



(Foto: F.R. Scarano. Reprodução)

Fim de tarde do povo Wayana, na aldeia de Apetina, às margens do rio Tapanahony, Suriname.

# Ecologia: do conhecimento sistêmico ao transformador

É preciso tratar o componente humano como parte indissociável do que entendemos como natureza

\* Fabio Rubio Scarano

\* Anna Carolina Fornero Aguiar

## Resumo

A Ecologia surgiu, por definição, como uma ciência do todo. Em seguida, pulverizou-se em módulos reducionistas, porém importantes para diversas aplicações práticas em problemas ambientais variados. Hoje, diante da crise sistêmica planetária, a Ecologia volta à sua natureza transdisciplinar e compõe o elenco de contribuições científicas voltadas para a transição em direção a um mundo mais sustentável. Este artigo propõe que o uso dos termos “básico” e “aplicado” não são apropriados para a ciência ecológica, por conta de um vaivém contínuo e, por vezes, indistinguível entre teoria e prática. São apresentadas outras duas alternativas de categorização do conhecimento ecológico. Em seguida, o artigo traça uma distinção entre ecologia *stricto sensu* e ecologia *lato sensu* – esta

última no sentido do que hoje se agrupa sob uma variedade de “ecologias” ditas “integrais”. Nesse ponto, a ciência trava um diálogo com movimentos sociais como o ambientalismo, reforçando sua potência transformadora. Concluímos com a reflexão que, no tempo atual, talvez a ação mais “básica” na ciência ecológica seja também a mais “aplicada”: tratar o componente humano como parte indissociável do que entendemos como natureza.

**Palavras-chave:** Ecologia integral; Ecosofia; História da ecologia; Natureza; Transdisciplinaridade.

## Introdução

Em 1866, Ernst Haeckel cunhou o termo Ecologia e o definiu como sendo o total das relações do organismo com o meio abiótico e biótico ao seu redor, incluindo, em um contexto mais amplo, todas as condições para a sua existência [1]. Os críticos dizem que se isso fosse Ecologia, seria difícil determinar o que não era [2]. O fato é que a Ecologia é uma ciência essencialmente integrativa, cuja prática requer um constante exercício de conexão e diálogo entre disciplinas e entre diferentes escalas e níveis hierárquicos de observação [3]. Repare a preocupação com tais hierarquias nesta definição: “Ecologia é o estudo científico de processos que influenciam a distribuição e abundância de organismos, a interação entre organismos e a transformação de fluxo de energia e matéria” [4].

Ainda que o termo tenha surgido em meados do século XIX, a emergência da Ecologia como prática científica só se

**“A Ecologia é uma ciência essencialmente integrativa, cuja prática requer um constante exercício de conexão e diálogo entre disciplinas e entre diferentes escalas e níveis hierárquicos de observação.”**

daria no início do século XX [2], de forma a preencher a lacuna existente entre fisiologia e biogeografia [3]. Decerto que esse início vinha carregado de influências da história natural, demografia humana, biometria e dos problemas práticos da medicina e da agricultura, assim como, claro, do pensamento de Darwin.

Entretanto, este campo que emerge como uma espécie de “estudo do todo” não escapa ao cacoete reducionista da ciência moderna e logo se vê fragmentado em dois paradigmas: o populacional (ou evolutivo) e o ecossistêmico. Mais que isso, se daria uma subdivisão ainda mais aguda dentro de cada um dos paradigmas. Portanto, as chamadas ecologia genética, ecofisiologia, ecologia populacional e ecologia de comunidades pendem para um lado, enquanto que a ecologia de ecossistemas, de paisagens e a biogeoquímica pendem para outro [3]. Mas a redução não para por aí: aquático *versus* terrestre, animal *versus* vegetal, microbiana, humana. Esta última é particularmente sintomática do fato das palavras “natureza”, “biodiversidade” [5] e também “ecologia” serem automaticamente relacionadas ao não humano. Quando o componente humano é incluído, ele vem como adjetivo: ecologia humana, natureza humana, diversidade humana.

Esta pulverização da Ecologia talvez seja o que levou o filósofo britânico Timothy Morton a afirmar que ela transformou o meio ambiente em uma gigantesca biblioteca, um livro sem índice da natureza [6]. Se o projeto cartesiano era o de reduzir o todo às suas partes, para primeiro entender as partes e depois compreender o todo [7], não seria o momento de integramos as partes da Ecologia?

## Ciência básica, sistêmica ou útil?

Este número de *Ciência & Cultura* se debruça sobre a ciência básica, que pressupõe a existência de seu par dicotômico, ciência aplicada. Essa classificação decorre de uma leitura de ciência como algo voltado para dois fins: o de ampliar o conhecimento humano acerca das coisas e o de aportar soluções aos problemas que afligem o planeta [8]. Contudo, nosso argumento aqui é que essa distinção entre básica e aplicada não se adequa plenamente à Ecologia como ciência. Enxergamos como um gradiente, no tempo e espaço, entre o conhecimento gerado e seu eventual uso. Até porque é de se esperar que, ao se ampliar o conhecimento humano, aumenta-se muito a chance que problemas práticos possam ser solucionados a partir desse saber.



De fato, a Ecologia se propõe a solucionar problemas como o da conservação de biodiversidade, da preservação de mananciais hídricos, do controle do aquecimento global, entre outros. Porém, para ter sucesso nessas metas, precisa antes ter um profundo conhecimento acerca do seu objeto de investigação: a natureza biológica, incluindo elementos vivos e não-vivos, humanos e não-humanos. Isso, por sua vez, requer teorias robustas e uma boa tradução para a prática. Ou seria o contrário (Figura 1)?

A Ecologia, enquanto ciência, tem uma característica paradoxal. O filósofo francês Michel Foucault se referia às disciplinas biológicas como

“disciplinas ainda imprecisas e que talvez estejam destinadas a permanecer abaixo da fronteira da cientificidade” [9]. Peters (1991), ainda mais crítico, classificava a ciência ecológica como “fraca”, incapaz de lidar com os desafios ambientais [10]. É indiscutível que tal rigor pode se fundar no fato da perda de biodiversidade, por exemplo, aumentar há décadas [11]. Mas, por outro lado, onde estaríamos se a Ecologia e sua derivada Biologia da Conservação não fossem tão prolíficas em teoria e prática? Não seria bem pior? De fato, os mais otimistas quanto à natureza da Ecologia enquanto ciência enxergam avanço no poder preditivo e explanatório de suas teorias

[3,12]. Entre eles há também aqueles que creem na força dos estudos de casos voltados para a solução de problemas ambientais. Acreditam que daí possam emergir futuras teorias ecológicas robustas [8,13].

Uma vez que a Ecologia caminha tanto da teoria para a aplicação, como da aplicação para a teoria, a distinção entre ciência básica e aplicada não parece apropriada. A Tabela 1 apresenta outras duas classificações de conhecimento científico que nos parecem mais adequadas ao conhecimento ecológico, e suscitam um paralelo com a distinção básico-aplicado [Tabela 1].

A de Jahn e colaboradores [14] se volta para conhecimento transdisciplinar (no qual a ecologia frequentemente se enquadra) e denomina de “conhecimento sistêmico” aquele que se volta para o entendimento de um determinado caso ou fenômeno. Seria análogo ao que Stokes [15] chama de “básico”. O “conhecimento orientador” é aquele que se requer para a tomada de decisão, enquanto o “transformador” se refere ao modo de realizar esta decisão [14]. Orientador e transformador estão no campo que Stokes chamaria de “aplicado”. Tal sistema [14] encontra relação também com a usabilidade da ciência. O termo “aplicado” parece sugerir que ela tem sentido prático, utilitário, enquanto o “básico” não o teria. Já Lemos [16] explica que toda ciência é potencialmente útil, mesmo que ela não seja imediatamente usável ou ainda não esteja pronta para o uso. Visto dessa forma, o conhecimento ecológico ao qual estamos dando tratamento aqui



(Foto: Adriano Gambarini/WWF-Brasil. Reprodução)

Figura 1. A Ecologia se propõe a solucionar problemas como o da conservação de biodiversidade, da preservação de mananciais hídricos, do controle do aquecimento global, entre outros.

**Tabela 1.** Tipos de ciência ou conhecimento, segundo distintas taxonomias. Em negrito, os modos análogos à chamada “ciência básica”.

<b>Autores</b>	<b>Tipos de ciência ou conhecimento científico</b>		
Stokes [15]	básico	aplicado	
Jahn <i>et al.</i> [14]	sistêmico	orientador	transformador
Lemos [16]	útil	usável	pronto para uso

(Fonte: Autores)

é sistêmico e útil, já que permite o vaivém entre teoria e prática, conceituação e uso.

## Ecologia *Stricto Sensu* e *Lato Sensu*

Voltemos à questão inicial: já que a Ecologia é uma ciência integrativa, não seria o momento de reconectarmos as suas partes fragmentadas? Nisso, lembramos três visões dentre as mais antigas da Ecologia (no seu sentido mais estrito), ainda que fora de sua ordem cronológica.

Começemos por Hutchinson, que desenvolveu o conceito de nicho ecológico na década de 1950 (que dá importância às interações, especialmente competitivas entre espécies). Paradoxalmente, seus próprios discípulos seriam os fundadores dos dois paradigmas teóricos já mencionados: a ecologia de ecossistemas (de Lindemann e Odum, dedicada à compreensão sobre o funcionamento de ecossistemas e seus fluxos de energia e matéria) e a ecologia evolutiva (com suas disputas acerca de estratégias de espécies, representadas pelas teorias de nicho do próprio Hutchinson

**“Quando a Ecologia interage com outros campos com os quais faz fronteiras, fica ainda mais evidente que teorias e paradigmas fragmentados e dispersos por distintas áreas do conhecimento podem, juntos, permitir um tratamento sistêmico à realidade que o Antropoceno impõe.”**

e a teoria de biogeografia de ilhas de MacArthur e Wilson). É curioso que um único cientista, Hutchinson, tenha estado em algum grau envolvido com visões que ainda hoje a ciência tem dificuldade de sintetizar (Huneman [17] traz detalhada revisão histórica sobre este debate). Todas essas teorias e paradigmas, ainda que fragmentadas em disciplinas, são fundamentais para entendermos o processo de sucessão ecológica, que por sua vez é o conhecimento sistêmico que permite o desenvolvimento transformador da restauração ecológica. Todo o entendimento de áreas mínimas para conservação de espécies se deve muito à teoria de biogeografia de ilhas, mas também às demais acima citadas. E, claro, as disciplinas da restauração ecológica e da biologia da conservação regularmente suscitam novas perspectivas teóricas para a Ecologia como ciência. De novo, nota-se o vaivém básico-aplicado. Quem sabe o conhecimento transformador destas duas disciplinas ditas aplicadas, conservação e restauração, não auxilie uma síntese das teorias ecológicas?

Quando a Ecologia interage com outros campos com os quais faz fronteiras, fica ainda mais evidente que teorias e paradigmas fragmentados e dispersos por distintas áreas do conhecimento podem, juntos, permitir um tratamento sistêmico à realidade que o Antropoceno impõe. Por exemplo, a emergência e reemergência de zoonoses são fortemente associadas às mudanças e degradação ambiental. Eventos como a

pandemia de Covid-19, as gripes aviária e suína, Ebola e Zika demonstram a interdependência entre a saúde humana, animal e dos ecossistemas. Além disso, já é conhecido que locais com perda de biodiversidade, alta densidade demográfica e intensas atividades antrópicas têm maior potencial de sediar surtos pandêmicos [18]. O conceito de “Saúde Única” (do inglês “One Health”, criado em 2004) destaca essa interdependência e integra campos como a Medicina, a Veterinária e a Ecologia para lidar de forma holística com as ameaças zoonóticas [19]. Trata-se de uma abordagem sistêmica, certamente útil e potencialmente transformadora no sentido de prevenir epidemias e pandemias zoonóticas (Figura 2).

No *lato sensu* da Ecologia, portanto, caem as fronteiras entre disciplinas. Ainda mais antigo que o exemplo da Saúde Única – mas em uma perspectiva semelhante – veja os casos de Alexander Von Humboldt e da dupla Lynn Margulis e James Lovelock. Humboldt, naturalista alemão que viajou extensamente na região norte-amazônica vizinha ao Brasil, descrevia a Terra como um todo natural animado e a vida como uma grande cadeia de causas e efeitos, na qual nada poderia ser considerado de forma isolada [20]. Sua publicação em cinco volumes, produzidos entre 1845 e 1862 (note que anterior ao termo “Ecologia” ser cunhado por Haeckel em 1866), ele chamou de “Kosmos”, mas cogitou chamar de “Gäa”, em referência à deusa grega. Gaia, porém, seria o nome dado à teoria de Lovelock e Margulis, nos anos 1970, sobre



a capacidade autorregulatória, a interdependência e a interconectividade de toda a vida na Terra [21]. Ainda que esses pensadores não sejam frequentemente associados à ciência ecológica, o são, até por, de alguma forma, nos remeterem às “ecologias integrais”.

## Ecologias Integrais

A ciência é um fenômeno cultural e, portanto, abraça ou provoca o espírito do tempo. Quase que em paralelo a Darwin, Haeckel e o surgimento da Ecologia como ciência, crescia o ambientalismo como movimento social. Em um primeiro momento, o ambientalismo é romântico, em alguns casos, quase anti-humano, e isso gradualmente caminha para uma perspectiva mais socialmente engajada, dando origem à ecosofia (filosofia ecológica), à ecologia radical e outras linhas análogas, que chamaremos coletivamente de “ecologia integral”. Charles Fourier (1772-1837) foi precursor nesse

cenário. Sua utopia anárquica – que propunha recriar de forma radical um “mundo amoroso” – teria influenciado o marxismo, o feminismo e o movimento hippie [22,23]. Linhas como a ecosofia de Felix Guattari (1930-1992) e a ecologia profunda de Arne Naess (1912-2009) vão além da ecologia como sendo pertinente ao “não-humano” e podem ser agrupadas em meio a uma variedade de “ecologias integrais”, como as chamou o Papa Francisco I. Ecologias integrais combinam a ecologia ambiental, com a social, com a individual (que é corpórea, mental e espiritual), remetendo a um estado futuro no qual humanos e não-humanos estão integrados em relações naturais e sustentáveis [24].

Diante disso, a ciência ecológica é, no mínimo, cofundadora da ciência da sustentabilidade. De forma mais arrojada, talvez se possa dizer que a ciência da sustentabilidade nada mais seja do que a ciência ecológica holística, do todo, como Haeckel originalmente propunha.

“Diante da crise sistêmica que o planeta atravessa, em grande medida causada pela impressão de controle que o ser humano tem sobre o próximo e sobre a natureza não-humana, talvez a coisa mais básica a se fazer seja também a mais aplicada: perceber, como dizia Sócrates, que para entendermos a nossa natureza, precisamos entender a natureza do todo.”

Por outro lado, críticos rotulam várias abordagens de ecologia integral como não-científicas, ou poéticas, ou panfletárias, ou ainda esotéricas. Seria esse o caso? As datas acima mostram o paralelismo que há entre a ciência e a cultura, as teorias e os movimentos sociais, o suposto realismo científico, os sonhos e as utopias. Afinal, separar esses lados em nós não seria também uma forma de reducionismo?

## Considerações Finais

Palavras dizem muito sobre as transformações culturais. A palavra “natureza” em nenhum dos idiomas falados na Terra significa, na sua raiz etimológica, o “não-humano” [5]. Da mesma forma, “biodiversidade” não exclui o humano, nem tampouco “biosfera”, ou “ecossistema”. O ser humano é natureza, é biodiversidade, compõe a biosfera, e tanto faz parte quanto é um ecossistema. Somos ecologia na medida em que o mundo é nossa casa



(Foto: Muhammad Mahdi Karim/Wikipedia. Reprodução)

**Figura 2.** A emergência e a reemergência de zoonoses são fortemente associadas às mudanças e às degradações ambientais.

comum e somos casa para o mundo. Somos natureza. Diante da crise sistêmica que o planeta atravessa, em grande medida causada pela impressão de controle que o ser humano tem sobre o próximo e sobre a natureza não-humana, talvez a coisa mais básica a se fazer seja também a mais aplicada: perceber, como dizia Sócrates, que para entendermos a nossa natureza, precisamos entender a natureza do todo. É nessa hora, que a Ecologia – a mais integral possível – poderá ajudar.

\* **Fabio Rubio Scarano** é titular da Cátedra Unesco de Alfabetização em Futuros do Museu do Amanhã, professor titular de Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e professor do Mestrado Profissional em Ciência da Sustentabilidade da PUC-Rio.

\* **Anna Carolina Fornero Aguiar** é bióloga, pós-doutora da Cátedra Unesco de Alfabetização em Futuros do Museu do Amanhã, e professora do Mestrado Profissional em Ciência da Sustentabilidade da PUC-Rio.

## Referências

- LÜTTGE, U.; SCARANO, F. R. Ecofisiologia. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 27, n. 1, 2004.
- KREBS, C. J. *Ecology*. Nova Iorque: Harper & Row, 1972.
- PICKETT, S. T. A.; KOLASA, J.; JONES, C. G. *Ecological understanding*. Nova Iorque: Academic Press, 1994.
- LIKENS, G. E. *Excellence in ecology 3: its use and abuse*. Oldendorf: Ecology Institute, 1992.
- SCARANO, F. R.; AGUIAR, A. C. F.; BRINK, E.; CARNEIRO, B. L. R.; HOLZ, V. L. Natureza: por que a palavra importa para a transição para a sustentabilidade? In: RUTA, C.; CONTINS, M. *Concepções de Natureza: debates contemporâneos*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2023, no prelo.
- MORTON, T. *Ecology without nature: rethinking environmental aesthetics*. Cambridge: Harvard University Press, 2007.
- THOMAS, C. G. Philosophy of research. In: THOMAS, C. G. *Research methodology and scientific writing*. Cham: Springer, 2021.
- SHRADER-FRECHETTE, K. S.; McCOY, E. D. *Method in ecology: strategies for conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- FOUCAULT, M. *The archaeology of knowledge*. London: Routledge, 1972.
- PETERS, R. H. *A Critique for ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- BRONDIZIO, E. S.; SETTELE, J.; DÍAZ S.; NGO, H. T. *IPBES (2019): Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn: IPBES Secretariat, 2019.
- MURRAY JR., B. G. Are ecological and evolutionary theories scientific? *Biological Review*, v. 76, n.2, 2001.
- KITCHER, P. Two approaches to explanation. *Journal of Philosophy*, v. 82, n. 11, 1985.
- STOKES, D. *O Quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica*. Campinas: Editora Unicamp, 2005.
- JAHN, T.; BERGMANN, M.; KEIL, F. Transdisciplinarity: between mainstreaming and marginalization. *Ecological Economics*, v. 79, 2012.
- LE MOS, M. C. Usable climate knowledge for adaptive and co-managed water governance. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 12, 2015.
- HUNEMAN, P. How the modern synthesis came to Ecology. *Journal of the History of Biology*, v. 52, 2019.
- MORSE, S. S.; MAZET, J. A. K.; WOOLHOUSE, M.; PARRISH, C. R.; CARROLL, D.; KARESH, W. B. et al. Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis. *Lancet*, v. 380, 2012.
- DESTOUMIEUX-GARZÓN, D.; MAVINGUI, P.; BOETSCH, G.; BOISSIER, J.; DARRIET, F.; DUBOZ, P. et al. The One Health concept: 10 years old and a long road ahead. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 5, 2018.
- WULF, A. *A invenção da natureza*. São Paulo: Planeta, 2016.
- LOVELOCK, J. E.; MARGULIS, L. Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis. *Tellus*, v. 26, 1974.
- MARCUSE, H. *Psychoanalysis, politics and utopia*. London: Repeater Books, 1970.
- ROELOFS, J. Charles Fourier: Proto-Red-Green. In: MACAULEY, D. *Minding nature: the philosophers of ecology*. London: The Guilford Press, 1996.
- MICKEY, S.; KELLY, S.; ROBERT, A. *A variety of integral ecologies*. Albany: Suny Press, 2017.