

SÉRIE SUSTENTABILIDADE

JOSÉ GOLDEMBERG

COORDENADOR

3

Espécies e Ecossistemas

FÁBIO OLMOS



Blucher

SÉRIE SUSTENTABILIDADE

Espécies e Ecossistemas

Blucher

SÉRIE SUSTENTABILIDADE

JOSÉ GOLDEMBERG

Coordenador

Espécies e Ecossistemas

VOLUME 3

FÁBIO OLMOS

Espécies e ecossistemas
© 2010 Fábio Olmos
Editora Edgard Blücher Ltda.



As imagens sem referência de créditos foram produzidas pelo autor

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar
04531-012 - São Paulo - SP - Brasil
Tel 55 11 3078-5366
editora@blucher.com.br
www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer meios, sem autorização escrita da Editora.

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

FICHA CATALOGRÁFICA

Olmos, Fábio
Espécies e ecossistemas / Fábio Olmos ; José
Goldenberg, coordenador - São Paulo : Blucher,
2011 - (Série sustentabilidade; v. 3).

ISBN 978-85-212-0573-9

1. Biodiversidade 2. Desenvolvimento
sustentável 3. Ecossistemas 4. Espécies
I. Goldenberg, José. II. Título. III. Série

10.12156

CDD-591.68

Índices para catálogo sistemático:

1. Ecossistemas e espécies

591.68

Agradecimentos

Este livro é resultado de um longo período de experiências vividas, lições aprendidas e conhecimento adquirido com autores e pessoas numerosas demais para serem aqui nomeadas sem que eu corra o risco de sérias omissões. Acredito que muitos irão reconhecer, ao longo do texto, o eco de conversas que tivemos, trabalhos que discutimos, separatas permutadas e viagens realizadas, e quero que saibam de minha profunda gratidão por compartilharem suas experiências e conhecimento comigo. Este livro também é resultado de um convite feito por Maria Tereza Jorge Pádua, responsável pela existência de uma parcela considerável do sistema brasileiro de Unidades de Conservação. Maria Tereza e Miguel Milano gentilmente leram o manuscrito original e fizeram várias sugestões, mas devo enfatizar que opiniões, erros e omissões são exclusivamente meus. Rita Souza suportou os momentos de foco excessivamente concentrado durante a gestação do texto e me ajudou a buscar informações. Todo livro é um projeto familiar e este não é exceção. Minha gratidão a todos.

A orobrassolis latusoris, Scada karschina delicata, Acanthagrion taxaensis, Diplodon kaseritzi, Sartor tucuruense, Characidium grajahuensis, Pristis perotteti, Steindachneridion doceana, Phrynomedusa fimbriata, Philydor novaesi, Myrmotherula snowi, Merulaxis stresemanni, Juscelinomys candango e tantos outros que tiveram seu direito à existência negado pelo povo brasileiro.

Deveríamos ter sido mais civilizados.

Um homem viajava num balão de ar quente quando descobriu que estava perdido. Resolveu então diminuir a altitude pra ver se conseguia se localizar, quando avistou um homem andando pelo campo.

— Olá, pode-me dizer onde estou, por favor?

— Pois não. O senhor está num balão de ar quente, a dez metros de altura do chão, nas coordenadas 24°S, 48°O.

— Você deve ser um cientista, não é?

— Sou sim, como o senhor sabia?

— Bem, a informação que você me deu é tecnicamente perfeita, só que não serve pra nada.

— Ah, o senhor deve ser um político!

— Sou mesmo, como você percebeu?

— O senhor não sabe onde está, nem aonde vai, mas de alguma forma quer que eu o ajude. E desde o início da conversa, o senhor está exatamente no mesmo lugar onde começou só que agora, por alguma razão, a culpa é minha.

Autor anônimo

Apresentação

Prof. José Goldemberg
Coordenador

O conceito de desenvolvimento sustentável formulado pela Comissão Brundtland tem origem na década de 1970, no século passado, que se caracterizou por um grande pessimismo sobre o futuro da civilização como a conhecemos. Nessa época, o Clube de Roma – principalmente por meio do livro *The limits to growth* [Os limites do crescimento] – analisou as consequências do rápido crescimento da população mundial sobre os recursos naturais finitos, como havia sido feito em 1798, por Thomas Malthus, em relação à produção de alimentos. O argumento é o de que a população mundial, a industrialização, a poluição e o esgotamento dos recursos naturais aumentavam exponencialmente, enquanto a disponibilidade dos recursos aumentaria linearmente. As previsões do Clube de Roma pareciam ser confirmadas com a “crise do petróleo de 1973”, em que o custo do produto aumentou cinco vezes, lançando o mundo em uma enorme crise financeira. Só mudanças drásticas no estilo de vida da população permitiriam evitar um colapso da civilização, segundo essas previsões.

A reação a essa visão pessimista veio da Organização das Nações Unidas que, em 1983, criou uma Comissão presidida pela Primeira Ministra da Noruega, Gro Brundtland, para analisar o problema. A solução proposta por essa Comissão em seu relatório final, datado de 1987, foi recomendar um padrão de uso de recursos naturais que atendesse as atuais necessidades da humanidade, preservando o meio ambiente, de modo que as futuras gerações poderiam também atender suas necessidades. Essa é uma visão mais otimista que a do Clube de Roma e foi entusiasticamente recebida.

Como consequência, a Convenção do Clima, a Convenção da Biodiversidade e a Agenda 21 foram adotadas no Rio de Janeiro, em 1992, com recomendações abrangentes sobre o novo tipo de desenvolvimento sustentável. A Agenda 21, em particular, teve uma enorme influência no mundo em todas as áreas, reforçando o movimento ambientalista.

Nesse panorama histórico e em ressonância com o momento que atravessamos, a Editora Blucher, em 2009, convidou pesquisadores nacionais para preparar análises do impacto do conceito de desenvolvimento sustentável no Brasil, e idealizou a *Série Sustentabilidade*, assim distribuída:

1. População e Ambiente: desafios à sustentabilidade
Daniel Joseph Hogan/Eduardo Marandola Jr./Ricardo Ojima
2. Segurança e Alimento
Bernadette D. G. M. Franco/Silvia M. Franciscato Cozzolino
3. Espécies e Ecossistemas
Fábio Olmos
4. Energia e Desenvolvimento Sustentável
José Goldemberg
5. O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil
Vahan Agopyan/Vanderley Moacyr John
6. Metrôpoles e o Desafio Urbano Frente ao Meio Ambiente
Marcelo de Andrade Romero/Gilda Collet Bruna
7. Sustentabilidade dos Oceanos
Sônia Maria Flores Giancesella/Flávia Marisa Prado Saldanha-Corrêa
8. Espaço
*José Carlos Neves Epiphânio/Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo/
Luiz Augusto Toledo Machado*
9. Antártica e as Mudanças Globais: um desafio para a humanidade
*Jefferson Cardia Simões/Carlos Alberto Eiras Garcia/Heitor
Evangelista/Lúcia de Siqueira Campos/Maurício Magalhães Mata/
Ulisses Franz Bremer*
10. Energia Nuclear e Sustentabilidade
Leonam dos Santos Guimarães/João Roberto Loureiro de Mattos

O objetivo da *Série Sustentabilidade* é analisar o que está sendo feito para evitar um crescimento populacional sem controle e uma industrialização predatória, em que a ênfase seja apenas o crescimento econômico, bem como o que pode ser feito para reduzir a poluição e os impactos ambientais em geral, aumentar a produção de alimentos sem destruir as florestas e evitar a exaustão dos recursos naturais por meio do uso de fontes de energia de outros produtos renováveis.

Este é um dos volumes da *Série Sustentabilidade*, resultado de esforços de uma equipe de renomados pesquisadores professores.

Referências bibliográficas

- MATTHEWS, D. H. et al. *The limits to growth*. New York: Universe Books, 1972.
- WCED. *Our common future*. Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press, 1987.

Prefácio

“Já que dependemos de uma abundância de ecossistemas funcionais para purificar nossa água, enriquecer nosso solo e fabricar o próprio ar que respiramos, a biodiversidade claramente não é uma herança a ser descartada descuidadamente.”

Edward O. Wilson, zoólogo norte-americano.

“País de analfabetos, governo de analfabetos.”

Rui Barbosa, diplomata brasileiro.

A título de comentário...

Ecologia, sustentabilidade, ambiental e termos afins foram incorporados no discurso cotidiano e agendas políticas. Isso é positivo, embora haja muita confusão sobre o que significam. Há restaurantes chamados Picanha Ecológica (algo improvável), mas é mais sério ver burocratas do governo se queixando que medidas de compensação ambiental de grandes obras, exigidas por lei, são exageradas, e usar como exemplo a construção de casas, escolas e infra-estrutura urbana para populações afetadas. Essas obviamente não são medidas de compensação ambiental (e sim social), o que mostra ou a ignorância ou as más intenções (o que será pior ?) de quem faz esse tipo de afirmação.

Este volume faz parte de uma série sobre Desenvolvimento Sustentável. Esse é um termo que tem sido usado e abusado por políticos, intelectuais, autores, ecologistas e jornalistas, a ponto de significar quase qualquer coisa. Numa época em que o que vale são as aparências, e não o conteúdo, como mostrado pelo avanço do sociambientalismo, pela transformação de Chico Mendes em “mártir ecológico” e por boa parte dos “selos verdes” não avaliar se a madeira que certificam é explorada de maneira realmente sustentável, é conveniente explicitar o que entendemos por desenvolvimento sustentável. Este é o desenvolvimento social e econômico que ocorre respeitando os limites ecológicos impostos pelos sistemas ambientais que sustentam nossa sociedade (em resumo, sua capacidade de suporte) e o direito das formas de vida não humanas à existência. Aqui combinamos um conceito da Ecologia com um valor da Ética.

Este conceito pressupõe que a qualidade do desenvolvimento, traduzida por indicadores como expectativa de vida, taxas de suicídio, tempo dedicado

ao lazer, número de espécies ameaçadas, mortes violentas, saneamento e consumo de produtos culturais, seja mais importante que indicadores meramente econômicos como o crescimento do PIB, área agrícola ou volume de exportações.

O conceito proposto é bastante diferente do comumente aceito hoje em dia, que é, antes, um sinônimo de crescimento sustentado (contínuo) que ignora ser matematicamente impossível crescer além do que recursos finitos impõem.

Já fomos definidos como um *weedy ape*¹ programado evolutivamente para ciclos de *boom*-colapso e estes certamente não faltam ao longo de nossa História neste planeta, mediados tanto por fatores sociais como ambientais. A forma de funcionamento de nossa Economia apenas imita a nossa Ecologia ancestral.

Isso torna o verdadeiro crescimento sustentado uma utopia que vai contra a natureza humana e sua tendência para explorar recursos até a exaustão, sua facilidade de produzir excedentes populacionais mesmo nas piores situações e a capacidade de colonizar novos habitats e moldá-los à sua vontade. Como a paz universal, improvável para uma espécie inerentemente tribal, para a qual ideologias nós-eles são inatas, o desenvolvimento sustentável é uma miragem no horizonte que, para se tornar real, demanda profundas mudanças na forma como nossas sociedades funcionam e irmos contra nossa própria natureza.

Utopias são imagens de um futuro melhor que pode ser construído. Talvez, como a paz, o verdadeiro desenvolvimento sustentável seja alcançável e possamos construir uma sociedade melhor, mais saudável e mais estável, e não apenas com uma economia maior. Talvez continuemos a nos comportar como sempre fizemos. Mas não é possível deixar de imaginar que não faltou ironia a Carl von Linné ao batizar nossa espécie de “homem sábio” (*Homo sapiens*).

1 De *weed*, plantas que se multiplicam excessivamente quando surge a oportunidade; e *ape*, grande primata.

Conteúdo

- 1* Introdução — como tudo começou, 13
 - 1.1* O que é biodiversidade? 13
 - 1.2* O que são espécies? 16
 - Literatura recomendada, 22

- 2* A atual Crise da Biodiversidade: de 40.000 aC a 2010 dC, 23
 - Literatura recomendada, 28

- 3* Os Grandes Biomas Brasileiros, 29
 - 3.1* O Cerrado, 30
 - Literatura recomendada, 36
 - 3.2* Caatinga, 40
 - Literatura recomendada, 46
 - 3.3* Pantanal, 48
 - Literatura recomendada, 56
 - 3.4* Campos e banhados sulinos, 56
 - Literatura recomendada, 66
 - 3.5* Floresta com araucária, 68
 - Literatura recomendada, 77

- 3.6 Mata atlântica, 77
Literatura recomendada, 90
- 3.7 Amazônia, 95
Literatura recomendada, 109
- 3.8 Oceanos e zona costeira, 113
Literatura recomendada, 135

- 4 Conservando Espécies e Ecossistemas, 141
 - 4.1 Por que conservar? 141
Literatura recomendada, 147
 - 4.2 Áreas protegidas e unidades de conservação, 147
Literatura recomendada, 161
 - 4.3 Paisagens sustentáveis, 162
Literatura recomendada, 172
 - 4.4 Regeneração e restauração de ecossistemas, 176
Literatura recomendada, 175

- 5 O Uso de Espécies Nativas, 181
 - 5.1 Flora, 181
Literatura recomendada, 186
 - 5.2 Fauna, 187
Literatura recomendada, 192

- 6 O Futuro que nos Aguarda, 195
Literatura recomendada, 206

1. Introdução – como tudo começou

1.1 O que é biodiversidade?

“Na análise final, nosso vínculo comum mais básico é que todos habitamos este pequeno planeta.”

John F. Kennedy, presidente dos Estados Unidos.

Há algo como 13,7 bilhões de anos, o espaço, tempo, matéria e energia que formam o Universo que habitamos (possivelmente um entre vários) estavam compactados em um volume não maior do que o hoje ocupado pelo nosso sistema solar. O evento, hoje conhecido como Big Bang, iniciou o processo de evolução cosmológica e sucessivamente deu origem a partículas subatômicas que geraram o hidrogênio e hélio que formaram as primeiras estrelas. Reações nucleares no interior destas forjaram outros elementos como carbono, oxigênio e ferro.

Esses elementos são matéria-prima de nebulosas, cometas, planetas e, eventualmente, da Vida, que pode ser definida operacionalmente como um sistema químico capaz de evolução darwiniana; definição usada pela Nasa que considera outras possibilidades além da vida baseada em DNA/RNA e células que caracterizam nosso planeta.

Organismos são construídos a partir de informação que deve ser armazenada de alguma maneira, e em nossa biosfera os vetores desta informação são os ácidos nucleicos DNA e RNA. De forma simplista, pode-se dizer que essas moléculas armazenam tanto os algoritmos que direcionam a construção dos organismos como os mecanismos que regulam seu funcionamento.

Até o momento, o único local no Universo onde sabemos haver Vida é a Terra. Isso provavelmente irá mudar no futuro, quando outros mundos como Marte, Europa (uma das luas de Júpiter), Enceladus e Titã (duas das luas de Saturno) puderem ser adequadamente explorados no nosso sistema solar, e além.

Nosso planeta é um mundo jovem que orbita uma estrela média de um dos braços externos de uma galáxia espiral, tipo bastante comum neste Universo. Embora mitologias contem histórias diferentes, sabemos, graças a medições de decaimento radioativo (o mesmo processo que faz um reator de fissão nuclear funcionar), que nosso planeta se formou há 4,56 bilhões de anos. Também sabemos que sua infância envolveu eventos dramáticos, como a colisão com outro proto-planeta que deu origem à nossa Lua.

A vida como conhecemos deve ter surgido (ou aqui chegou, se a hipótese da panspermia estiver correta) em nosso planeta pouco depois de ter esfriado o suficiente e os impactos planetários terem se tornado menos catastróficos, entre 4,1 e 3,8 bilhões de anos atrás, o que é apoiado pela proporção de isótopos de carbono em rochas sedimentares com 3,8-3,9 bilhões de anos. Mais importante, o fato de os grandes ramos da vida, Bacteria, Archaea e Eucarya, compartilharem a mesma bioquímica básica e serem baseados em DNA aponta para um ancestral comum para todos estes grupos, que estaria na base da chamada “árvore da vida”. Você, as bactérias em seu intestino, as matérias-primas de seu almoço, o eucalipto de onde veio o papel deste livro e todas as demais formas de vida neste Planeta compartilham um ancestral comum, conhecido como LUCA (de *Last Universal Common Ancestor*) ou “Number One”.

Os primeiros fósseis datam de 3,6 bilhões de anos, sendo muito similares a micróbios ainda existentes. Se a vida se originou aqui ou em outro mundo ainda é campo para especulação (a ser esclarecida quando encontrarmos outras biosferas), mas durante pelo menos 2,6 bilhões de anos o Planeta foi habitado apenas por organismos procariotos, conjunto que engloba as bactérias (incluindo as chamadas algas azuis) e Archaea. Esse ramo da vida foi capaz de ocupar virtualmente todo o planeta, das montanhas mais altas às profundezas oceânicas, onde alguns desenvolveram clorofila capaz de utilizar o infravermelho de fontes termais para fotossíntese. Apenas recentemente descobrimos que ecossistemas microbianos existem em rochas a quilômetros de profundidade, utilizando de hidrocarbonetos a urânio radioativo como fonte de energia. Mais surpresas nos aguardam.

Durante os 2,6 bilhões de anos de dominância dos procariotos, estes aprimoraram sua habilidade de criar redes metabólicas e transferir genes entre organismos apenas distantemente relacionados (a chamada transferência horizontal de genes), e fusões resultantes da invasão ou absorção de uma célula por outra levaram ao surgimento de organismos mais complexos.

Mestres da bioquímica, que desenvolveram metabolismos capazes de explorar as fontes de energia menos prováveis e sobreviver às condições mais hostis, da radiação nuclear ao vácuo do espaço, esses organismos unicelulares moldaram o planeta, sendo o alicerce de todos os ecossistemas modernos. A composição da atmosfera da Terra e um número enorme de minerais são resultados da ação biológica, e a vida está intimamente associada a ciclos biogeoquímicos como os do carbono, nitrogênio, fósforo e cálcio. Um exemplo dramático é o de como as cianobactérias (ou “algas azuis”), os primeiros organismos fotossintetizantes, foram as responsáveis por uma das mais dramáticas mudanças ambientais do planeta – o acúmulo de oxigênio na atmosfera e nos oceanos, detectável no registro geológico a partir de 2,4-2,2 bilhões de anos.

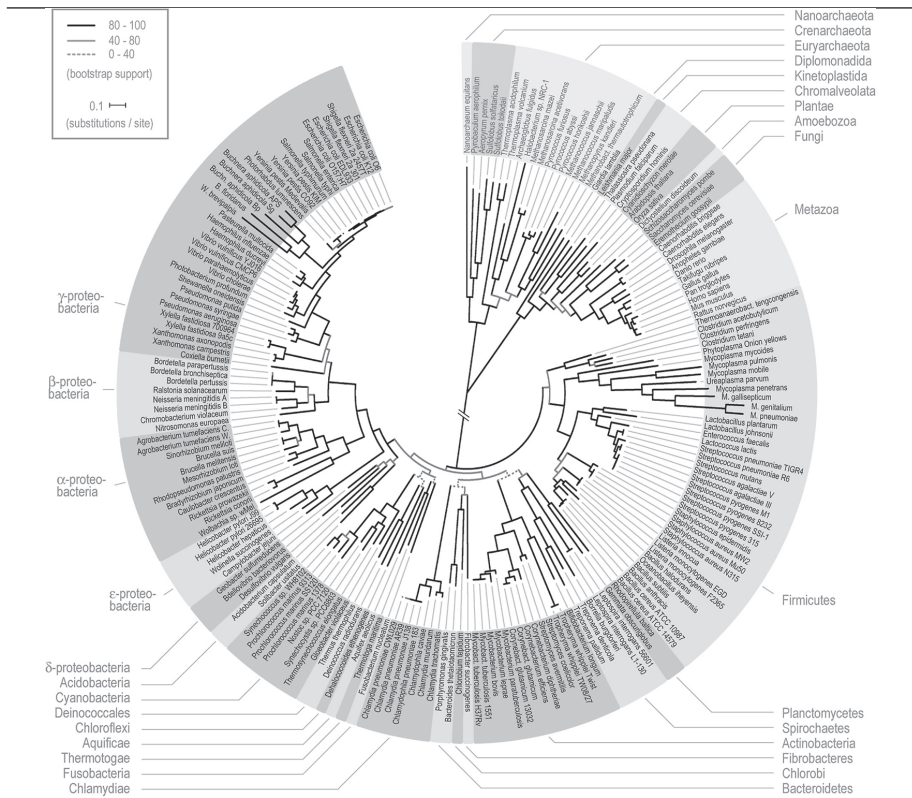


FIGURA 1.1 – A atual “árvore da vida”, na realidade é um arbusto, extremamente ramificado, com diferentes linhagens descendentes de um ancestral comum (“LUCA”).
Fonte: <<http://www.clm.bris.ac.uk/motm/oec/motm.htm>>.

Os primeiros fósseis de criaturas multicelulares datam de 2,1 bilhões de anos, mas ainda não sabemos se essas criaturas eram associações de bactérias ou seres multicelulares verdadeiros. Fósseis reconhecíveis como Eucarya datam de 1,5 bilhões de anos e algas vermelhas datam de 1,4 bilhões de anos atrás. A origem provável dos Eucarya, estimada com base em técnicas moleculares, marcadores biológicos em sedimentos e fósseis, certamente é anterior a esse período, havendo a possibilidade que marcadores em rochas de 2,7 bilhões de anos correspondam a traços de eucariotos.

Os Eucarya incluem todos os organismos com células nucleadas e parecem compartilhar um ancestral comum, produto da fusão entre células procariotas em processo conhecido como endossimbiose. As evidências moleculares mostram que eventos de fusão entre células, como quando um eucarioto passou a abrigar uma cianobactéria que se transformou em seu cloroplasto, resultando em uma “alga”, ocorreram repetidas vezes e foram importantes na evolução da diversidade dos Eucarya.

De fato, há casos de endossimbiose primária, secundária e terciária, organismos como dinoflagelados podendo ser vistos como a combinação de quatro

células diferentes. A situação pode ser ainda mais complexa, com genes procaríotos sendo incorporados no genoma de um eucarioto, enquanto seu organismo-fonte desapareceu sem deixar outros traços, isso sem mencionar os milhares de vírus que foram incorporados aos genomas de suas células hospedeiras. O fato de que 8% do genoma humano serem formados por sequências originárias de dezenas de milhares de retrovírus endógenos dá o que pensar sobre nossa individualidade.

Fósseis de eucariotos multicelulares que hoje chamaríamos de “animais” datam de 635 milhões de anos, esses vestígios sendo mais bem interpretados como relacionados às esponjas (Porifera) atuais. Fósseis datando de 550 milhões de anos já mostram corpos segmentados e simetria bilateral típica de grupos como anelídeos, cordados (que incluem vertebrados como nós) e artrópodes, que surgem em grande número no registro fóssil com a chamada “Explosão Cambriana” há 530 milhões de anos, quando a maioria dos filos de animais existentes se torna identificável.

Formas de vida que hoje nos são familiares e que tendemos a considerar como dominantes no Planeta surgiram muito mais recentemente. Plantas terrestres surgiram há 425 milhões de anos, mas plantas com flores fazem sua primeira aparição há apenas 130 milhões de anos. Os fósseis mais antigos de Tetrapoda terrestres, que incluem todos os anfíbios, répteis, aves e mamíferos, datam de 395 milhões de anos; contudo, criaturas mais antigas reconhecíveis como mamíferos datam apenas de 125-130 milhões de anos. Os fósseis mais antigos que podem ser considerados de *Homo sapiens* datam de 195 mil anos atrás, enquanto os primórdios do que chamamos de civilização tiveram início há apenas 10 mil anos.

A longa história da vida na Terra é a história de sua biodiversidade, da qual fazemos parte. O termo biodiversidade, que substituiu o termo anterior “diversidade natural”, tem sido definido de forma variada e empregado em contextos inadequados, especialmente no das ciências sociais. Biodiversidade pode ser sucintamente definida como a diversidade de genes, espécies e ecossistemas em um espaço geográfico definido, como uma bacia hidrográfica, país, bioma, continente ou planeta. Uma definição alternativa é que a biodiversidade representa toda a variação da vida em todos os níveis de organização biológica.

1.2 O que são espécies?

“Nós temos 60% dos genes de uma banana. 90% dos genes de um camundongo, e mais de 99% dos genes de um chimpanzé. É só para pensar!”

Deepak Chopra, esotérico hindu
(as porcentagens estão erradas, o espírito correto)

Hoje (2010) são reconhecidas 1.899.587 espécies descritas cientificamente, isto é, que têm um nome. Insetos constituem 1 milhão de espécies, enquanto aracnídeos somam 102.248, moluscos 85 mil e outros invertebrados 172.117 espécies. Plantas vasculares somam 281.621 espécies, fungos 81.998, liquens

17 mil, peixes 31.153, aves 9.900, répteis 8.734, anfíbios 6.515 e mamíferos 5.487. Bactérias e vírus com um nome formal somam meros 86.307 táxons, o que constitui uma subestimativa de, pelo menos, duas ordens de grandeza.

Este é apenas um exemplo do que não sabemos sobre a diversidade da vida no Planeta. Espécies continuam a ser descritas aos milhares (114 mil entre 2006 e 2009), incluindo em grupos “bem-conhecidos” como primatas e aves, e o número total de espécies na Terra é estimado ao redor de 11 milhões.

Algumas definições são necessárias para melhor compreender os diferentes níveis de complexidade da biodiversidade. O gene é a unidade básica da hereditariedade, armazenando a informação necessária para que organismos sejam construídos e reproduzam, enquanto o conjunto de genes de uma determinada forma de vida constitui seu genoma. Organismos, de vírus a baleias e jatobás, podem ser interpretados como vetores construídos pelos genes para que possam se replicar. A crescente diversidade e a complexidade desses vetores são resultados de processos de seleção darwiniana atuando sobre os replicadores.

A definição do que é uma espécie é uma questão complexa, com nuances associadas aos mecanismos pelos quais as espécies surgem, e que tem alimentado discussões que ainda não resultaram em uma definição consensual sobre o que seja uma espécie. O processo de especiação (ou, mais acuradamente, de cladogênese) começa com a separação de populações irmãs por uma barreira geográfica, ecológica ou comportamental. Essas populações passam a acumular diferenças em decorrência do fluxo gênico muito reduzido ou interrompido. Após várias gerações em isolamento, as duas populações irmãs já fixaram diferenças em vários caracteres, sendo plenamente diagnosticáveis uma da outra. Nesse ponto do processo, os caracteres que diferenciam as populações podem ou não ter evoluído juntamente com barreiras reprodutivas. Na verdade, nesse estágio é provável que as populações ainda possam produzir descendentes férteis entre si.

As diferenças entre as populações são gradualmente ampliadas até um momento em que tantas diferenças se acumularam que as populações desenvolveram uma barreira reprodutiva (pré-zigótica, pós-zigótica ou ambas). É importante enfatizar o caráter gradual do processo, o que frequentemente torna difícil definir limites entre os momentos em que uma entidade se transforma em outra.

Um conceito de espécie muito popular, e o primeiro elaborado considerando o processo evolutivo, é o Conceito Biológico de Espécie (CBE), que define espécie como um grupo de organismos ou uma população de organismos isolada reprodutivamente de outros grupos ou populações. Ou seja, este conceito considera a capacidade de grupos de organismos se entrecruzarem e deixarem descendentes férteis como o critério-chave para se definir limites entre espécies. Populações separadas geograficamente ou diferenciadas em maior ou menor grau, que mantiveram a capacidade de produzir descendentes férteis quando em contato eventual são consideradas como integrantes (populações ou “subespécies”) de uma mesma espécie, a despeito de quaisquer outras diferenças entre elas.

A aplicação desse conceito sempre ofereceu problemas, como o representado por populações alopátricas. Uma alternativa é Conceito Filogenético de Espécie (CFE), que nasceu do postulado de que a taxonomia deve refletir a história evolutiva dos organismos. Como resultado, as espécies devem ser delimitadas com base em hipóteses sobre o parentesco e ancestralidade entre populações ou táxons, ou seja, em filogenias. Esse conceito define espécies como o menor grupo diagnóstico de indivíduos no qual exista um padrão de ancestralidade e descendência, que em conjunto passam a constituir unidades diagnósticas basais. Na prática, essa definição implica, por exemplo, que se dois grupos de indivíduos podem ser diferenciados (diagnosticados) um do outro por qualquer conjunto de caracteres ou mesmo um único caráter, eles devem ser tratados como espécies distintas.

Esse conceito também apresenta problemas, como os associados à subjetividade na escolha e significância de caracteres diagnósticos. De fato, o CBE e o CFE diferem basicamente no ponto do processo de cladogênese em que uma população pode ser considerada uma espécie plena. No momento em que as populações começam a acumular diferenças, o CBE as denomina de “subespécies” e o CFE de espécies, sendo a razão que as populações em questão, embora diagnosticáveis, podem ou não ser capazes de entrecruzar e produzir descendentes férteis.

Um conceito que atualmente está sendo adotado e que propõe unificar o CBE e o CFE é o Conceito Filético Geral de Espécies (CFGE), que define como espécies as metapopulações (populações diferenciadas de alguma maneira) de organismos que estejam em uma trajetória evolutiva independente de outras metapopulações. Ou seja, uma espécie é formada por populações diagnosticáveis como distintas das demais, com base em caracteres mensuráveis e que sejam evolutivamente distintas (monofiléticas) de outras populações. Essas características são passíveis de serem testadas ou verificadas empiricamente por meio da reconstrução da trajetória evolutiva das metapopulações a partir do estudo de vários caracteres, tanto morfológicos como genéticos.

O uso de marcadores genéticos tem sido cada vez mais importante na reconstrução das relações evolutivas entre populações, espécies e entidades taxonômicas superiores, como gêneros, classes e filos. Essa abordagem permite responder a perguntas como, por exemplo, se animais estão mais próximos das plantas ou dos fungos.

Da mesma forma como análises de DNA permitem dizer se um homem é pai ou não de uma criança por meio de marcadores que informam a semelhança genética entre ambos, análises baseadas no mesmo princípio quantificam as distâncias genéticas entre diferentes organismos, informando desde se pertencem à mesma espécie até o tempo estimado em que duas espécies (ou gêneros, classes, filos etc.) divergiram a partir de um ancestral comum.

Essas análises também têm mostrado como diferentes linhagens humanas deixaram a África em diferentes momentos e deram origem a espécies distintas que, ao terem contato com humanos modernos quando estes chegaram à Ásia, Europa e Oriente Médio, geraram híbridos cujos marcadores genéticos persistem até hoje, como genes Neanderthal entre os europeus e dos Denisso-

vans entre os papuas. Talvez *Homo sapiens* seja mais bem descrito como um grande enxame híbrido.

As dificuldades em construir uma definição consistente para um conceito aparentemente simples como “espécie” mostra a lacuna entre a percepção humana e a forma como sistemas biológicos funcionam. Nossa mente tende a classificar o mundo natural em categorias estanques e isoladas, como gavetas em um armário. Infelizmente, a Natureza não funciona dessa maneira.

Como já vimos, formas de vida radicalmente diferentes, como vírus e primatas, podem se fundir, criando algo novo. Bactérias rotineiramente trocam material genético (o que está por trás do surgimento de novos patógenos) e vírus podem transferir genes entre bactérias e eucariotos. Espécies de plantas e aves que não julgaríamos próximas podem produzir híbridos férteis que, por sua vez, podem dar origem a novas espécies. Genes saltam de um vetor para outro sempre que a oportunidade surge.

Desde LUCA até *Homo sapiens*, a Vida na Terra sempre combinou diversidade com unidade.

Literatura recomendada

- ALEIXO, A. 2007. Conceitos de espécie e o eterno conflito entre continuidade e operacionalidade: uma proposta de normatização de critérios para o reconhecimento de espécies pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15 (2):297-310
- CARROLL, S. B. 2006. *Formas infinitas de grande beleza*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- DAWKINS, R. 2009. *A grande história da evolução: na trilha dos nossos ancestrais*. São Paulo: Companhia das Letras.
- FORTEY, R. 2000. *Vida: uma biografia não autorizada*. Rio de Janeiro: Record.
- KNOLL, A. H. 2003. *Life on a young planet: the first three billion years of evolution on Earth*. Princeton.
- MAYR, E. 2009. *O que é a evolução*. Rio de Janeiro: Rocco.
- WARD, P. 2005. *Life as we don't know it: the NASA search for (and synthesis of) alien life*. London: Penguin Books.
- WILSON, E. O. 1992. *Diversidade da vida*. São Paulo: Companhia das Letras.
- ZIMMER, C. 2006. *The sixty-million year virus*. Disponível em: <<http://blogs.discovermagazine.com/loom/2006/03/13/the-sixty-million-year-virus/>>.
- ZIMMER, C. 2009. On the origin of eucaryotes. *Science* 325 (5941): 666-668.

Populações tradicionais criam biodiversidade?

“Na área da proteção das espécies devemos nos preocupar com o que é certo e não com o que possa ser mais fácil ou popular no curto prazo.”

Richard Leakey, paleoantropólogo

Uma das crenças mais populares do ecologismo afirma que “populações tradicionais” (como índios, caiçaras e quilombolas) criam e mantêm a biodiversidade, argumento que é invocado pelos que advogam a permanência de populações humanas em áreas protegidas. O que isso realmente significa?

Primeiro, há o problema de definir o que são “populações tradicionais”, termo tão amplo que perdeu seu significado e hoje é sinônimo de populações rurais pobres. Deixando esse problema de lado, espera-se que as atividades dessas populações não incorram na degradação de habitats ou superexploração a ponto de causar a extinção local ou completa de espécies e recursos. Espera-se que práticas que ameacem essa sustentabilidade sejam evitadas e as pessoas, conscientemente, refreiem-se de explorar recursos que estão diminuindo devido a suas atividades. O que dizem os fatos?

A crença na “criação de biodiversidade” por populações tradicionais conflita com evidências arqueológicas bem estabelecidas sobre o papel humano nas grandes extinções dos últimos milhares de anos (veja o capítulo seguinte) e por estudos que mostram que padrões de uso sustentável de recursos naturais por populações tradicionais modernas são raros. Populações pré-industriais como os maori da Nova Zelândia, os colonizadores indonésios de Madagascar e os polinésios em todo o Pacífico destruíram ecossistemas inteiros com grande rapidez, causando extinções em massa. Nos dias de hoje, povos “tradicionais”, dos guarani brasileiros aos maasai do Kenya, usam suas terras de maneira insustentável, levando a pressões por mais território.

Na realidade, a “sustentabilidade”, que deveria resultar no ajuste entre população e suas demandas e a capacidade de suporte de um território é, na maioria das vezes, resultado de baixas densidades demográficas e pouca tecnologia, não de decisões tomadas conscientemente. São bem conhecidos casos de “populações tradicionais” utilizando espécies até sua virtual extinção, como os índios Krahô e Saterê-Maué, que passaram a consumir gado, como resultado do declínio das espécies nativas cinegéticas.

Há algumas exceções, e algumas poucas culturas realmente impõem limites ao uso de alguns recursos, mostrando incomum respeito a formas de vida não humanas, mas essas exceções apenas comprovam que não podem ser feitas generalizações.

É importante também definir qual é a biodiversidade “criada” por essas populações. Não há dúvida quanto ao poder criativo da domesticação em criar novas “espécies”, do cão doméstico ao trigo e as bananeiras hoje cultivadas, mas essa parcela da biodiversidade não precisa de espaços protegidos para ser conservada, já que espécies de plantas e animais domesticados hoje ocupam a maior parte das terras férteis do planeta (ao contrário de ecossistemas naturais). Também é interessante lembrar o papel de populações tradicionais na “criação” de novos patógenos, como os vírus da AIDs, originalmente encontrados em primatas e que colonizaram humanos graças ao consumo da carne de chimpanzés, gorilas e mangabeis por populações africanas.

Parte importante do argumento de que povos tradicionais criam biodiversidade se baseia nos novos habitats que estes criariam como resultado da agricultura de corte e queima, o método de agricultura “tradicional” por excelência.

O resultado deste é a substituição de habitats “maduros” por outros em estágios sucessionais jovens, ou seja, florestas são substituídas por capoeiras.

A consequência é a substituição de espécies com requisitos ecológicos mais estritos (e que demandam maiores cuidados quanto à sua conservação) por outras de maior valência ecológica, incluindo exóticas e invasoras. Isso pode ocorrer sem que o número de espécies de determinada área seja alterado significativamente, ou mesmo aumente. Claramente, há o conflito entre quantidade e qualidade. Um pasto no interior da Reserva Extrativista Chico Mendes representa um acréscimo de espécies à área, mas à custa de outras espécies com pouca probabilidade de manter populações fora de áreas protegidas, o que não é o caso da braquiária, dos tizius e outras espécies associadas a pastagens.

Estudos em florestas de diferentes ecossistemas que comparam habitats maduros com habitats secundários resultantes de atividades humanas mostram que o padrão geral é de perda de espécies e do estabelecimento de comunidades simplificadas. O mesmo é verdade quando se comparam áreas sob pressão de pesca artesanal e aquelas onde há exclusão de pesca. Se há um padrão, é o de que ecossistemas em que atividades humanas como a agricultura e o extrativismo foram excluídas tendem a ser mais complexos, ricos e a abrigar espécies mais sensíveis, exatamente as que demandam mais cuidados.

Evidências históricas também mostram que, nas Américas, muitas populações animais consideradas pelos primeiros exploradores europeus como “inumeráveis”, incluindo bisões *Bison bison* e pombos-passageiros *Ectopistes migratorius* (hoje extintos) na América do Norte e tartarugas *Podocnemis expansa*, jacarés *Caiman* spp. e peixes-boi *Trichechus inunguis* na Amazônia só se tornaram abundantes após a extinção da maior parte das populações humanas nativas resultante de epidemias nos séculos XVI a XVIII.

A argumentação de que “populações tradicionais criam biodiversidade” e por isso devem ser mantidas em áreas protegidas é baseada em uma retórica sinuosa sem base científica. Os humanos, como regra geral, erodem a biodiversidade e não a tornam mais rica. Populações rotuladas como tradicionais (uma definição extremamente ampla) continuam a dizimar espécies em nome de supostos direitos e, tanto quanto sociedades não “tradicionais”, são um dos importantes fatores de ameaça à biodiversidade.

Exemplos incluem baleias-da-groenlândia *Balaena mysticetus* abatidas por Inuits, no Alaska; alcas Alcidae, baleias e ursos-polares *Ursus maritimus*, na Groelândia; wallabies, casuares e aves do paraíso, na Nova Guiné; gorilas e outros primatas, na África Ocidental; muriquis e jacutingas, na Serra do Mar de São Paulo; e peixes-boi, no Amazonas. Sobre estes, vale lembrar o abate de 200 exemplares na “reserva de desenvolvimento sustentável” Piagaçu-Purus durante a seca de 2010.

Não ajuda que o complexo de culpa de antigos mestres coloniais e euro-descendentes a respeito de malfeitos cometidos por seus antecessores comumente resulte na licença, quando não estímulo, ao uso predatório de recursos naturais. O desastre observado na Groenlândia, onde subsídios estatais pagam pela chacina da vida silvestre e a carne de baleias mortas por “caçadores de subsistência” é vendida em supermercados e exportada para o Japão, é um dos melhores exemplos dos absurdos que a correção política pode levar.

Literatura recomendada

- BARLOW, J. et al. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *PNAS* 104:18555-18560.
- DOUROJEANNI, M. 2008. *Populações humanas em unidades de conservação*. Disponível em: <<http://www.oeco.com.br/marc-dourojeanni/42-marc-dourojeanni/20341-pessoas-em-unidades-de-conservacao>>.
- HANSEN, K. 2002. *A farewell to Greenland's wildlife*. NHB Mailorder Bookstore.
- HAMES, R. 2007. *The ecologically noble savage debate*. Disponível em: <www.unl.edu/rhames/ms/savage-prepub.pdf>.
- LIEBSCH, D., M. C. M. MARQUES & R. GOLDENBERG. 2008. How long does the Atlantic Rain Forest take to recover after a disturbance? Changes in species composition and ecological features in the secondary succession. *Biological Conservation* 141: 1717-1725.
- McWETHY, D. B., C. WHITLOCK, J. M. WILMSHURST, M. S. MCGLONE, M. FROMONT, X. LI, A. DIEFFENBACHER-KRALL, W. O. HOBBS, S. C. FRITZ, E. R. COOK. 2010. Rapid landscape transformation in South Island, New Zealand, following initial Polynesian settlement. *PNAS* 2010 107 (50): 21343-21348.