidades menores ainda não estão completamente compreendidas. Se esta ideia fosse seguida até a sua conclusão lógica, todos os biólogos deveriam concentrar-se num só nível, o celular, por exemplo, até resolverem os problemas deste nível; depois poderiam estudar tecidos e órgãos. De fato, esta filosofia foi largamente defendida até os biólogos terem descoberto que cada nível tem características que o conhecimento do nível imediatamente inferior só em parte explica. Por outras palavras, nem todos os atributos de um nível mais alto podem ser previstos se apenas se conhecerem as propriedades do nível inferior (Odum, 2004, p. 7)

Este trecho traz uma concepção *epistemológica* das chamadas propriedades emergentes. Diferencia-se da definição de Bunge (1999) apresentada mais acima, que concebia tais propriedades apenas na sua dimensão *ontológica*. Há algumas questões interessantes a serem analisadas nesta argumentação de Odum. Primeiramente, a conclusão lógica a que ele chega poderia ser ainda mais drástica, porque se fosse inútil investigar um sistema em nível superior simplesmente pelo fato de que os níveis abaixo não foram completamente compreendidos, então as investigações deveriam ser concentradas unicamente em pesquisas subatômicas, e os biólogos, por exemplo, sequer deveriam existir como cientistas – o que é certamente um absurdo. A questão é que a condicional é falsa, isto é, sabemos a utilidade das distintas áreas da ciência. Nenhum pesquisador sério toma como inúteis investigações em ecologia ou sociologia, por exemplo. A visão que Odum critica, portanto, é mais infundada do que ele mesmo nos mostra.

No entanto, mesmo que sua afirmação de que “nem todos os atributos de um nível mais alto podem ser previstos se apenas se conhecerem as propriedades do nível inferior” seja falsa, isso não mostra a inutilidade de pesquisas em níveis mais altos. Digamos que, em princípio, todas as populações pudessem ser explicadas em termos de seus constituintes (organismos). Isso não tornaria a ecologia de populações uma ciência inútil, pelo menos não até que se tenha um entendimento completo dos organismos. Como o conhecimento completo de qualquer área é praticamente impossível, os ecólogos de populações não precisam temer sua inutilidade. Deveriam, em vez disso, considerar como um desenvolvimento importante da

ciência a fusão ou redução de determinadas áreas. Reduções tais como a da termodinâmica à mecânica estatística e fusões tais como a da biologia com a química e da fisiologia com a psicologia, gerando a bioquímica e a psicologia fisiológica, respectivamente, constitui-se num avanço para nosso conhecimento. A ecologia, talvez por sua juventude e complexidade, ainda não pode ser considerada uma ciência madura ou avançada, no sentido de possuir teorias amplas que conectem diferentes áreas e com modelos que proporcionam boas previsões (Peters, 1991). É possível que isso exista atualmente dentro de alguma área da ecologia, mas não se considerarmos a ecologia como um todo, isto é, abrangendo os níveis de organismos, populações, comunidades e ecossistemas (e a biosfera, se quisermos considerar). Isso mostra a necessidade de conexões entre as áreas da ecologia, que, hoje em dia, são tomadas praticamente como ciências distintas. A redução ou fusão de áreas a partir de teorias robustas é um avanço para todas as áreas da ciência, e é premente na ecologia. Mais do que um estudo nos diferentes níveis da ecologia é preciso, portanto, uma investigação na interface destes níveis.

#### **4.1.4 Abordagem evolutiva**

Neste tópico examinaremos a abordagem evolutiva com que tratam os autores na Introdução de suas obras. A Introdução é provavelmente o capítulo mais suscetível às diferentes concepções dos autores. Assim, sua análise pode evidenciar questões interessantes e fundamentais que permeiam o livro e que poderiam ser explicadas com base na visão dos autores para com a ecologia. Na verdade, isso não precisa ser pensado apenas quanto ao tema da evolução, mas também como sendo o principal motivo em se examinar detidamente a Introdução de qualquer obra.

No entanto, este tópico, excepcionalmente, considerará também alguns escritos do prefácio das obras e mencionará outros capítulos além da Introdução. No primeiro caso, isso pareceu necessário visto que há afirmações importantes com relação à evolução que constam no prefácio e não estão presentes na Introdução; com relação ao segundo caso, a menção a outros capítulos permitirá uma complementação, visto não ser necessariamente a Introdução um indicador ótimo dos temas tratados nas obras. Isto é, essa complementação tem por objetivo fazer uma análise mais fiel, ao invés de fazer conclusões gerais com base unicamente na Introdução. Por mais que alguns livros dêem um destaque central à evolução e outros também a considere importante, a Introdução das diferentes obras dá um tratamento muito modesto à teoria da evolução e seus conceitos importantes, bem como uma escassez de exemplos evolutivos. De fato, se nos baseássemos unicamente na Introdução desses livros-texto,

teríamos pouquíssimo material para discutir. Por isso a inclusão do prefácio e de menções a outros capítulos.

Em 1964, Dobzhansky afirmou que “nada em biologia faz sentido exceto à luz da evolução”; em 2008, Grant e Grant destacaram que “nada em biologia evolutiva faz sentido exceto à luz da ecologia”; e, em 2009, Pelletier enfatiza que “nada em evolução ou ecologia faz sentido exceto uma à luz da outra”. Isso indica que a ênfase na evolução como central para o estudo da biologia já é algo bem estabelecido, mas que mais recentemente a importância da ecologia para a evolução e as co-relações entre essas duas disciplinas tem sido cada vez mais enfatizadas. O conceito de construção de nicho (Lewontin, 1983; Odling-Smee, 1988) e os conceitos mais recentes de herança ecológica (Odling-Smee et al., 2003) e de dinâmicas eco-evolutivas (Pelletier, 2009), por exemplo, enfatizam a necessidade em se estudar um sistema de forma conjunta, ecológica e evolutivamente.

Começamos a análise com Odum (2004). Essa obra não trata sequer de um aspecto da evolução em seu capítulo introdutório. De fato, a evolução não constitui um tema central à ecologia para Odum (2004). Além de não mencioná-la em sua Introdução, o fato mais importante é a pequena relevância dada a esse tema nos capítulos do livro. Dos seus 21 capítulos, apenas dois abordam um conteúdo evolutivo. Trata-se do Capítulo 8 e do Capítulo 9, intitulados, respectivamente, “A espécie e o indivíduo no ecossistema” e “Desenvolvimento e evolução do ecossistema”.

Begon, Townsend e Harper (2007), em sua pequena Introdução, fazem a distinção entre causas próximas e últimas, da mesma maneira que Ricklefs (2011), citado no tópico anterior. A concepção de causas últimas e seu entendimento de que elas fazem parte do estudo da ecologia acaba vinculando essa disciplina à evolução, visto que essas causas seriam evolutivas, isto é, explicações com base na teoria da evolução. Begon, Townsend e Harper (2007), dessa forma, acabam citando a evolução, mesmo que indiretamente, no seu capítulo introdutório. Porém, com base apenas na leitura de sua Introdução, parece que a evolução é situada numa posição secundária. No entanto, isso não se sustenta com relação ao livro como um todo. O primeiro capítulo após a Introdução chama-se “Organismos em seu ambiente: o cenário evolutivo”; seu objetivo é enfatizar que a ecologia possui como fundamento a teoria da evolução. Begon, Townsend e Harper (2007, p. 3), no início deste capítulo, citam a famosa frase de Theodosius Dobzhansky, mencionada acima, de que “nada em biologia faz sentido exceto à luz da evolução”.

Begon, Townsend e Harper (2007) não trazem nenhum capítulo específico sobre evolução, mas tratam difusamente sobre o tema. Esse foi um dos motivos que me fez optar por não tratar a abordagem evolutiva em relação à estrutura do livro como um todo, a partir de uma análise quantitativa, como fiz com os temas que serão apresentados na sessão 4.2. Isso se mostrou uma dificuldade porque o simples percentual de páginas, tendo como “unidade de observação” um capítulo ou subcapítulo, não seria um bom indicador do tratamento dos livros a partir de uma abordagem evolutiva (visto estar difusa pelo livro). Dessa forma, preferiu-se examinar a Introdução dos livros e, juntamente, mencionar questões a respeito de outros capítulos.

Para mostrar como a evolução é tratada de forma difusa em seu livro, Begon, Townsend e Harper (2007) afirmam que:

Em ecologia, existem muitos problemas que demandam explicações evolutivas, distantes [fazendo referência às causas distantes, em oposição às causas próximas]: ‘Como os organismos passaram a ter determinadas combinações de tamanho, taxa de desenvolvimento, rendimento reprodutivo, etc.?’ (Capítulo 4). ‘Por que os predadores adotam determinados padrões de comportamento de forrageio?’ (Capítulo 9). ‘Por que as espécies coexistentes são muitas vezes semelhantes, mas raramente as mesmas?’ (Capítulo 19). (Begon, Townsend e Harper, 2007, p. X)

Ricklefs (2011), já na primeira página de seu prefácio, afirma que, nesta nova edição, uma de suas metas é:

Enfatizar mais profundamente os princípios da evolução como uma base da ecologia, com repercussões que se estendem até mesmo na gestão da mudança global (Ricklefs, 2011, p. xix)

Além disso, Ricklefs afirma que uma das visões persistentes na nova edição de sua obra é “a posição central do pensamento evolutivo no estudo da ecologia” (Ricklefs, 2011, p. xix). Ainda no seu prefácio, um dos tópicos chama-se “Cobertura consolidada da evolução”, na qual o autor afirma que:

O novo Capítulo 6, reescrito, apresenta os princípios evolutivos darwinianos, incluindo a seleção natural, as adaptações como um processo e tópicos relevantes da genética populacional. O capítulo proporciona uma discussão mais focalizada da evolução ao juntar tópicos anteriormente separados em diversos capítulos. (Ricklefs, 2011, p. xx)

Assim como Begon, Townsend e Harper (2007) e como já mencionado no tópico anterior, Ricklefs (2011) apresenta a distinção entre causas próximas e últimas. Esta é a única referência (feita, portanto, de modo indireto) à evolução no seu capítulo introdutório. No entanto, a partir de uma avaliação feita com base nos seus outros capítulos mostra que a obra de Ricklefs (2011) é a que mais trata desse assunto. Dos 27 capítulos apresentados, pelo

menos cinco deles abordam explícita e diretamente a evolução. São eles: “Evolução e Adaptação” (Capítulo 6); “As Histórias de vida e o Ajustamento Evolutivo” (Capítulo 7); “Sexo e Evolução” (Capítulo 8); “Família, Sociedade e Evolução” (Capítulo 9); e “Evolução das interações das espécies (Capítulo 17)”. Esses cinco capítulos juntos, somados em número de páginas, perfazem 18% do conteúdo da obra.

Entre as quatro obras analisadas, a de Cain, Bowman e Hacker (2011) é a que mais dedica espaço para uma abordagem evolutiva na sua Introdução. Na sessão intitulada “Alguns termos-chave são úteis para o estudo das conexões na natureza” são introduzidos três conceitos importantíssimos para a teoria da evolução. O primeiro é o próprio termo *evolução*, o segundo é *adaptação* e o terceiro é *seleção natural*.

A evolução é definida de duas maneiras. De acordo com Cain, Bowman e Hacker (2011),

A **evolução** pode ser definida como (1) mudança nas características genéticas de uma população ao longo do tempo ou como (2) *descendência com modificação*, o processo pelo qual os organismos gradualmente acumulam diferenças a partir de seus ancestrais. (grifo dos autores. Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 13)

Embora os autores não argumentem sobre a distinção entre essas duas proposições, há algumas questões interessantes a serem analisadas. A primeira questão é que em geral a maioria dos livros, não apenas de ecologia, mas de biologia em geral, tratam a evolução como mudança na frequência alélica de uma dada população, isto é, o que está apresentado em (1). No entanto, os autores trazem a proposta (2) como distinta e sendo também válida para o conceito de evolução. De imediato, podemos observar um problema lógico nesta definição, visto que (1) é um caso particular de (2). Não haveria, portanto, duas definições, mas apenas uma, a (2), em que poderia se especificar (1). Todavia, é provável que sua distinção esteja enfatizando que a proposição (2) não se reduz à (1), ou seja, *descendência com modificação* não estaria associada apenas à mudança genética. Esse é um tema interessantíssimo a ser analisado.

Desde meados do século XIX, com as ideias de Charles Darwin e de Alfred Russel Wallace, até as duas ou três primeiras décadas do século XX, o que hoje chamamos de evolução era definida basicamente como a proposição (2), isto é, como *descendência com modificação*. A partir da Teoria Sintética da Evolução, concebida por volta dos anos de 1930 por cientistas importantes tais como Dobzansky, Mayr e Simpson, a evolução passou a ser entendida como a proposição (1), isto é, uma *descendência com modificação* através da elucidação das entidades envolvidas no processo de transmissão de caracteres, quais sejam, os *genes*.

No entanto, desde essa época até hoje, tem se descoberto, cada vez mais, novos mecanismos de herança, de modo que a Teoria Sintética da Evolução, também chamada Síntese Moderna, pode ser reconhecida atualmente como uma restrição ou constrição demasiada, que enfoca desproporcionalmente nos genes como entidades fundamentais de herança (Pigliucci & Muller, 2010; Jablonka e Lamb, 2005). Isso é tratado hoje como *genecentrismo*.

Pigliucci e Muller (2010) fazem uma crítica consistente à Teoria Sintética da Evolução. Além do já mencionado genecentrismo, estes autores abordam o *gradualismo* e o *externalismo*. Segundo eles, a Síntese Moderna pressupõe uma evolução gradual, o que não estaria de acordo com os conhecimentos atuais, dada a importância da plasticidade fenotípica e de formas de herança não genéticas para a evolução, além da descontinuidade dos registros geológicos. Além disso, eles afirmam que a estrutura teórica da síntese moderna interpreta a morfologia dos organismos como sendo unicamente o produto de regimes seletivos externos.

Desta forma, estes “ismos” (genecentrismo, gradualismo e externalismo) não mais se sustentam. Isso não significa, porém, que deve haver uma alteração drástica ou alguma mudança de paradigma (*sensu* Kuhn, 1987) na teoria da evolução. Muitos fatores precisam ser mantidos. A conclusão é apenas de que a Teoria Sintética é limitada e, portanto, precisa de uma expansão de modo a se ajustar aos novos achados empíricos. Por isso Pigliucci e Muller (2010) propõem o que eles chamam de Síntese Estendida da Evolução, embora certamente esta “síntese” ainda esteja numa etapa bastante inicial.

Jablonka e Lamb (2005) também mostram a necessária expansão que a teoria precisa considerar para que dê conta das novas descobertas. Na verdade, a crítica dessas autoras tem o sentido de uma mudança mais drástica, isto é, elas entendem que a alteração deve ser bastante profunda com relação à visão predominante na teoria da evolução. Seu livro enfatiza quatro diferentes mecanismos de herança que podem sofrer evolução: genéticos, epigenéticos, comportamentais e simbólicos. Há toda uma argumentação e apresentação de exemplos com relação a estas formas de herança, trazendo em comum com Pigliucci e Muller (2010) a crítica ao *genecentrismo*. Há vários outros autores, tais como Stephen Jay Gould (1981) e Richard Lewontin (2002), que compartilham especificamente essa crítica.

Voltando a citação de Cain, Bowman e Hacker apresentada acima, e entendendo que a proposição (1) é um caso específico da proposição (2), podemos formular um conceito de evolução com base unicamente em (2); mas deve ficar claro que dessa forma não estamos mencionando os mecanismos de herança que possibilitam a ocorrência da evolução. O intuito não é voltar à concepção do século XIX, que também propôs (2), mas ampliar o escopo da

evolução dada a necessidade em se ajustar às descobertas atuais. Para ficar mais completa, portanto, essa definição deve incluir os mecanismos já conhecidos de herança. Porém, o importante para que ocorra evolução não é a natureza do mecanismo, mas que ele varie e seja possível de ser herdado. Se, além disso, essa característica afetar a aptidão dos organismos, então ela poderá ser preservada pela seleção natural.

Já que mencionamos esse termo, vamos à definição de *seleção natural* por Cain, Bowman e Hacker (2011). Eles a definem da seguinte maneira:

Processo evolutivo no qual os indivíduos que possuem determinadas características sobrevivem ou se reproduzem em uma taxa maior do que outros indivíduos devido a essas características (Cain, Bowman e Hacker (2011, p. 13)

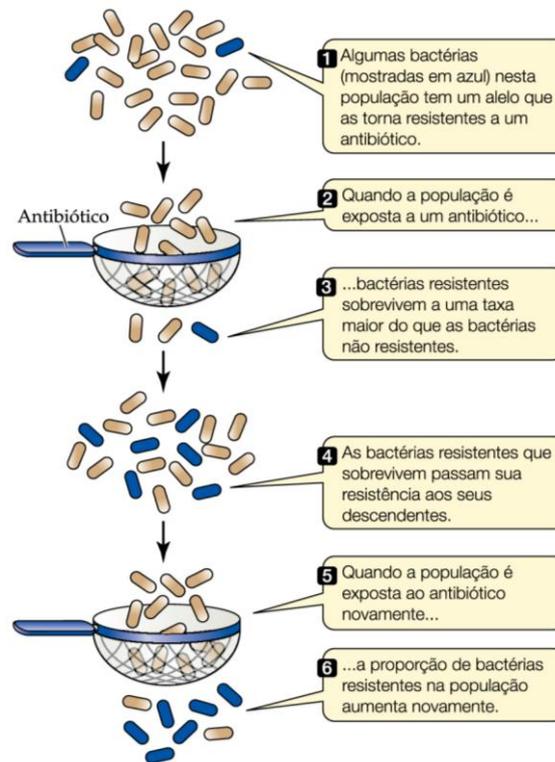
Para que a seleção natural se constitua num processo cumulativo, no entanto, é necessário que estas características sejam herdadas. Qual o mecanismo de herança associado não está em questão, mas sim a necessidade que estas características sejam levadas adiante para que a seleção natural promova uma diferença significativa dos novos indivíduos em relação aos seus descendentes mais remotos. Faltou expor no trecho, portanto, a necessidade de que as características sejam herdadas. Não basta simplesmente que indivíduos sobrevivam ou se reproduzam numa taxa maior devido a certas características. É preciso que seus descendentes adquiram essa(s) característica(s), seja geneticamente ou por outros mecanismos. Na sua expressão mais simples, seleção natural é *variação herdável em aptidão*.

*Adaptação* é definida como “Característica de um organismo que aumenta sua capacidade a sobreviver e reproduzir em seu ambiente” (Cain, Bowman e Hacker 2011, p. 13). Essa é uma possível definição, mas possui seus problemas. O entendimento da adaptação como uma *característica* acaba ocultando a história de sua consolidação e as interações que a moldaram. Mais satisfatória é a definição de adaptação como um *processo*. Essa compreensão mantém conectado o presente e o passado, isto é, não desvincula a história evolutiva e sua importância com as condições atuais dos organismos, além de que mostra a possibilidade dessa adaptação ser “maior” ou “menor” de acordo com as interações mais importantes, dado seu entendimento como um processo. Esta é a visão de Ricklefs (2011), a qual é destacada quando ele afirma que

O novo Capítulo 6, reescrito, apresenta os princípios evolutivos darwinianos, incluindo a seleção natural, **as adaptações como um processo** e tópicos relevantes da genética populacional. (grifo meu. Ricklefs, 2011, p. xx)

Além destes conceitos, Cain, Bowman e Hacker (2011) apresentam uma figura com o que eles chamam *seleção natural em ação*. É uma imagem metafórica em que há uma variedade

de bactérias sobre uma peneira, que seria um antibiótico representando o efeito seletivo, e abaixo há uma variedade limitada delas, ou seja, apenas parte do que havia acima. Dessa forma, as bactérias que passaram pela peneira são aquelas mais resistentes ao antibiótico, e são, portanto, o resultado da seleção natural em ação (fig. 5).



**FIGURA 1.10 A seleção natural em ação** Como mostrado nesta figura, na qual a peneira representa o efeito seletivo de um antibiótico, a seleção natural pode causar um aumento na frequência da resistência ao antibiótico ao longo do tempo.

**Figura 6.** Metáfora da seleção natural apresentada no capítulo introdutório de *Ecologia* (Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 14).

Esta é, talvez, a interpretação predominante a respeito da evolução por seleção natural, na qual esta seria um “filtro” passivo, mais do que um processo criativo. No entanto, essa concepção possui críticas bastante consistentes. A metáfora do efeito seletivo como uma peneira não mostra a dinamicidade do processo, isto é, a mudança da pressão de seleção natural com a variação do ambiente. Para isso, seria preciso mostrar que a peneira muda, ou seja, o processo de seleção natural exerce efeitos distintos de acordo com a mudança no ambiente. Além disso, essas alterações ambientais podem ser realizadas pelos próprios organismos que sofrem evolução. Essa é basicamente a crítica de Lewontin (1983), por exemplo, quando ele diz que os “organismos não estão adaptados a seus ambientes: eles os constroem a partir das informações e peças do mundo externo.” (Lewontin, 1983, p. 208). Essa ideia ficou conhecida pelo conceito de *construção de nicho* (Odling-Smee, 1988).

Dever-se-ia esperar que pelo menos os livros de ecologia pudessem trazer um enfoque mais ecológico ao processo, ressaltando a importância das atividades dos organismos no ambiente. No entanto, pode-se notar que a evolução é tratada basicamente em sua forma tradicional, que é ainda predominante hoje em dia. Uma das propostas da Síntese Estendida (comentada acima) é justamente ressaltar o papel da ecologia na teoria da evolução. Não a tratando como simples filtros ambientais, mas como um conjunto de processos – entre eles, construção de nicho, plasticidade fenotípica e herança ecológica – que exercem papéis importantes para os padrões de evolução.

#### **4.1.5 Importância da ecologia**

Neste tópico estamos interessados nos argumentos dos autores para justificar a importância da ecologia. A simples obtenção de conhecimento ecológico sem a busca por qualquer aplicação tem alguma razão de ser? A ciência básica da ecologia constitui uma atividade relevante? A ecologia tem a contribuir para a sociedade? Como a atividade científica da ecologia se relaciona a conceitos como desenvolvimento?

Ricklefs (2011), no final de sua Introdução, após apresentar as atividades dos ecólogos por meio de experimentos e observações de campo, escreve o seguinte:

Por que os ecólogos fazem tudo isso? As maravilhas do mundo natural atraem a nossa curiosidade natural sobre a vida e tudo que nos cerca. Para muito de nós, nossa curiosidade sobre a Natureza e os desafios de seu estudo são razões suficientes. Além disso, contudo, nossa necessidade de compreender a Natureza está se tornando mais e mais urgente, à medida que o crescimento da população humana estressa a capacidade dos sistemas naturais em manter sua estrutura e funcionamento. (Ricklefs, 2011, p. 15)

Esse trecho traz uma clara tentativa de justificar o estudo ecológico. Após a pergunta, Ricklefs oferece *dois* tipos de respostas. O primeiro constitui-se numa justificação da ecologia como ciência básica, isto é, como uma atividade cultural; o segundo mostra sua importância prática, ou seja, o conhecimento científico como um instrumento necessário para o enfrentamento de problemas sociais. É preciso destacar que Ricklefs (2011) foi o único autor, entre as obras analisadas, que destacou que a “nossa curiosidade sobre a Natureza e os desafios de seu estudo são razões suficientes” para o estudo da ecologia.

De início, vamos discutir a primeira justificação. O argumento de Ricklefs para tal baseia-se no que frequentemente é chamado como “o conhecimento pelo conhecimento”. Isto é, dá legitimidade ao estudo da ecologia mesmo que ela não se comprometa diretamente com os problemas ambientais e sociais. O comprometimento, neste caso, é – ou deveria ser –

unicamente com a geração de conhecimentos comprováveis (como vimos, é a norma chamada de *desinteresse* por Robert Merton, 1964). Essa argumentação é interessante porque dá legitimidade à ciência básica. A pesquisa científica não precisa estar sempre em busca de soluções a problemas práticos. O cientista que objetiva entender como os sistemas naturais ou sociais funcionam, independente de sua aplicação em novidade técnica, possui um bom motivo para que a sociedade o apóie em sua pesquisa, desde que sejam cumpridos determinados valores éticos, certamente.

De maneira distinta, a visão praticista da ciência, que a considera apenas como um “instrumento de produção” e a vê, portanto, apenas em sua dimensão econômica acaba por deixar de lado parte importante do processo, deslegitimando a ciência básica frente à ciência aplicada e a tecnologia. O mais adequado seria a compreensão da ciência em sua dimensão cultural, sendo uma atividade indispensável ao *desenvolvimento integral*, conceito utilizado por Bunge (1980), o qual inclui as dimensões biológica, econômica, cultural e política. Em artigo aceito, mas ainda não publicado, eu proponho, analogamente, um conceito de *sociedade soberana*, o qual deveria incluir os subsistemas econômico, político, ambiental e cultural (Reis, 2013a). Dessa forma, a ciência básica não pode ser considerada como um luxo de países ditos desenvolvidos, mas uma necessidade de todos os países. Como afirma Bunge:

Ela [a ciência básica] é, antes de tudo, um componente da cultura e esta, um componente da sociedade, de modo que o avanço da ciência contribui *automaticamente* para elevar o nível cultural. Isto é, a pesquisa básica, por si só e independentemente do valor que possa ter a técnica, contribui para a resolução de um problema nacional de primeira grandeza nos países em desenvolvimento, ou seja, o de seu atraso cultural. (grifo do autor. Bunge, 1980, p. 58)

A ciência básica, portanto, longe de ser um luxo, é um excelente investimento, ainda que a longo prazo, por basicamente dois motivos: (i) por incrementar a cultura de uma sociedade e (ii) pelo seu potencial de fornecer os fundamentos para a ciência aplicada e a técnica. Mas, diferentemente destas, a ciência básica precisa da grande liberdade do pesquisador (novamente, dentro de limites éticos) para que tenha um funcionamento adequado e possa se desenvolver. “A planificação centralizada da pesquisa básica, preconizada por algumas autoridades e políticos, é a forma mais eficiente de acabar com ela” (Bunge, 1980, p. 31).

A filósofa Susan Haack (2011) apresenta uma crítica similar:

As liberdades de pensamento e de informação são vitais para a empresa científica e, assim, [...] a pressão por ‘investigações e linhas de pesquisa [*scholarship*] politicamente adequadas’ seja esta formulada por governos totalitários ou por filósofas feministas da ciência [...] é objetável epistemológica e politicamente. (Haack, 2011, p.168)

Isso mostra a necessidade de liberdade para o desenvolvimento científico. No entanto, certamente a visão apresentada não deve ser aplicada à técnica. Diferentemente, esta precisa de um forte controle social. É preciso reconhecer que a técnica é uma ferramenta por meio da qual se aplicam ideologias. Isso não é inerentemente ruim (nem bom), dependerá da ideologia que se pretende aplicar. Dado que a técnica sempre servirá a alguém, é preciso que ela interesse à sociedade, mais do que a qualquer grupo em particular. Por isso tem razão Lutzenberger (2009, p. 48) ao afirmar que “Decisões técnicas são sempre decisões políticas. Deveriam, por isso, ser sempre politicamente discutidas”.

Similarmente, embora de maneira mais profunda e até mesmo poética, Michael Löwy (2012) destaca a seguinte fala de Ernesto (Che) Guevara:

A técnica é uma arma e quem sente que o mundo não é tão perfeito quanto deveria ser deve lutar para que a arma da técnica seja posta a serviço da sociedade, e antes, por isso, resgatar a sociedade, para que toda a técnica sirva à maior quantidade possível de seres humanos, e para que possamos construir a sociedade do futuro – qualquer que seja seu nome. (atribuída à Ernesto Guevara por Löwy, 2012, contracapa)

Isso mostra a necessidade em se distinguir ciência de técnica. A não diferenciação destas atividades traz confusões na tomada de decisões políticas e pode ter consequências profundas para a sociedade. É no mínimo ingênuo desconsiderar o aspecto ideológico da aplicação de determinadas técnicas. Embora seja possível a neutralidade política em certas pesquisas científicas, ela é impossível na aplicação de qualquer técnica em particular.

Voltando à obra de Ricklefs (2011), sua defesa da ecologia como simples geração de conhecimento básico constitui a primeira resposta a sua pergunta sobre o porquê de os ecólogos fazerem o que fazem. Mas a segunda resposta é igualmente importante. Esta se baseia na necessidade em se compreender os sistemas naturais em seu funcionamento dados os impactos ambientais causados pela espécie humana. Como veremos, essa justificativa aparece também nas outras obras analisadas. Por isso o exame dessa argumentação não se dará em sua generalidade, como foi feito com o argumento acima, mas tomado de maneira mais específica, para enfatizarmos as diferentes argumentações das obras com base na mesma justificativa (conservação ambiental tendo em vista a espécie humana). Ricklefs (2011), como apresentado no trecho acima, traz como causa desta fragilidade dos sistemas naturais o *crescimento da população humana*.

Numa análise baseada unicamente na ecologia como ciência básica, entendendo-a como um ramo da biologia, o crescimento da população humana pode ser entendido como central para uma maior destruição e fragilidade dos sistemas naturais. Isto é, se examinarmos a população

humana da mesma maneira que a população de qualquer outra espécie, o fato mais evidente é a nossa incrivelmente alta taxa de crescimento populacional. Townsend, Begon e Harper (2010, p. 443) afirmam que o nosso “padrão histórico de crescimento tem sido mais do que exponencial”, isto é, considerando os últimos 2000 anos a taxa de crescimento *por indivíduo*, que deveria ser constante numa curva exponencial, é crescente para os indivíduos da população humana.

Em 1970 a população mundial girava em torno de 3 bilhões e meio de pessoas e, segundo a ONU, em outubro de 2011 alcançamos a marca de 7 bilhões de indivíduos. Sabemos os efeitos do crescimento constante no número de indivíduos de qualquer espécie. É inevitável a competição por recursos dada sua crescente escassez. Certamente, essa não seria uma situação desejada para a espécie humana. A simples consideração do tamanho populacional frente à biocapacidade planetária, portanto, é suficiente para gerarmos previsões bastante assustadoras. No entanto, se apenas a variável “tamanho populacional” é levada em conta, isso pode fazer-nos pensar que os esforços devem se concentrar fortemente na tentativa de diminuir a taxa de crescimento dos países com maior crescimento anual. Isso praticamente não mudaria os hábitos daqueles países “mais desenvolvidos” em comparação aos “menos desenvolvidos”. No entanto, se entendermos que o *consumo* é uma variável importante no impacto ambiental, por afetar os recursos naturais, a medida citada acima seria ao mesmo tempo injusta e ineficiente. Isso significa que tomar o crescimento da população humana como *a causa*, como fez Ricklefs (2011, p. 15), pode ser bastante problemático. Os fatores econômicos, principalmente, precisam ser considerados conjuntamente, dado que os impactos ambientais mais importantes não são necessariamente devidos aos países com maior taxa de crescimento populacional. Não são estes países que possuem um maior impacto pelo seu consumo, dado que há uma diferença no consumo *per capita* entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos. O consumo é bem mais elevado em países ditos desenvolvidos.

Mas isso não envolve apenas o consumo, de modo que pode ser rastreado até seu outro extremo – na forma de *produzir* mercadorias (*e.g.* soja e celulose), alimentos (*e.g.* gado) e energia (*e.g.* usinas termelétricas e nucleares) e, antes ainda da produção, no local de *instalação* de empreendimentos (*e.g.* usinas hidrelétricas). Podemos avaliar que países subdesenvolvidos, como, por exemplo, o Brasil, contribui grandemente com os exemplos citados acima, mas isso não isenta destes impactos os países desenvolvidos, inclusive porque essa produção brasileira e de outros países subdesenvolvidos abastece os países centrais, tanto pelo grão ou farelo de soja, como pela pasta de celulose e por lingotes de ferro e de alumínio,

tendo estes um baixíssimo valor agregado (são *commodities*) ou sendo produzidos por empresas eletrointensivas (muitas vezes multinacionais), tendo, em contrapartida, um altíssimo impacto ambiental.

Em análise mais profunda, há autores e organizações que consideram que a economia brasileira vem sofrendo um processo de reprimarização, isto é, o país está afirmando-se essencialmente como exportador de matérias primas. Isso mostra nossa insistência em continuar sendo colônia dos países centrais. Além disso, faz-nos pensar na atualidade da teoria marxista da dependência (TMD), formulada por intelectuais latino-americanos, tais como os brasileiros Ruy Mauro Marini (1973), Vania Bambirra (1978) e Theotônio dos Santos (1978). Esse pode ser considerado um dos vários motivos para a formação, desde o início do século XX, de um movimento intelectual de reconstrução desta teoria no Brasil, como apontam diversos artigos, entre eles Prado e Meireles (2010) e Prado e Castelo (2013).

Os dois parágrafos logo acima são suficientes para compreendermos a ingenuidade em se considerar apenas o crescimento populacional como causa de impactos ambientais. É claro que esse crescimento contribui para isso, inclusive por gerar aumento da demanda; mas o diferencial no consumo e as estratégias econômicas do Estado constituem uma dimensão que varia a parte disso. É prudente, portanto, considerar as políticas econômicas, além do simples tamanho populacional. Soma-se a isso o fato de que, infelizmente, é o Estado em sintonia com as grandes empresas privadas que domina a vida da população. Não podemos cair num *biologismo* (ou num *ecologismo*) e desconsiderar dimensões importantes que estão na raiz dos problemas ambientais. Os fatores culturais, políticos, econômicos e ambientais atuam de modo relacionado – e muitas vezes sinérgico – nesse processo. Definitivamente, excluí-los não é uma boa ideia.

No entanto, sem dúvida, uma compreensão biológica ou ecológica dos sistemas naturais contribui enormemente na geração de conhecimento e, portanto, pode trazer fundamentos para a necessidade de mudanças na nossa relação com o ambiente. Como afirma Ricklefs em parágrafo posterior àquele citado no início deste tópico:

Estes sucessos [criação de políticas para diminuição de impactos ambientais] não teriam sido possíveis sem um consenso geral fundamentado nas evidências produzidas pelo estudo do mundo natural. Compreender a ecologia não irá por si só resolver nossos problemas ambientais em todas as suas dimensões políticas, econômicas e sociais. Contudo, à medida que enfrentamos a necessidade de gestão global dos sistemas naturais, nossa efetividade nessa empreitada se apoiará na nossa compreensão de sua estrutura e funcionamento – uma compreensão que depende do conhecimento dos princípios da Ecologia. (Ricklefs, 2011, p. 15)

Essa argumentação pode ser aplicada à ciência de modo geral. A produção de conhecimento é o primeiro passo para que seja possível uma avaliação de qualidade, um debate racional e uma tomada de posição fundamentada, seja no assunto que for. Para pensarmos em estratégias, é necessário antes termos certa descrição dos fenômenos de interesse e a proposição de mecanismos que expliquem seu estado atual. A atividade mais confiável e racional de descrição e explicação do mundo natural é a própria ciência (nisso consiste o *cientismo*, que não é o mesmo de cientificismo). Por isso sua importância na fundamentação de estratégias políticas.

Em todo caso, a afirmação de que “a ecologia não irá por si só resolver nossos problemas ambientais em todas as suas dimensões políticas, econômicas e sociais” é ainda um exagero. A ecologia, entendida pelo autor como uma ciência, não pode *por si só* resolver nenhum problema ambiental, independente da dimensão considerada. Para isso seria necessário o envolvimento da técnica e da política, sendo que estas, certamente, deveriam fundamentar-se em princípios ecológicos. A resolução destes problemas, portanto, depende crucialmente do conhecimento da ciência ecológica, embora esta ciência por si só não resolva problema prático algum. Se nosso conhecimento em ecologia permite-nos mostrar a importância da manutenção de áreas de preservação permanente (APPs) em margens de rios, topos de morro e suas encostas, e de reservas legais (RLs) em propriedades rurais que não consideram a biodiversidade em suas atividades, isso não significa que prontamente teremos uma boa política ambiental. Esse conhecimento poderia fundamentar políticas interessantes em prol da sociedade, mas, como no caso que acabei de citar, isso nem sempre acontece – a proposta do Novo Código Florestal foi exatamente na sua contramão. Outros interesses entram em jogo no mundo da política. A bancada ruralista não está interessada no conhecimento científico quando este não serve a seus interesses, tampouco na sociedade quando esta contraria os seus desejos. Isso cria, portanto, uma política anti-científica e anti-democrática.

A obra de Cain, Bowman e Hacker (2011) também pode ser analisada quanto a sua justificação da ecologia com base na conservação da estrutura e funcionamento dos sistemas naturais. No início de sua Introdução, eles destacam que:

Nós, humanos, exercemos enorme impacto em nosso planeta. Transformamos aproximadamente metade da superfície terrestre, alteramos a composição da atmosfera, levando à mudança climática global. Introduzimos muitas espécies em novas regiões, ação que pode ter um efeito negativo severo tanto nas espécies nativas como na economia humana. Mesmo os oceanos – aparentemente tão vastos – mostram muitos sinais de deterioração devido às atividades humanas, incluindo o declínio dos estoques pesqueiros, a perda de outrora espetaculares recifes de corais e a formação de extensas

‘zonas mortas’, regiões onde os níveis de oxigênio são muito baixos para sustentar a vida marinha. (Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 3)

Após essa consideração com exemplos importantes do impacto da ação humana sobre os ambientes naturais, Cain, Bowman e Hacker (2011) continuam afirmando que:

As pessoas não apenas afetam o meio ambiente global – somos parte desse ambiente. Apesar disso, muitas vezes praticamos ações que afetam o nosso ambiente sem considerar como os seus sistemas naturais funcionam. Felizmente, estamos começando a perceber que devemos compreender esses sistemas de modo a antecipar as consequências de nossas ações e consertar os problemas que já causamos. Nossa crescente percepção que devemos compreender como os sistemas naturais funcionam nos conduz ao tema deste livro. Os sistemas naturais são governados pelos modos com que os organismos interagem entre si e com o seu ambiente físico. Portanto, para compreender como os sistemas naturais funcionam devemos compreender *ecologia*, o estudo científico de como os organismos afetam – e são afetados por – outros organismos e seu ambiente. (grifo dos autores. Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 3)

A ecologia, então, se justificaria na medida em que precisamos compreender os sistemas naturais “de modo a antecipar as consequências de nossas ações e consertar os problemas que já causamos”. Esta é uma visão que enfatiza a importância prática da ecologia, mas que muito bem distingue dois objetivos: com base no conhecimento ecológico podemos tentar prever as consequências de nossas ações e, com base neste mesmo conhecimento, tentar resolver os problemas que já geramos.

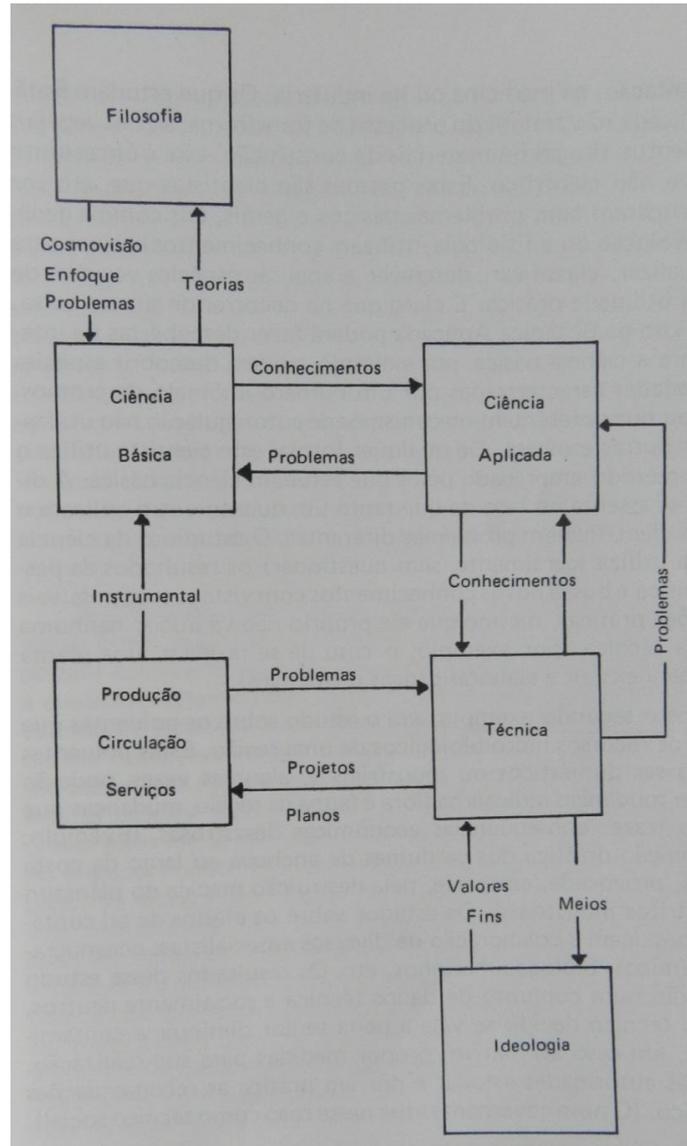
Ao fim da Introdução, Cain, Bowman e Hacker (2011) afirmam que:

Como salientado nas páginas de abertura deste capítulo, as pessoas começaram a perceber que é importante entendermos como a natureza funciona, nem que seja apenas para nos protegermos de alterações inesperadas que causem danos em nosso ambiente. O fato de o mundo natural ser enorme, complexo e interligado significa que é impossível compreendê-lo? A maioria dos ecólogos não pensa assim. Nossa compreensão dos nossos sistemas tem melhorado enormemente nos últimos cem anos. Os esforços em curso para compreender como funciona a natureza certamente são desafiantes, mas esses esforços também são imensamente empolgantes e importantes. O que aprendemos e como usamos esse conhecimento, terão grande impacto no atual e no futuro bem estar das sociedades humanas. (Cain, Bowman e Hacker, 2011, p. 18)

Quando perguntado se o mundo natural é impossível de ser compreendido, o trecho afirma que a maioria dos ecólogos não pensa assim. Na verdade, se deslocarmos a resposta com base nos sujeitos (ecólogos) para a própria disciplina científica (ecologia), a resposta é *obrigatoriamente* um não. O realismo epistemológico, assim como o realismo ontológico, é um pressuposto da ciência. Isto é, a ciência assume a existência do mundo natural e a possibilidade de conhecê-lo. Sem isso, a pesquisa científica não teria razão de ser. Dessa

forma, se realmente há ecólogos que pensam na impossibilidade de obter conhecimento da natureza, é preciso enfatizar que eles estão em desacordo com sua própria atividade científica.

Além disso, o trecho destaca que a geração e o uso do conhecimento têm um grande impacto no atual e futuro bem estar das sociedades humanas. Uma visão que enfatiza as relações entre a pesquisa básica e aplicada e a técnica. Isto significa que além das suas diferenças, como enfatizamos anteriormente, é preciso entendermos as interações entre estas atividades. Primeiramente, o conhecimento não segue apenas unilateralmente, da ciência básica para a aplicada que chega até a técnica, embora esse fluxo seja bastante comum. Para um melhor entendimento deste processo é necessário reconhecermos as retroalimentações. A própria técnica acaba fornecendo conhecimentos e problemas para a ciência aplicada, e esta para a ciência básica. É importante considerar as relações mútuas entre estas atividades e, para fechar o ciclo, isso envolve a economia na produção e circulação de bens e serviços. A economia, nesta perspectiva, fornece o instrumental à própria ciência básica. Além disso, podemos conceber a filosofia fundamentando a atividade científica e esta enriquecendo a própria filosofia com suas teorias; e a ideologia, principalmente na técnica, estipulando os valores e os fins a que ela deve se aplicar, enquanto a própria técnica fornece os meios para que esta ideologia seja posta em prática (fig. 6).



**Figura 6.** “O quadrinômio ciência básica - ciência aplicada - técnica - economia e suas eminências pardas, a Filosofia e a Ideologia”. (Imagem e legenda retirada de Bunge, 1980, p. 29)

As *distinções* e *relações* entre estas atividades mostram a complexidade do processo, e desestimulam uma atitude simplista, que pode ser bastante perigosa. Aqueles que não percebem as *distinções* culpam a ciência, por exemplo, pela construção da bomba atômica e pelos males do sistema capitalista, enquanto quem não percebe as *relações* simplesmente não compreende o mundo em que vivemos. O que tornou possível a comunicação por meio do computador (como esse trabalho e sua posterior apresentação com base no *data-show*)? Em parte ou primeiramente, foi o próprio desenvolvimento da ciência básica. Porém, o computador e o *data-show*, assim como a bomba atômica e o modo de produção capitalista, não são ciência. Todos eles podem se utilizar do conhecimento científico, mas, além disso, eles servem a algum interesse. Não são neutros, portanto, mas possuem metas explícitas. Embora a ciência em parte possibilite tudo isso, não é ela quem estipula essas metas. Mesmo

assim, isso não isenta os cientistas de sua responsabilidade social e da tentativa de prever as consequências de suas ações. O processo é muito mais complexo do que a maioria dos cientistas e das autoridades políticas pensam ser.

Begon, Townsend e Harper (2007), a respeito dos ecólogos e também como um argumento para a própria prática científica, enfatizam o seguinte:

Há 19 anos, parecia aceitável, aos ecólogos, manter um ponto de vista confortável e objetivo, para não dizer desinteressado, em que os animais e os vegetais ao nosso redor significavam simplesmente um material para o qual buscávamos uma compreensão científica. Hoje, devemos aceitar a proximidade dos problemas ambientais que nos ameaçam e a responsabilidade dos ecólogos de sair de uma posição secundária e assumir seu papel totalmente endereçado a esses problemas. A aplicação de princípios ecológicos não é apenas uma necessidade prática, mas também representa um desafio científico. (Begon, Townsend e Harper, 2007, p. V)

Este é um parágrafo interessante, que mostra o aumento da responsabilidade dos ecólogos com o passar do tempo, numa comparação entre hoje e duas décadas atrás. O trecho parece bem elucidativo, mas eu tocaria numa questão que, a meu ver, entra em contradição com seu próprio livro. Eles afirmam que os ecólogos devem “assumir seu papel *totalmente* endereçado a esses problemas [ambientais]”. Como já argumentado, eu discordo veementemente desta frase e penso que isso não condiz com o próprio conteúdo do livro. Boa parte da obra de Begon, Townsend e Harper (2007) não é endereçada a problemas ambientais, de modo que uma visão pragmática da ecologia como um estudo para a solução de problemas práticos é incongruente com o próprio conteúdo do livro. Além de que os autores claramente dão importância à ecologia para além dessa dimensão prática em outras passagens, que podem ser identificadas até mesmo em sua definição, já mencionada, da ecologia como “o estudo científico da distribuição e abundância dos organismos e das interações que determinam a distribuição e abundância” (Begon, Townsend e Harper, 2007, p. IX). Se levássemos a sério a ideia de que os ecólogos devem se focar totalmente em problemas ambientais, boa parte da ecologia ficaria de fora; além disso, quem faria o trabalho de ciência básica da ecologia? Ninguém? Por isso a concepção praticista da ciência inevitavelmente deslegitima a pesquisa básica. Não penso que Begon, Townsend e Harper estariam de acordo, mas isso então significa que eles não acreditam no que escreveram acima.

No entanto, certamente, minha posição não é a de que os ecólogos não devem se importar com os problemas ambientais, mas simplesmente que sua pesquisa não precisa obrigatoriamente estar endereçada a esses problemas. Eu penso que os ecólogos, assim como todos os outros cidadãos, possuem responsabilidades sociais. Talvez possamos dizer, ainda,

que quanto maior o conhecimento em determinado tema, maior é a responsabilidade que carregamos. Eu penso que um ecólogo que não se preocupa com estes problemas é certamente um cidadão medíocre, mas *preocupação* é diferente de *pesquisa*. Um ecólogo pode fazer ciência básica e, mesmo assim, ser fortemente preocupado com os problemas ambientais. Essa preocupação não está na dimensão do indivíduo como cientista, mas na sua totalidade como cidadão. Embora, certamente, algumas pessoas apliquem sua preocupação no seu fazer científico. Além disso, é preciso enfatizar que a resolução de problemas práticos não se dá no âmbito da ciência, mesmo que ela venha a reconhecê-lo. É por isso que um ecólogo que faz pesquisa básica, além de estar contribuindo para a cultura da sociedade, pode ajudar na resolução de problemas práticos de outras maneiras, como se mobilizando através de sindicatos, conselhos regionais, movimentos populares e até mesmo em partidos políticos. E isso envolve não apenas questões ambientais, mas problemas sociais em todas as suas dimensões. Um ecólogo, simplesmente por ter um ensino superior, possui uma grande responsabilidade social e isso independe de suas pesquisas.

Posteriormente, Begon, Townsend e Harper (2007) fazem a seguinte afirmação bastante forte:

Seríamos realmente ecólogos medíocres se não acreditássemos que os princípios da ecologia se aplicam a todas as facetas do mundo ao nosso redor e a todos os aspectos do esforço humano. (Begon, Townsend e Harper, 2007, p. V)

Não me proponho a validar ou não esse trecho, mas a afirmação de que os princípios ecológicos se aplicam a “todas as facetas do mundo ao nosso redor” e a “todos os aspectos do esforço humano” parece extremamente forte. E, segundo os autores, se os ecólogos não aceitam essa afirmação, em outras palavras, se não a tomam como um dogma em que devem acreditar, então são realmente medíocres. Se eu fosse ecólogo, me incluiria na lista dos medíocres, porque eu pelo menos acenderia a vela do ceticismo metodológico e pediria argumentos ou fatos que corroborem essa declaração, para, em caso positivo, aceitá-la provisoriamente. Não esquecendo que, para estes autores, ecologia é “o estudo científico da distribuição e abundância dos organismos e das interações que determinam a distribuição e a abundância” (Begon, Townsend e Harper, 2007, p.IX). Parece bastante prepotente considerar que os princípios da ecologia, entendida dessa maneira, se aplicam a “todas as facetas do mundo ao nosso redor e a todos os aspectos do esforço humano”.

Odum (2004) também tenta justificar a ecologia com base em nossa própria sobrevivência como espécie. Segundo ele:

O homem tem-se interessado pela ecologia de uma forma prática, desde os primeiros tempos de sua história. Na sociedade primitiva cada indivíduo, para sobreviver, precisava de ter um conhecimento concreto de seu ambiente, isto é, das forças da natureza, das plantas e dos animais que o rodeavam. A civilização começou, de facto, quando o homem aprendeu a servir-se do fogo e de outros instrumentos para modificar o seu ambiente. Para a humanidade no seu conjunto é mesmo mais necessário do que nunca possuir um conhecimento inteligente do ambiente em que vive, condição de sobrevivência da nossa complexa civilização, uma vez que as <leis da natureza> fundamentais não foram revogadas; apenas a sua natureza aparente e as relações quantitativas se foram alterando à medida que a população humana foi aumentando e se expandiu o poder do homem para alterar o ambiente. (Odum, 2004, p. 3)

Odum (2004) fala na “expansão do poder do homem para alterar o ambiente”, provavelmente pelo avanço da industrialização e pelo nosso aumento incrível na capacidade de mover matéria e energia, o que pode gerar efeitos globais; além disso, ele fala no aumento da população humana, assim como o trecho citado de Ricklefs (2011). Odum menciona, ainda, que é necessário possuímos um conhecimento inteligente de nosso ambiente, como condição de sobrevivência da nossa civilização. Assim ele enfatiza o potencial prático da ecologia. Mas, além disso, ele destaca um pressuposto da sua afirmação. Esse conhecimento só ajuda na nossa sobrevivência na medida em que “as <leis da natureza> fundamentais não foram revogadas”.

Isso é o que se chama na filosofia da ciência de *princípio da legalidade* e constitui-se num pressuposto básico da atividade científica, juntamente aos já mencionados realismos ontológico e epistemológico. Para que as conclusões científicas possam ser tomadas como racionais, é necessário que assumamos o *princípio da legalidade*. Prevemos que ao lançar um objeto para cima ele vai descer; que se uma bola de bilhar bater em outra com certa força esta irá se mover; que, com recursos abundantes e sem predadores, uma população cresce exponencialmente; e que as espécies tendem a divergir de seu ancestral comum. Se tomamos como razoável esperar que estes eventos continuem ocorrendo, estamos assumindo o *princípio da legalidade*, porque, caso ele não fosse assumido, não haveria motivo para que as generalizações empíricas anteriormente formuladas continuassem valendo, ou, de modo ainda mais forte, nem seria possível a criação de generalidades empíricas. Se pensamos que a pedra lançada irá cair, é porque assumimos, mesmo que tacitamente, que as “leis fundamentais da natureza” não foram revogadas, como destacou Odum. Uma explicação científica constitui na subsunção de um fato particular a uma lei geral, juntamente à proposição de um mecanismo

subjacente. No entanto, para imaginarmos que estas leis continuam valendo para a explicação de um novo fato particular é necessário pressupor o *princípio da legalidade*. O problema da indução, também chamado “problema de Hume”, deixa isso bastante claro. Na verdade, David Hume (1711-1776), em seu *Investigações sobre o entendimento humano e sobre os princípios da moral* (Hume, 2004 [1740]), é bastante cético quanto à possibilidade de conhecimento empírico, mas isso porque ele não pretende pressupor o *princípio da legalidade*. Portanto, o legado de Hume, a meu ver, é o de que precisamos assumir este princípio como verdadeiro para que tenha sentido a realização de pesquisas empíricas e para depositarmos certa confiança em nossas conclusões científicas.

#### 4.1.6 Tabela-resumo dos resultados qualitativos

Este tópico pretende mostrar um resumo dos resultados tratados até agora, isto é, sobre as questões de 4.1.1 até 4.1.5, analisadas a partir do capítulo introdutório das obras. Esse resumo foi estruturado na forma de uma tabela (tab. 1).

**Tabela 1.** Temas importantes abordados ou não na Introdução de cada um dos livros. ++, relativamente bem abordado, +, pouco abordado, -, minimamente ou não abordado.

	Ricklefs (2011)	Cain, Bowman e Hacker (2011)	Begon, Townsend e Harper (2007)	Odum (2004)
Concepção de ciência	+	+	-	-
Definição de ecologia e seu escopo	++	++	+	+
Níveis de organização biológica	++	++	-	++
Abordagem evolutiva	+	++	-	-
Importância da ecologia	++	++	-	+
Elucidação histórica	+	-	-	-

Como já comentado, esses resultados não podem ser tomados como um indicador das obras como um todo, em seus diferentes capítulos, visto que a análise baseou-se na Introdução dos livros-texto. O objetivo foi examinar a concepção destes autores sobre diferentes temas importantes selecionados *a priori*.

Como se pôde observar, nesta tabela foi incluído um tópico não tratado diretamente, a chamada “elucidação histórica”. Optou-se por não abordar esse tema de forma separada porque ele é minimamente ou não abordado na maior parte dos livros. Não se teria material para analisar essa temática. O pouco que há de esclarecimento histórico nestes livros consta no tópico aqui denominado “Definição de ecologia e seu escopo”, quando os autores se

remetem, por exemplo, a Ernst Haeckel. O diferencial de Ricklefs (2011) é basicamente por ele trazer a citação de um parágrafo inteiro de Haeckel, enquanto as outras obras apenas o mencionam. Em termos gerais, porém, a história da ecologia praticamente não é tratada. Pensando na importância da história para a contextualização de uma disciplina, além do jargão verdadeiro de que conhecer o passado pode muitas vezes ser útil para os rumos a se tomar no futuro, a falta de uma elucidação histórica pode ser bastante problemática. A meu ver, desconsiderar a história da ecologia na Introdução – onde ela poderia ser tratada de forma mais ampla – parece injustificável.

Ricklefs (2011) e Cain, Bowman e Hacker (2011) foram os que mais trataram dos temas em geral, seguido de Odum (2004) (tabela 1). Porém, o critério considerado como “relativamente bem abordado” não é normativo, mas apenas ressalta a importância que o autor dá aos diferentes temas na sua Introdução. “Relativamente bem abordado” significa que o autor dá um tratamento considerável ao tópico, tendo em vista, certamente, que se trata de livros de *ecologia* para o ensino superior, ou seja, os tópicos mencionados não são os temas centrais dessas obras; não constituem o conteúdo propriamente que os autores se propõem a tratar nos capítulos de seus livros. Por exemplo, as obras não são sobre o escopo e as definições de ecologia. No entanto, é preciso alguma noção do que seja ecologia para que a obra seja escrita, e essa concepção influencia no seu conteúdo e estrutura. Por isso é interessante que este tema (e também os outros que foram abordados) apareça no capítulo introdutório. É por isso, também, que merecem análise.

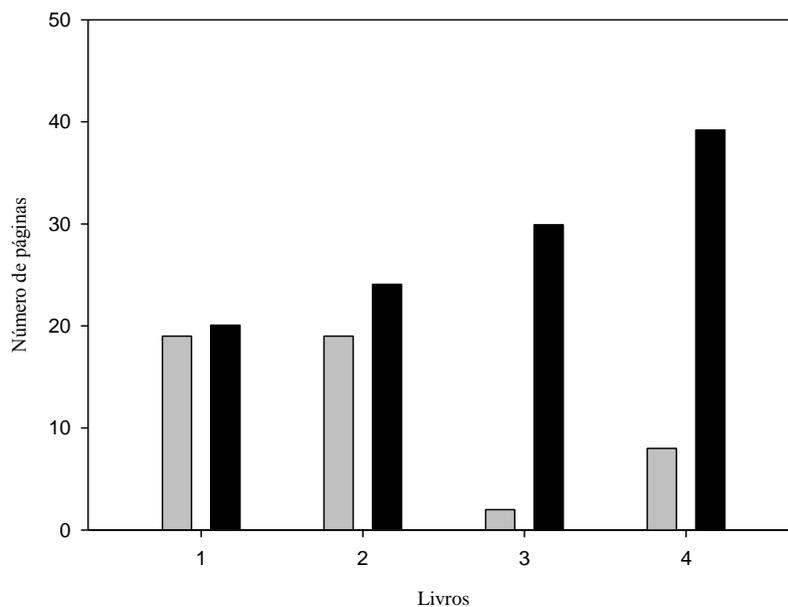
Além disso, como o nome já diz, “relativamente bem abordado” significa que o livro aborda de modo considerável *em relação aos* outros livros. É uma análise válida apenas como método comparativo, não em termos absolutos.

É preciso destacar, também, que esta é uma tabela-resumo dos *resultados*, e apenas na sua caricatura de “mais” ou “menos” abordado, sendo que toda a discussão feita até aqui não consta neste quadro. Sua apresentação, portanto, traz uma baixa quantidade de informação, sendo preciso a leitura dos tópicos anteriores. Além disso, os resultados até aqui foram apresentados na forma de citações de trechos das obras analisadas, com o conteúdo propriamente das introduções. Isso também não consta na tabela 1. O objetivo de apresentação desta tabela simples foi apenas deixar mais clara a comparação dos resultados nos diferentes livros, visto que ao longo dos tópicos eles estiveram entremeados com as discussões.

## 4.2 ASPECTOS DA ESTRUTURA DOS LIVROS DIDÁTICOS

### 4.2.1 O capítulo introdutório em relação aos outros capítulos

Foi encontrada uma grande variação no número de páginas dedicado ao capítulo introdutório (Fig. 7). Begon, Townsend e Harper (2007) e Odum (2004) possuem introduções com menos de 10 páginas, representando, respectivamente, apenas 7 % e 20 % do número médio de páginas de cada capítulo. Isso significa que estes dois livros dedicam pouquíssimo espaço para suas introduções, o que acaba sendo prejudicial a uma compreensão geral da ecologia como ciência. De qualquer forma, como se pôde notar com os tópicos anteriores, foi possível analisar questões interessantes nessas introduções, mas que, sem dúvida, poderiam ser exploradas melhor, e outros temas importantes poderiam ser tratados, em uma introdução com mais páginas.



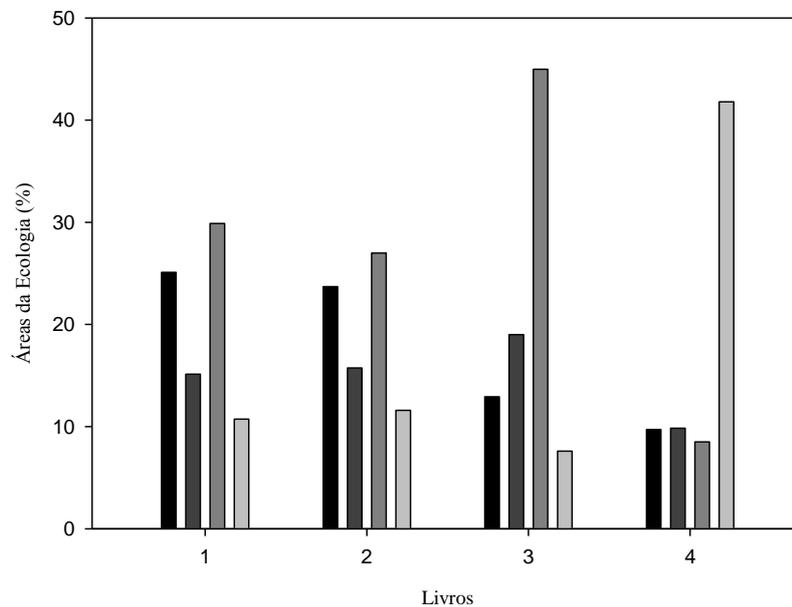
**Figura 7.** Número de páginas do capítulo introdutório (cinza) em relação ao número médio de páginas de cada capítulo (preto). 1. Ricklefs (2011), 2. Cain, Bowman, Hacker (2011), 3. Begon, Townsend, Harper (2007), 4. Odum (2004).

Nenhuma das obras apresenta uma introdução com o número de páginas maior que o número médio de páginas de cada capítulo (fig. 7). Ricklefs (2011) e Caim (2011) apresentam o mesmo número de páginas (19) nas suas introduções. Isso representa, respectivamente, 95 % e 79 % do número médio de páginas de cada capítulo. Considero estes dois livros como mais próximos do adequado no que concerne à importância dada ao capítulo introdutório. Levando em conta que estes não são artigos científicos, mas livros didáticos para o ensino superior, o capítulo introdutório deveria possuir uma importância maior. Muitas vezes, é unicamente

neste capítulo que questões fundamentais da ciência são apresentadas, tais como a importância da observação, da experimentação, da formulação de teorias e do uso de modelos. Além disso, mesmo as questões centrais da ecologia são enfatizadas frequentemente apenas na introdução, como sua justificativa para além do conhecimento básico, isto é, sua importância social, e uma apresentação geral sobre o que os ecólogos fazem e com que tipo de questões eles trabalham, por exemplo.

#### 4.2.2 Quatro áreas da ecologia: organismos, populações, comunidades e ecossistemas

Foi encontrada uma grande variação no percentual dedicado às quatro áreas da ecologia (fig. 8). A menor equabilidade se deu em Odum (2004), para o qual a ecologia de ecossistemas apresentou 42% do conteúdo do livro. Cabe destacar que as aqui denominadas “quatro áreas da ecologia” não compreendem 100% do conteúdo dos livros, visto que inclui apenas o conteúdo que aborda especificamente alguma dessas áreas, de acordo com o seu sumário. Por exemplo, o tópico de ecologia aplicada não entrou para o cálculo dessa porcentagem. Embora os tópicos sobre interações intra- e interespecíficas tenham sido incluídos em ecologia de populações e de comunidades, respectivamente.



**Figura 8.** Percentual dedicado a cada uma das quatro áreas da ecologia. Em cada bloco, a primeira coluna representa Ecologia do Organismo; a segunda, Ecologia de Populações; a terceira, Ecologia de Comunidades; e a quarta, Ecologia de Ecossistemas. 1. Ricklefs (2011), 2. Cain, Bowman, Hacker (2011), 3. Begon, Townsend, Harper (2007), 4. Odum (2004).

Após Odum (2004), Begon, Townsend e Harper (2007) apresentam a segunda menor equabilidade, com 45% do seu conteúdo tratando unicamente da ecologia de comunidades

(fig. 8). Os outros dois livros, Ricklefs (2011) e Cain, Bowman e Hacker (2011), apresentam uma distribuição mais equilibrada, com um Índice de Equabilidade ao redor de 0,9 (tab. 2).

**Tabela 2.** Índice de Equabilidade (E) dos livros com base no percentual dedicado a cada uma das áreas da ecologia: organismos, populações, comunidades e ecossistemas. O cálculo foi derivado do índice de Simpson (D), de modo que  $E = D/D_{\text{máximo}}$ .

Livros	E
Ricklefs (2011)	0.88
Cain, Bownman e Hacker (2011)	0.91
Begon, Townsend e Harper (2007)	0.67
Odum (2004)	0.61

No entanto, pode-se objetar que o mais adequado não é obter um mesmo percentual para cada área da ecologia, por pelo menos dois motivos: (i) a ecologia não desenvolveu cada área da mesma maneira, de modo que certas abordagens foram mais exaustivamente trabalhadas do que outras; e (ii) essa classificação utiliza um critério puramente lógico, informando que área está incluída em qual. Muitas outras classificações poderiam ser feitas, como a distinção entre ecologia animal e ecologia vegetal (um critério com base no organismo estudado), ecologia filogenética e ecologia funcional (critério com base na história evolutiva ou na função atual), ecologia terrestre, de água doce e marinha (critério com base no ambiente), etc.

De qualquer forma, não deixa de ser interessante um exame com base em alguma destas classificações. A escolha da categorização com base nas quatro áreas se deu porque, mesmo com possíveis objeções, ainda parece ser a categorização mais interessante, além de ser também a mais utilizada. Isso facilita a análise dos livros, tornando-a mais simples e diminuindo a possibilidade de erro no momento de distinguir as categorias.

A grande variação na importância dada às quatro áreas da ecologia, como se pôde observar na figura 8, possivelmente reflete o próprio interesse dos autores ou das sub-comunidades científicas em que eles estão inseridos. Odum, por exemplo, deixa claro o seu interesse maior pela ecologia de ecossistemas, como já apresentado nos outros tópicos. Além disso, a ciência não é completamente homogênea, com os pesquisadores trabalhando com os mesmos temas e da mesma maneira. Isso fica claro quando falamos na influência da ecologia inglesa, americana ou alemã, por exemplo, nas diferentes áreas. Embora haja certa similaridade entre estas escolas, certamente há fatores, muitas vezes históricos, que possibilitam que as distingamos. Isso também pode influenciar a estrutura dos livros.

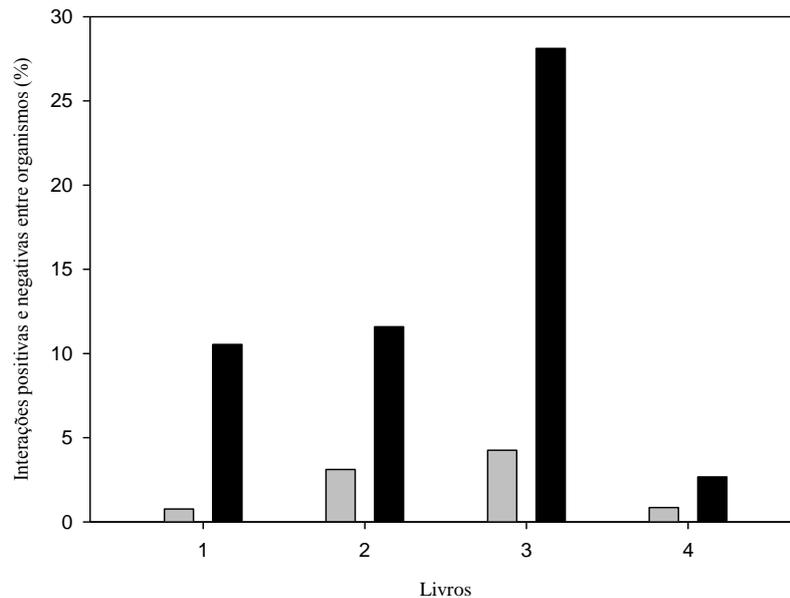
### 4.2.3 Interações positivas e negativas entre organismos

Foi observada uma grande variação na importância dada às interações entre organismos. Begon, Townsend e Harper (2007) dedicam 32% de sua obra a estas interações, enquanto Odum (2004) dedica apenas 4%. Entre estes extremos, as obras de Ricklefs (2011) e Cain, Bowman e Hacker (2011) tratam, respectivamente, 11% e 15% sobre interações entre organismos.

Isso reflete, de certa forma, o que foi analisado no tópico sobre os níveis de organização biológica próprios à ecologia (4.1.3). Begon, Townsend e Harper (2007) enfatizam os níveis de organismos, populações e comunidades, enquanto Odum (2004) destaca o nível de ecossistemas. Isso indica que as interações *entre organismos* são mais importantes para o primeiro do que para o segundo. Ricklefs (2011) e Cain, Bowman e Hacker (2011) são mais moderados, o que pode ser observado tanto no tópico sobre os níveis de organização, como no tópico precedente a este, em que tiveram a maior equabilidade quanto às áreas da ecologia. Dessa forma, estas duas obras dedicam menos espaço a estas interações do que Begon, Townsend e Harper (2007), mas mais espaço do que Odum (2004). Isso pode ser observado na figura 9.

Talvez mais interessante do que se ater aos percentuais dedicados às interações entre organismos propriamente, seja distinguir entre interações positivas e negativas (fig. 9) e examiná-las. Para fins de análise, foram consideradas interações negativas qualquer interação que constituísse um possível prejuízo para um dos organismos em questão. Trataram-se majoritariamente de competição, predação e parasitismo.

Enquanto 11% da obra de Ricklefs (2011) são de interações negativas, apenas 0,7% são positivas. Begon, Townsend e Harper dedicam 28% de sua obra a interações negativas, mas um número bem menor a interações positivas, 4%. Cain, Bowman e Hacker (2011) estruturam sua obra com 12% de interações negativas e 3% de positivas. Odum (2004), com o menor percentual dedicado a interações entre organismos, aborda 3% de interações negativas e pouco menos de 1% de interações positivas (fig. 9).



**Figura 9.** Percentual de cada livro dedicado a interações positivas (cinza) e negativas (preto) entre organismos. 1. Ricklefs (2011), 2. Cain, Bowman, Hacker (2011), 3. Begon, Townsend, Harper (2007), 4. Odum (2004).

Há um padrão claro, portanto, em que todas as obras dão maior importância a interações negativas. Após encontrar tal padrão, é preciso propor tentativas de explicá-lo. Nesse caso, duas hipóteses podem ser levantadas: (i) as interações negativas são mais importantes para a sobrevivência dos organismos, para a dinâmica de populações e para a estruturação de comunidades; (ii) a ciência ecológica desenvolveu melhor o estudo dessas interações, mas isso não reflete sua maior importância na natureza.

O objetivo desta discussão não é refutar qualquer uma destas hipóteses, mas explicitá-las e examiná-las, dado o padrão consistente encontrado – de um menor percentual dedicado a interações positivas.

Provavelmente, a maioria dos ecólogos explicaria este padrão com base na primeira hipótese, de modo que haveria um desenvolvimento maior das interações negativas na ecologia, mas isso simplesmente reflete o fato de que estas são mais importantes na natureza. Ou seja, a existência deste padrão quando se analisa livros e artigos ecológicos estaria justificada. O problema com esta hipótese é que ela deixa de lado o que normalmente é tratado pela filosofia e história da ciência como o *contexto da descoberta*. A própria visão de mundo dos pesquisadores ou seu maior interesse em determinados aspectos pode influenciar as gerações de novos pesquisadores.

Por exemplo, Charles Darwin (1872 [1859]) trata bastante sobre competição na sua obra, mesmo que tenha dado ênfase ao que chamou de “luta pela existência” como uma metáfora, onde poderia se incluir inclusive interações positivas, como a cooperação. Isto é, a própria cooperação seria um mecanismo possível de “luta pela existência”. De qualquer forma, uma leitura atenta à principal obra de Darwin mostra que são as interações negativas, em especial a competição, que mais são abordadas (*vide* Reis, 2013b). A partir daí, seguiu-se uma tradição de cientistas com interesse em investigar o papel das interações negativas, como competição e predação, tanto na aptidão dos organismos como nos ciclos populacionais e nas regras de montagem de comunidades.

Para dar um exemplo eminentemente ecológico, o par de equações diferenciais de Lotka-Volterra que modela sistemas biológicos com base na interação predador-presa, formulado nos anos de 1920, constitui uma base ainda forte para os ecólogos de populações. Não há dúvida que a competição e a predação podem exercer um papel importante na dinâmica de populações e de comunidades, mas, se considerarmos os contingentes históricos, é bem possível que o atual desenvolvimento da ecologia, tendo em vista especificamente a distinção de importância entre interações positivas e negativas, pode ainda não ser um bom indicador do que ocorre na natureza. Ou seja, o tratamento maior em interações negativas pode não refletir sua maior importância nos sistemas ecológicos. No entanto, para que isso seja resolvido o “remédio” é, certamente, ainda mais ciência. O avanço da ecologia para uma ciência mais preditiva, como bem desejava Robert Peters (1991), contribui com isso. A incerteza quanto aos processos determinantes na ecologia devem-se principalmente ao fato de que esta ciência ainda não possui teorias robustas e amplas o bastante para dar conta de diferentes padrões na natureza, além da necessidade de modelos consistentes capazes de explicar e prever eventos de modo satisfatório. Talvez o mais importante seja conectar mais fortemente as linhas teóricas e empíricas na ecologia, como a revisão de Leila Cruz *et. al* (2007) e o artigo recente de Samuel Scheiner (2013) mostram ser uma necessidade bastante urgente para o avanço dessa ciência.

Certamente, essa visão baseada na competição e predação como interações determinantes na ecologia e evolução não esteve imune a críticas. Por exemplo, a obra do anarquista e naturalista russo Piotr Kropotkin (1842-1921), intitulada *Ajuda Mútua: um fator de evolução* (Kropotkin, 2009 [1902]), enfatiza a cooperação como interação crucial para melhor se entender a evolução biológica. O primatólogo Frans De Waal, em o seu livro *A Era da Empatia* (De Waal, 2009), também traz um contraponto a essas ideias predominantes. É certo

que estes e outros autores, que discordam da concepção de que as interações negativas são as mais determinantes, também estão sujeitos a sua visão de mundo e aos seus vieses de pesquisa. Esse conflito não se resolve com concepções *a priori* da natureza, nem com um punhado de observações. Todos estes pesquisadores, com ênfase num ou noutro lado do espectro, trouxeram exemplos empíricos fundamentados na sua visão da natureza. O que poderá resolver essa questão é o próprio avanço da ciência a partir de teorias e modelos que expliquem esses padrões e que possam quantificar a importância destes mecanismos. É bem possível que haja uma grande variação na predominância destes mecanismos se diferentes ambientes forem considerados. Mas, se este é o caso, por que isso ocorre?

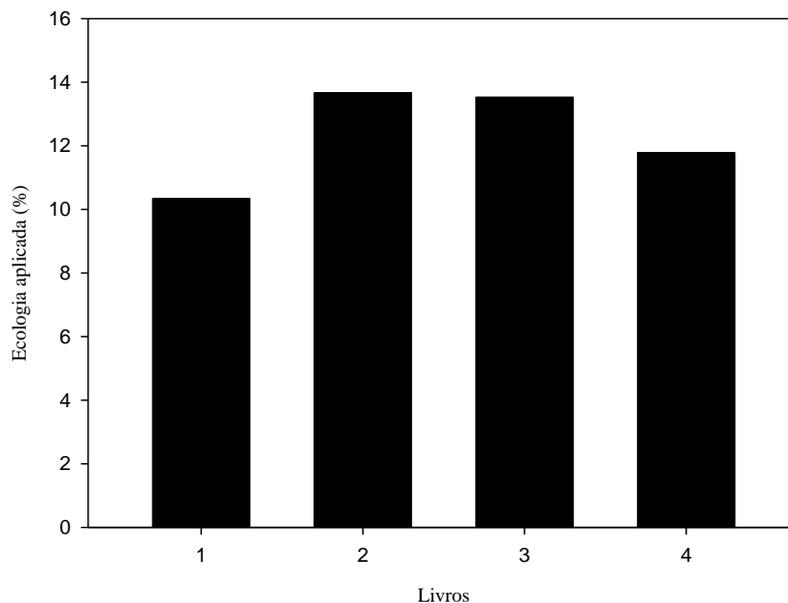
Há autores, como o próprio De Waal (2009), que tentam explicar a diferença entre a visão de Darwin e Kropotkin a partir do ambiente em que se deram as observações. Enquanto Darwin baseia-se em observações da América do Sul e também em regiões como a própria Europa, mas com condições não tão severas, Kropotkin faz suas observações no círculo polar ártico e em ambientes de tundra, e explora fenômenos naturais e sociais também na Rússia e na Finlândia. A explicação proposta é a de que ambientes tropicais e mais diversos em espécies tenderiam a possuir mais interações entre organismos, podendo as interações negativas ser mais determinantes, diferentemente de ambientes extremos. O problema é que essa hipótese é mais intuitiva do que corroborada cientificamente.

Outra possível explicação baseia-se em aspectos sociais ou da visão de mundo dos autores. Em 1850 as sociedades capitalistas estavam num amplo crescimento e expansão, com um crescente aceite dos valores do capitalismo, através principalmente da importância da competitividade e do individualismo. Dadas essas condições, alguns autores defendem que é mais fácil trazer essa linha de pensamento da sociedade na qual o pesquisador vive e transferi-la para a natureza. Isto é, seria mais simples pensar na competição como uma interação determinante. Diferentemente, Kropotkin, como um dos fundadores do anarco-comunismo, poderia se interessar por temas que estão de acordo com sua visão de mundo. A ênfase nas interações positivas poderia refletir os seus desejos. Como Kropotkin se autodenominava anarquista e Darwin era basicamente apolítico, parece mais fácil conceber a influência da concepção de mundo do primeiro do que do segundo. Mas o relativo desinteresse de Darwin para questões políticas pode fazer com que ele tenha aceitado, mesmo que tacitamente, muitas ideias sociopolíticas de sua época. Ou seja, ninguém escapa destes fatores históricos. O simples desinteresse para com as condições políticas da época pode mesmo refletir o aceite em relação a essas condições.

As interações negativas são realmente mais importantes para a sobrevivência dos organismos, para a dinâmica de populações ou para a estruturação de comunidades, como o desenvolvimento atual da ciência ecológica parece corroborar? Ou isso em parte reflete os contingentes históricos e a visão de mundo predominante, sem uma referência direta aos processos determinantes na natureza? Em outras palavras, há uma correspondência forte entre epistemologia e ontologia neste caso em especial? Ou não necessariamente?

#### 4.2.4 Ecologia aplicada

Diferentemente dos outros tópicos abordados sobre a estrutura dos livros, a importância dada à ecologia aplicada foi relativamente similar entre as quatro obras tratadas (fig. 10). Os percentuais variaram entre 10,3%, em Ricklefs (2011), e 13,7%, em Cain, Bowman e Hacker (2011). Begon, Townsend e Harper (2007) e Odum (2004) tiveram valores intermediários, com 13,5% e 11,8%, respectivamente.



**Figura 10.** Percentual de cada livro dedicado à Ecologia Aplicada. 1. Ricklefs (2011), 2. Cain, Bowman, Hacker (2011), 3. Begon, Townsend, Harper (2007), 4. Odum (2004).

O percentual médio dos livros dedicado à ecologia aplicada é de 12,3%. Considerando o número de páginas de conteúdo de cada livro, isto é, descontando as páginas de glossário, referências, etc. estes 12,3% representam uma média de 80 páginas.

A visão praticista da ecologia certamente consideraria como pequeno o percentual dedicado à ecologia aplicada encontrado nestas obras. No entanto, devemos considerar que são livros básicos de ecologia para o ensino superior. Quanto maior o percentual em aplicações, menor é

a dedicação à ecologia como ciência básica. Embora, como já enfatizado, essa relação não seja linear: a ecologia aplicada se nutre da ecologia básica, e esta recebe novos problemas daquela.

A questão principal é que justamente nestes livros é que se encontra a ciência básica fora de artigos e com uma perspectiva didática. Se eles estiverem repletos de ciência aplicada, realmente fica pequeno o espaço para a ciência básica. Mas, sem dúvida, a inclusão de aplicações nestes livros é muito bem vinda, porque pode despertar essa perspectiva nos alunos, fazendo-os muitas vezes se interessar mais pelo tema. Em geral um assunto científico que possa contribuir de maneira prática à sociedade atual gera mais interesse que um assunto simplesmente de cunho intelectual. Ou seja, além de “prazer intelectual”, a ciência aplicada fornece um prazer pela possibilidade de aplicar o conhecimento de forma prática na resolução ou antecipação de problemas. Esse pode ser um dos motivos para que esta possua mais adeptos em algumas áreas. Mas, certamente, isso não desqualifica a pesquisa básica, porque, como já vimos, ela também gera um conhecimento que possivelmente será utilizado na pesquisa aplicada, além de contribuir para a cultura da sociedade.

Dessa forma, talvez seja interessante um percentual em torno de 10% e 15% do livro com um assunto de cunho aplicado. Isso pode ser válido para as ciências em geral, mas certamente não para as técnicas, como as engenharias e as tecnologias sociais, por exemplo. Nestas, a aplicação deve consistir na maior parte do livro, visto que haveria a possibilidade de encontrar o conhecimento básico nos livros das ciências de interesse. Por exemplo, um engenheiro mecânico poderia consultar obras de matemática e física quando necessário.

Na ecologia essa questão é um pouco mais complexa pelas particularidades desta disciplina, além da falta de consenso sobre o que ela trata ou deveria tratar, como vimos nos tópicos sobre as definições de ecologia (4.1.2) e sobre os níveis de organização biológica em que ela precisaria se ater (4.1.3).

Em todo caso, vejamos no que consiste aquilo que chamamos de *ecologia aplicada* neste trabalho. Em Ricklefs (2011) foram incluídos os subcapítulos da Introdução denominados “Os humanos são uma parte importante da biosfera” e “Os impactos humanos no mundo natural têm se tornado crescentemente um foco da ecologia”; além deles, foi incluída a última parte inteira (chamada “Aplicações Ecológicas”), com seus três capítulos nomeados “Ecologia da Paisagem”, “Biodiversidade, Extinção e Conservação” e “Desenvolvimento Econômico e Ecologia Global”.

Em Cain, Bowman e Hacker (2011), considerou-se sua última parte intitulada “Ecologia Aplicada e de Larga Escala”, com seus três capítulos, nomeadamente, “Biologia da Conservação”, “Ecologia de Paisagem e Manejo de Ecossistemas” e “Ecologia Global”. Diferentemente dessas duas obras, Begon, Townsend e Harper (2007) não deixaram as aplicações para a última parte do livro, mas tornaram-na o último capítulo de cada uma das três partes nomeadas “Organismos”, “Interações” e “Comunidades e Ecossistemas”. A ecologia aplicada está contida no fim de cada uma destas partes. São três capítulos, portanto. Seus títulos são: “Aplicações ecológicas nos níveis individual e populacional: restauração, biossegurança e conservação”, “Aplicações ecológicas no nível das interações entre populações: controle de pragas e manejo de exploração” e “Aplicações ecológicas nos níveis das comunidades e ecossistemas: manejo com base na teoria da sucessão, teias alimentares, funcionamento do ecossistema e biodiversidade”.

Em Odum (2004), considerou-se como ecologia aplicada quatro dos sete capítulos da Parte intitulada “Aplicações e Tecnologia”. Esses capítulos tem por título “Recursos”, “Poluição e Saúde Ambiental”, “Ecologia da Radiação” e “Para uma Ecologia Humana Aplicada”.

Isso mostra, em linhas gerais, que a ecologia tem muito a contribuir nas mais diferentes áreas. Entre as mais importantes, podemos destacar a biologia da conservação, o manejo de ecossistemas e o desenvolvimento. Considerando que este último termo (desenvolvimento) foi utilizado na sua forma limitada de desenvolvimento econômico por Ricklefs (2011), embora ele esteja enfatizando a importância da dimensão ambiental para a produtividade econômica, é necessário novamente destacar que o nosso objetivo não deve ser a busca de um maior desenvolvimento econômico apenas. Desenvolvimento deve ser entendido na sua integralidade, incluindo as dimensões biológica, econômica, política e cultural, como enfatizou Bunge (1980), sem esquecer a dimensão ambiental. Dado que muitas vezes o chamado *desenvolvimento* é entendido de diferentes maneiras – frequentemente como crescimento ou desenvolvimento econômico – talvez o melhor seja utilizarmos e lutarmos por outro conceito, por exemplo, o de *soberania popular*, como definido por Reis (2013a).

Em todo caso, é necessário enfatizar que o que é tratado como ecologia aplicada nestes livros é na verdade uma mescla de ciência e outras atividades, como a própria técnica e questões mais gerais (e multifatoriais) como o desenvolvimento. O entendimento da ecologia aplicada como uma área da ciência (ciência aplicada) é mais bem abordado pelos três capítulos de Begon, Townsend e Harper (2007). Isso não significa que os livros de ecologia não devem

possuir essas questões mais gerais, mas apenas que é preciso distinguir – sem perder de vista suas relações – entre ciência e outros tipos de atividade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo discutir, a partir de um viés filosófico, temas básicos apresentados em livros didáticos de ecologia para utilização no ensino superior. Estes temas básicos envolveram desde a concepção dos autores sobre o que caracteriza a atividade científica, passando pelo escopo da ecologia e sua importância, até o destaque dado às diferentes áreas da ecologia, incluindo a ecologia aplicada.

As quatro obras analisadas consideram a ecologia uma atividade científica. No entanto, foi encontrada uma grande variação nas suas definições (**tópico 4.1.2**). Desde autores que explicitamente consideram-na um ramo da biologia (Cain, Bowman e Hacker, 2011), até aqueles que a definiram de forma tão ampla que englobaria todas as outras disciplinas científicas (Odum, 2004).

Dois dos quatro livros analisados trataram explicitamente sobre características gerais da ciência (**tópico 4.1.1**). Destacou-se sua natureza inacabada e cambiante e apresentou-se uma determinada concepção do chamado método científico (Ricklefs, 2011; Cain, Bowman e Hacker, 2011).

A variação também foi considerável quanto aos níveis de organização próprios à ecologia (**tópico 4.1.3**). Houve autores que enfatizaram o organismo como unidade fundamental (Ricklefs, 2011), enquanto outros deram prioridade ao nível ecossistêmico (Odum, 2004). Além disso, alguns mencionaram a importância de níveis como o molecular (Cain, Bowman e Hacker, 2011) e outros incluíram o nível da biosfera no estudo da ecologia (Ricklefs, 2011; Cain, Bowman e Hacker, 2011).

Quanto à ênfase na teoria evolutiva (**tópico 4.1.4**), alguns autores realmente destacaram sua importância (Ricklefs, 2011; Cain, Bowman e Hacker, 2011), mas outros sequer a mencionaram em seu capítulo introdutório (Odum, 2004). Isso refletiu numa grande diferença entre as obras quanto ao número de capítulos tendo a evolução como tópico central.

Foi examinada, também, a argumentação dos autores para justificar a importância da ecologia (**tópico 4.1.5**). Todos eles mencionaram aspectos práticos relacionados à necessidade de compreender o mundo natural para que se possa reverter ou mesmo antecipar os problemas ambientais. Uma das obras, inclusive, afirmou a necessidade de os ecólogos assumirem seu

papel totalmente endereçado a esses problemas (Begon, Townsend e Harper, 2007). No entanto, apenas uma obra enfatizou a importância da ecologia na geração de conhecimento sem que se tenha em vista necessariamente os problemas ambientais (Ricklefs, 2011). Isto é, na importância da ciência e da ecologia como atividade cultural. Considerando apenas o capítulo introdutório dos livros analisados, houve grande desconsideração pelo aspecto histórico da ecologia e uma ausência total da menção à teoria como elemento importante na atividade científica.

Em relação à estrutura geral dos livros (**tópico 4.2**), a Introdução possuiu sempre um número de páginas menor do que a média do número de páginas dos outros capítulos, mas variando desde duas (Begon, Townsend e Harper, 2007) até 19 páginas (Ricklefs, 2011; Cain, Bowman e Hacker, 2011) (**tópico 4.2.1**, fig. 7). A importância dedicada aos níveis de organismos, populações, comunidades e ecossistemas também foi bastante variável (**tópico 4.2.2**), com obras que apresentaram desde 45% (Begon, Townsend e Harper, 2007) até 9% (Odum, 2004) do seu conteúdo em ecologia de comunidades e desde 8% (Begon, Townsend e Harper, 2007) até 42% (Odum, 2004) em ecologia de ecossistemas (fig. 8).

A respeito das interações entre organismos (**tópico 4.2.3**), foi encontrado um padrão em que interações negativas foram sempre muito mais abordadas do que interações positivas (fig. 9). Devido a isso, duas hipóteses foram propostas e discutidas. Uma afirma que há maior importância de interações negativas na sobrevivência dos organismos, na dinâmica de populações ou na estruturação de comunidades, enquanto a outra propõe que a ecologia teve um maior desenvolvimento de estudos com interações negativas devido a aspectos históricos e de concepção de mundo dos pesquisadores, sem que isso reflita numa maior importância desse tipo de interação na natureza.

Por fim, analisou-se a ecologia aplicada (**tópico 4.2.4**). Foi encontrado um padrão em que aproximadamente 12% do conteúdo dos livros é dedicado a essa área (fig. 10). A partir daí se discutiu a importância do conteúdo aplicado em livros didáticos, mas fazendo uma ressalva de que no caso de disciplinas de ciência básica é importante que esse tema não ultrapasse o percentual encontrado. Para os estudantes com interesse principal em ecologia aplicada, é mais razoável que busquem livros nessa área especificamente do que incluir mais conteúdo aplicado nos livros básicos de ecologia. Isso é importante de se ressaltar porque há uma demanda cada vez maior para a solução de problemas ambientais, o que é absolutamente legítimo. No entanto, o melhor caminho certamente não é enfraquecer a ciência básica. Por isso os livros básicos dedicados a cursos de ecologia (como é o caso daqueles que foram

analisados) não deveriam dedicar mais do que já dedicam a ecologia aplicada. Não tratá-la, contudo, é deixar de lado parte importante da ecologia, além de não interagir com problemas cruciais de nossa sociedade. Certamente o melhor a fazer não é desconsiderar a dimensão aplicada da ecologia, como muitos livros antigos faziam. A média de 12% de ecologia aplicada foi considerada um bom percentual. No entanto, o que é tratado com essa temática é, na verdade, uma mistura de ciência aplicada e técnica, envolvendo, naturalmente, determinados valores éticos. Não se tratou, portanto, apenas de um conhecimento científico aplicado.

Este trabalho pretendeu observar a ecologia com “olhos mais amplos”, através do tratamento a questões de fundo que estão muitas vezes latentes na prática dos cientistas, isto é, questões que permeiam a ciência mas que normalmente não são debatidas entre os que a praticam. Envolve, por isso, aspectos filosóficos e, mais comumente, epistemológicos. Entre essas questões, foi abordado o “método científico”; as distinções e relações entre ciência básica, ciência aplicada e técnica; o problema reducionismo/holismo; e os pressupostos da ciência, além de vários outros temas. Esperamos que o tratamento a essas questões, junto à discussão dos resultados encontrados nos livros didáticos, possa clarear certos aspectos importantes que estão na base da atividade científica e, especialmente, da ciência ecológica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAMBIRRA, Vania. **Teoria de la dependencia**: una anticrítica. Cidade do México: Era, 1978.
- BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin; HARPER, John **Ecologia**: de Indivíduos a Ecosistemas. Tradução de Paulo Luiz de Oliveira. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BERTALANFFY, Ludwig von. **General system theory**: Foundations, development, applications. Edição revisada. New York: George Braziller, 1968.
- BOOKCHIN, Murray. **The Philosophy of Social Ecology**: Essays on Dialectical Naturalism. Montreal: Black Rose Books, 1996.
- BUNGE, Mario. **Ciência e Desenvolvimento**. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.
- \_\_\_\_\_, Mario. **Buscar la Fiosofía en las Ciencias Sociales**. México: Siglo Veintiuno Editores, 1999.
- \_\_\_\_\_, Mario. **Epistemología**. Curso de actualización. 3º ed. Barcelona: Ariel, 2002.
- \_\_\_\_\_, Mario. **Emergence and Convergence**: Qualitative novelty and the unity of knowledge. University of Toronto Press, 2003.
- \_\_\_\_\_, Mario. **Caçando a Realidade: a Luta pelo Realismo**. Tradução de Gita K. Guinsburg. São Paulo: Perspectiva, 2010.

- CAIN, Michael; BOWMAN, William; HACKER, Sally. **Ecologia**. Porto Alegre. Artmed, 2011.
- CASTRO, Thaís; EL-HANI, Charbel. O uso do conceito de propriedades emergentes e de conceitos relacionados em livros didáticos de biologia do ensino superior. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2003. (Apresentação de Trabalho/Comunicação)
- CRUZ, Leila; ROCHA, Pedro; EL-HANI, Charbel. A prática científica na ecologia de comunidades: Diálogos entre empirismo e teoria na literatura científica. **Filosofia e História da Biologia**, v.2, n.1, p. 257-278, 2007.
- CUPANI, Alberto. A propósito do “*ethos*” da ciência. **Episteme**. v.3, n.6, p.16-38, 1998.
- DARWIN, Charles. **The origin of species by means of natural selection** or the preservation of favoured races in the struggle for life. 6 ed. London: John Murray, 1872.
- DE LAPLANTE, Kevin. Toward a more expansive conception of ecological science. **Biology and Philosophy**. v.19, p.263-281, 2004.
- DE WAAL, Frans. **A Era da Empatia**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- DIAZ-POLANCO, Ector. **El canon Snorri: diversidad cultural y tolerancia**. México: Universidade Autônoma da Cidade do México, 2004.
- FERNANDEZ, Fernando. **O poema imperfeito: Crônicas de Biologia, Conservação da Natureza e seus Heróis**. 2ed. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná, 2009.
- FEYERABEND, Paul. **Contra o Método**. São Paulo: Editora UNESP, 2007.
- FOX, Jeremy. The intermediate disturbance hypothesis should be abandoned. **Trends in Ecology & Evolution**. v.28, n.2, p.86-92, 2013.
- GOULD, Stephen Jay. **The Mismeasure of Man**. New York: W. W. Norton, 1981.
- HAACK, Susan. **Manifesto de uma moderada apaixonada: ensaios contra a moda irracionalista**. Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio, 2011.
- HUME, David. **Investigações sobre o entendimento humano e sobre os princípios da moral**. São Paulo: Editora UNESP, 2004.
- JABLONKA, E. & LAMB, M. **Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.
- KROPOTKIN, Piotr. **Ajuda Mútua: um fator de evolução**. São Sebastião: A Senhora Editora, 2009. Tradução baseada na edição publicada por Heinemann, Londres, 1902.
- KUHN, Thomas. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 2 ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1987.
- LAKATOS, Imre. **The Methodology of Scientific Research Programmes: Philosophical Papers Volume 1**. Cambridge: Cambridge University Press, 1977.
- LASZLO, Ervin. **Introduction to systems philosophy**. New York: Gordon and Breach, 1972.
- LEVINS, Richard; LEWONTIN, Richard. Dialectics and Reductionism in Ecology. **Synthese**. v.43, n.1, p.47-78, 1980.
- LEWONTIN, Richard. Gene, organism and environment. In **Evolution from Molecules to Men**. DS Bendall, ed.: 273-285. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

- LÖWY, Michael. **O Pensamento de Che Guevara**. 2 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.
- LUTZENBERGER, José. **Garimpo ou Gestão: crítica ecológica ao pensamento econômico**. Porto Alegre: Mais Que Nada Administração Cultural, 2009.
- MARINI, Ruy Mauro. **Dialéctica de la dependencia**. México: Ediciones Era, 1973.
- MAYR, Ernst. **Isto é biologia: a ciência do mundo vivo**. Tradução de Claudio Angelo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- MERTON, Robert. **Teoría y Estructura Sociales**. México-Buenos Aires. Fondo de Cultura Económica, 1964.
- NAESS, Arne. The shallow and the deep, long-range ecology movement. A summary. **Inquiry**. v.16, n.1, p.95-100, 1973.
- NAGEL, Ernst. **The Structure of Science**. London: Routledge & Kegan Paul, 1961.
- ODLING-SMEE, John. Niche-constructing phenotypes. In **The Role of Behavior in Evolution** HC Plotkin, ed.: 73-132. Cambridge MA: MIT Press, 1988.
- ODLING-SMEE, F.J., LALAND, K.N., FELDMAN, M.W. **Niche Construction: The Neglected Process in Evolution**. Princeton: Princeton University Press, 2003.
- ODUM, Eugene. **Ecologia**. Traduzido por Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988.
- \_\_\_\_\_, Eugene. **Fundamentos de Ecologia**. Tradução de António Manuel de Azevedo Gomes. 7 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.
- PASCAL, Acot. **História da Ecologia**. Tradução de Carlota Gomes. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1990.
- PELLETIER, F., GARANT, D., HENDRY, A.P. Eco-evolutionary dynamics. **Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences**. v.364, n.1523, p.1483-1489, 2009.
- PETERS, Robert 1991. **A Critique for Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- PIGLIUCCI, Massimo & MULLER, Gerd. **Evolution: the extended synthesis**. Cambridge: MIT Press, 2010.
- POPPER, Karl. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1993.
- \_\_\_\_\_, Karl. **Conjecturas e refutações: o progresso do conhecimento científico**. Brasília: Editora da UNB, 1994.
- PORTO-GONÇALVES, Carlos. A ecologia política na América Latina: reapropriação social da natureza e reinvenção dos territórios. **Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis**. v.9, n.1, p.16-50, 2012.
- PRADO, Fernando; MEIRELES, Monika. Teoria marxista da dependência revisitada: elementos para a crítica ao novo desenvolvimentismo dos atuais governos de centro-esquerda latinoamericanos. In: **Encruzilhadas da América Latina no século XXI**. Rodrigo Castelo (org.). Rio de Janeiro: Pão e Rosas, 2010.
- PRADO, Fernando; CASTELO, Rodrigo. O início do fim? Notas sobre a teoria marxista da dependência no Brasil contemporâneo. **Revista Pensata**. v.3, n.1, 2013.

REIS, Claudio. Reflexões por uma sociedade soberana. **Revista Habitus**. v.11, n.2, 2013a (publicação prevista para dezembro).

\_\_\_\_\_, Claudio. A argumentação darwiniana em *A Origem das Espécies*: de casos específicos a princípios gerais. **Filosofia e História da Biologia**. v.8, n.1, p.39-59, 2013b.

REIS, Verusca. O retorno ao *ethos* mertoniano na ‘ciência pós-acadêmica’ de John Michael Ziman. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v.2, n.1, p.194-210, 2011.

RICKLEFS, Robert. **A Economia da Natureza**. Tradução de Pedro Paulo de Lima-e-Silva. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

SANTOS, Theotônio dos. **Imperialismo y Dependencia**. Cidade do México: ERA, 1978.

SCHEINER, Samuel. The ecological literature, an idea-free distribution. **Ecology Letters**. v.16, n. 12, p.1421-1423, 2013.

SLOBODKIN, Lawrence. The good, the bad and the reified. **Evolutionary Ecology Research**. v.12, n.3, p.1-13, 2001.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. Traduzido por Gilson Rudinei Pires Moreira. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

WEZEL, A.; BELLON, S.; DORÉ, T.; FRANCIS, C.; VALLOD, D.; DAVID, C. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. v. 29, n. 4, p.503-515, 2009.