

## Nada em meio ambiente faz sentido exceto à luz da Ecologia e da Evolução

Rodrigo de Mello<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Professor no Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá, Brasil. E-mail: rdemellobr@gmail.com

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 11/08/2021 – Revisado em: 27/09/2021 – Aceito em: 23/12/2021

### RESUMO

Apresentar a imensa biodiversidade brasileira como resultado de um processo histórico e dinâmico pode ser um passo adiante na conscientização ambiental no Brasil. Mas essa lógica de atuação só pode contribuir efetivamente se deixarmos de lado uma visão antropocêntrica para dar espaço ao raciocínio da ancestralidade comum e das relações ecológicas, que aqui denomino como 'transição Ego-Eco-Evo'. Além da Biologia da Conservação, muitas outras áreas da ciência têm vislumbrado os benefícios dos ambientes naturais para a qualidade de vida dos seres humanos. O bem-estar inconsciente que ambientes preservados nos desperta é denominado 'biofilia', e versa sobre a ligação emocional que os seres humanos têm com outros organismos vivos e com a natureza. Essa mudança de estilo de vida claramente tem ramificações para nosso bem-estar e qualidade de vida, e outras áreas da ciência, como a Psicologia e a Medicina, têm desenvolvido abordagens inovadoras para mensurar o impacto de ambientes naturais em nossa saúde física e mental. Estudos recentes indicam que a imersão na natureza e a correspondente desconexão da tecnologia aumentam a criatividade e a resolução de problemas. Em relação à riqueza de espécies que compõem os ambientes naturais, atualmente sabemos que ecossistemas com um número maior de espécies fornecem maior quantidade e qualidade de serviços ambientais, além de se recuperarem mais rapidamente após distúrbios. E para que todas essas informações se disseminem na sociedade, a divulgação científica e novas abordagens na educação ambiental têm um papel de extrema importância para que o Brasil avance em suas políticas públicas ambientais.

**Palavras-Chaves:** Conservação, Biofilia, Educação Ambiental.

## Nothing in the environment makes sense except in the light of Ecology and Evolution

### ABSTRACT

Presenting the huge Brazilian biodiversity as a result of a historical and dynamic process can be a step forward in environmental awareness in Brazil. But this logic of action can only effectively contribute if we leave aside an anthropocentric vision and give space to the common ancestry and ecological relations reasoning, which I name here as 'Ego-Eco-Evo transition'. In addition to Conservation Biology, many other areas of science have seen the benefits of natural environments for the quality of life of human beings. The unconscious well-being that preserved environments awakens in us is called 'biophilia', and it states about the emotional connection that human beings have with other living organisms and with nature. This lifestyle change clearly has ramifications for our well-being and quality of life, and other areas of science such as psychology and medicine have developed innovative approaches to measure the impact of natural environments on our physical and mental health. Recent studies indicate that immersion in nature and the corresponding disconnect from technology enhance creativity and problem solving. Regarding the richness of species that sustain natural environments, we currently know that ecosystems with a greater number of species provide a greater quantity and quality of environmental services, in addition to faster recovery after disturbances. But for all this information to be spread in society, scientific dissemination and new approaches in environmental education play a paramount role for Brazil to advance in its environmental public policies.

**Keywords:** Conservation, Biophilia, Environmental Education.

De Mello, R. (2022). Nada em meio ambiente faz sentido exceto à luz da Ecologia e da Evolução. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.10, n.1, p.66-84.



Direitos do Autor. A Revista Brasileira de Meio Ambiente utiliza a licença *Creative Commons - CC* Atribuição Não Comercial 4.0.

## 1. Introdução

O título do famoso artigo (*Nothing in Biology makes sense except in the light of Evolution*) do célebre geneticista ucraniano-estadunidense Theodosius Dobzhansky (1900-1975), que foi um dos biólogos evolucionistas mais eminentes do século XX, resume bem a importância dos conceitos evolutivos para as ciências biológicas. A teoria da evolução por seleção natural pode ser considerada uma das generalizações mais importante até agora feita no campo das ciências naturais e pode ser testada cientificamente em todas essas áreas de conhecimento. Ao articularem a natureza da variação geográfica e da especiação, incorporando princípios da Genética à Evolução, diversos outros cientistas basearam-se igualmente em Dobzhansky para mostrar que outros tipos de dados eram completamente consistentes com a teoria neodarwiniana – que passou a ser uma das ideias mais poderosas em todas as áreas da ciência e é a única teoria que pode seriamente reivindicar a condição de unificar a biologia (Valva & Diniz-Filho, 1998). Os conceitos evolutivos forneceram à biologia um arcabouço científico coerente de ideias, em vez de uma abordagem composta de mitos e superstições, fazendo com que a evolução por seleção natural se tornasse um fato inegável, compreensível como processo e abrangente como conceito (Futuyma, 2002)

Sob um prisma macroecológico, isso significa dizer que a extinção e o florescimento de linhagens, consequências naturais da dinâmica ecológica da vida, refletem em boa medida o fato de elas estarem adaptadas ou não a viver nesses novos cenários – a ideia essencial da boa e velha seleção natural, proposta por Charles Darwin (1808-1889) em meados do século XIX e que continua atual. Ter ciência desse contexto histórico é indispensável a uma sociedade que se interessa por desenvolvimento sustentável e preservação da sua biodiversidade. Tal como uma criança precisa primeiramente aprender o bê-á-bá de seu idioma antes de ler ou escrever, conceitos de Ecologia e Biologia Evolutiva são indispensáveis à uma sociedade esclarecida que implementa políticas públicas ambientais o desenvolvimento sustentável, e assim resguardar sua biodiversidade, fazendo uso de ações que esclareçam seus cidadãos em relação ao seu papel no meio ambiente.

Já a palavra ecologia vem do grego *Oikos*, significando “casa” e *logos* que dizer “estudo, conhecimento”. Literalmente, portanto, ela está interessada no “lugar onde se vive”. O termo foi cunhado pela primeira vez em 1869 pelo cientista alemão Ernst Haeckel (1834- 1919) para designar o estudo científico das relações entre os seres vivos e o ambiente em que vivem, e que deu à palavra um significado mais abrangente:

“Por ecologia, queremos dizer o corpo de conhecimento referente à economia da natureza – a investigação das relações totais dos animais tanto com seu ambiente orgânico quanto com seu ambiente inorgânico; incluindo, acima de tudo, suas relações amigáveis ou não amigáveis com aqueles animais e plantas com os quais vêm direta ou indiretamente entrar em contato – em uma palavra, ecologia é o estudo de todas as inter-relações complexas denominadas por Darwin como as condições da luta pela existência” (Haeckel, 1869 apud Ricklefs, 2003 p. 2).

Na ecologia moderna, há ainda imensas limitações teóricas e metodológicas para serem aprimoradas, mas partir do conhecimento que se têm até agora, os ecólogos podem nortear diversos planejamentos para se desenvolver políticas efetivas, e assim auxiliar no gerenciamento dos problemas ambientais relacionados com o uso de terra, água, catástrofes naturais e saúde pública. O manejo de recursos naturais é um pilar imprescindível para sustentar a qualidade de vida humana; mas isso depende do uso inteligente dos princípios ecológicos para resolver ou prevenir problemas ambientais, e para suprir o nosso pensamento e práticas econômicas, políticas e sociais (Palmer et al., 2005; Mergeay & Santamaria, 2010).

Principalmente nas últimas duas décadas o avanço das tecnologias relacionadas à bioinformática, à geografia espacial, ao desenvolvimento das ciências da computação e ao aprimoramento de programas estatísticos dedicados à elaboração de algoritmos têm permitido aos ecólogos de hoje todo esse escopo interdisciplinar de dados em seus estudos. Cada vez mais eles lutam para entender como o rápido crescimento

da população humana, já com mais de 7 bilhões de pessoas, tem afetado o planeta que compartilhamos com milhares de outras espécies. Como enfatizado por Ricklefs (2016):

“Nossa necessidade de compreender a natureza está se tornando cada vez mais urgente, pois o crescimento da população humana sobrecarrega o funcionamento dos sistemas ecológicos. Os ambientes dominados ou criados por humanos (incluindo áreas urbanas e periféricas – campos agrícolas, plantações de árvores e áreas de lazer) são também sistemas ecológicos. O bem-estar da humanidade depende da manutenção do bom funcionamento desses sistemas” (Ricklefs, 2016, p. 26).

Nesse sentido, hoje sabemos que devemos assumir populações e comunidades biológicas como entidades evoluídas, com histórias e adaptações únicas, que são distribuídas geograficamente de acordo com suas tolerâncias e interações ecológicas. Após o vertiginoso crescimento e expansão do *Homo sapiens*, resta pouco de todo o patrimônio biológico que tínhamos há alguns séculos, já que os fragmentos de vegetação natural perdem cada vez mais espaço para atividades antrópicas; ao ponto de justificar o novo termo empregado pelos cientistas para a “era da humanidade”, o Antropoceno (Steffen et al., 2011; Burkhardt, 2013; Boggs, 2016; Chakrabarty, 2018; Valladares, Magro & Martín-Forés, 2019). Em um senso estritamente ecológico, a racionalização humana e aumento no volume de informações fizeram com que nos tornássemos o último tipo dominante de vida no planeta, fechando a porta para a possibilidade de qualquer outro animal fazer o mesmo avanço e desafiar nossa posição privilegiada na Terra. E como estamos agindo em relação a isso?

## 2. Desenvolvimento

A lógica da ancestralidade em comum e das relações ecológicas é de suma importância para se trabalhar qualquer conceito ou ideia relacionada ao meio ambiente. Ao lidar com a imensa complexidade do mundo natural, biólogos e outros profissionais compromissados com o estudo da biodiversidade têm historicamente procurado categorizar e classificar os organismos com seus padrões, bem como os processos subjacentes aos seus princípios de organização (e.g., Gleason, 1926; Hortal et al., 2015). Inevitavelmente, o conhecimento sobre a natureza de espécies e ambientes é fundamentalmente influenciada pela forma que as entidades biológicas são classificadas e alocadas em unidades hierárquicas específicas (e.g., populações, espécies, comunidades, clados, atributos, genes) para uso científico – especialmente pela Biologia Evolutiva, uma disciplina ao redor da qual gravita toda a biologia moderna (Baum, Smith & Donovan, 2005)

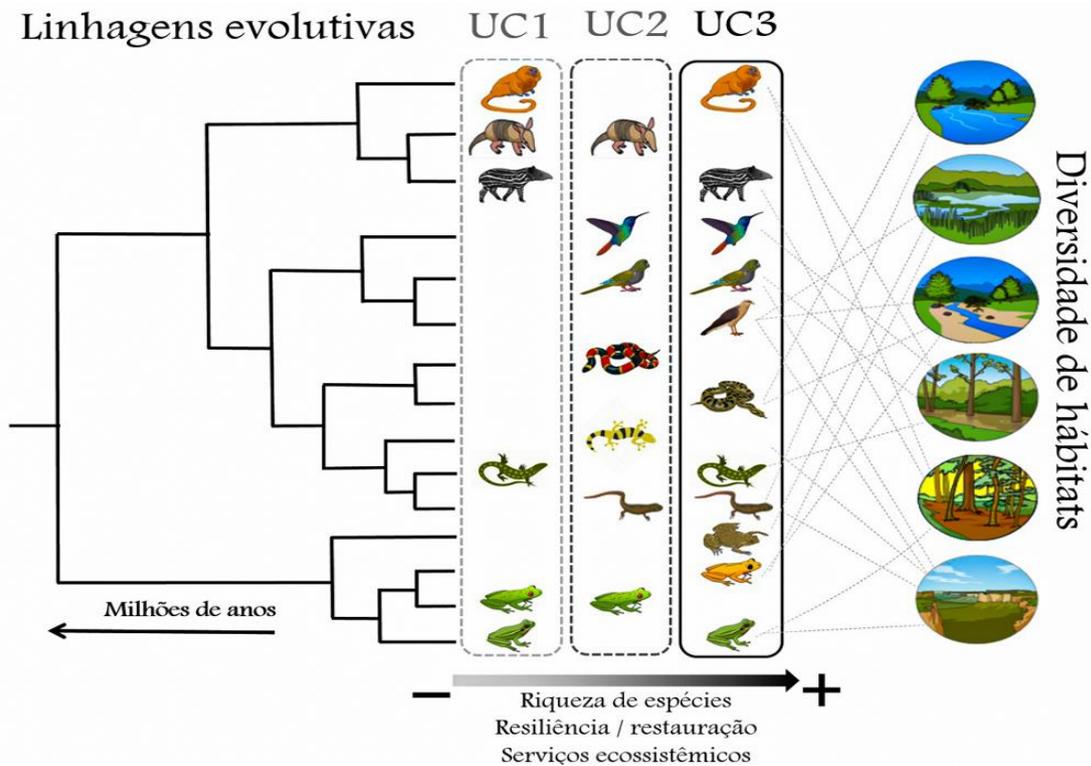
Mesmo detendo essas informações muito bem fundamentadas e testadas exaustivamente no meio acadêmico, a biodiversidade segue sendo extirpada de seus respectivos habitats em taxas cada vez mais ameaçadoras aos ambientes naturais, que, por sua vez, abrigam recursos genéticos únicos e serviços ecológicos insubstituíveis às cidades e aos seres humanos que as cercam. E isso é, em geral, tratado de modo muito superficial nas mídias de grande alcance; nas escolas, sabe-se que há diversos erros conceituais (e.g., Santos et al., 2007; Pozo & Crespo, 2009; Maciel & Mello, 2020) ou desatualizados em relação a dados e metodologias empregadas atualmente na Ecologia e na Evolução - e que ainda estão longe de aparecer em livros do ensino básico. Em especial nas disciplinas de Evolução, não há muito tempo dedicados a tópicos de macroevolução como a sistemática filogenética, o que gera barreiras para o entendimento dos mecanismos evolutivos (Catley, 2006). Como as filogenias são o cerne da pesquisa contemporânea da Biologia (Baum, Smith & Donovan, 2005; Cantino & De Queiroz, 2020), é preciso desenvolver uma alfabetização filogenética de amplo alcance para que a população brasileira, fique ciente da singularidade de cada espécie e de cada habitat, bem como sua importância como espécie gerenciadora dentro do contexto geral da biodiversidade atual – ou pelo menos o que ainda resta dela.

## **2.1. Alfabetização filogenética e ecológica em larga escala: usando a biofilia para uma ‘transição Ego-Eco-Evo’ no paradigma antropocêntrico de se perceber o meio ambiente**

Apesar da evolução ser o princípio unificador de toda a Biologia (Dobzhansky, 1973), e ter influenciado todas as ciências, a maioria das pessoas falha em compreender conceitos relacionados a este tema (Meir et al. 2007; Gregory, 2008). De fato, conceitos errôneos sobre evolução são comuns até mesmo entre alunos já formados de biologia (Gregory & Ellis, 2009), e muitos profissionais que atuam no contexto ambiental fazem esforço para interpretar acuradamente relações evolutivas em suas escritas (e.g., Nee, 2005). Isso sugere que o ‘pensamento em árvore’ (*tree thinking*) não vem naturalmente para a maioria das pessoas; alcançar esse entendimento intuitivamente de evolução não é trivial (Meisel, 2010). Entretanto, é um fato histórico que a teoria Darwiniana mudou radicalmente a nossa forma de ver a vida, e desde então tem influenciado todas as áreas biológicas, o que inclui a Biologia da Conservação. Na primeira edição da prestigiosa revista científica *Trends in Ecology and Evolution*, Ryder (1986) cunhou o termo 'Unidades Evolutivamente Significativas' (*Evolutionarily Significant Units*, ESUs) para um amplo público de ecólogos e biólogos evolutivos e que foi popularizado mais tarde por Moritz (1994). O reconhecimento de ESUs é principalmente relevante para questões de gerenciamento de longo prazo e definição de áreas prioritárias para garantir que o patrimônio evolutivo seja reconhecido e protegido, e assim balizar estratégias de conservação (Moritz, 2002). Essa lógica, que a princípio tinha como foco o nível taxonômico de espécie ou populações, atualmente é também aplicada ao nível de comunidades e ecossistemas (e.g., Wiens & Donoghue, 2004; Davies, 2006; Diniz-Filho et al., 2009; Staggemeier, Cazetta & Morellato, 2017; Fenker et al., 2020).

Hoje sabemos, por exemplo, que a extinção de uma espécie sem parentes próximos em uma comunidade tende a levar a uma perda ainda maior de informação genética do que a extinção de uma espécie com parentes próximos (Mayfield & Levine, 2010). Por isso, uma melhor estratégia de conservação é estabelecer reservas que contenham a maior diversidade filogenética e uma maior variedade de habitats possíveis (Faith, 1992). Em uma revisão sobre o uso das diversidades filogenética e funcional em estudos conservacionistas, Cianciaruso, Silva e Batalha (2009) ressaltam que a premissa principal da abordagem a nível de comunidades é que a diversidade é maior em uma comunidade em que as espécies são filogeneticamente mais distintas, pois desta forma evita-se a exclusão competitiva entre espécies funcionalmente similares. Assim, quando temos que tomar decisões para a priorização de áreas protegidas, já que os recursos são sempre limitados, devemos eleger Unidades de Conservação (UC) que abriguem uma maior diversidade de espécies provindas de diferentes grupos taxonômicos, e assim garantir uma maior diversidade filogenética, funcional e de tipos de habitats (Figura 1).

**Figura 1.** Filogenia hipotética entre vertebrados terrestres em três Unidades de Conservação (UCs), onde a UC3 detém uma maior diversidade de grupos taxonômicos em relação à UC1 (baixa diversidade filogenética) e à UC2 (diversidade filogenética intermediária). Comunidades com maiores índices de riqueza de espécies e de diversidade taxonômica têm maior poder de resiliência e podem ofertar mais serviços ecossistêmicos ao bem-estar humano. As linhas tracejadas em cinza representam as relações entre espécies da UC3 com seus respectivos habitats.



Fonte: Modificado de Faith (1992).

Nesse escopo, considerar a biodiversidade como um processo histórico e dinâmico já é um passo adiante, particularmente em comparação com a visão estática e sistematicamente fixa que domina nosso passado e as políticas públicas atuais (Mergeay & Santamaria, 2010). Somente assim os ecossistemas atuais podem ser vistos como o resultado de 3,5 bilhões de anos de evolução, e que a diversificação ao longo do tempo foi continuamente contrabalanceada por processos de extinção, e que as espécies atuais representam apenas 2-4% de todas aquelas que já viveram no planeta (May et al., 1995). Entender filogenias é crucial para o entendimento da evolução (Baum & Offner, 2008) e a diversidade biológica que observamos atualmente. As relações evolutivas são, portanto, únicas em comparação a outros agrupamentos baseados em similaridades porque as relações evolutivas são o resultado de descendência por ancestralidade em comum.

Uma importante consequência do processo evolutivo é que ele produz relações aninhadas hierarquicamente entre espécies e grupos de espécies. Se as pessoas entenderem e interpretarem isso corretamente, elas desenvolverão um entendimento intuitivo de relações evolutivas baseadas em hierarquias (Baum, Smith & Donovan, 2005; Catley et al. 2005; Baum & Offner, 2008). Com isso, o simples fato de ensinar sobre Biologia Evolutiva oferece uma excelente oportunidade de introduzir a estudantes (e pessoas leigas no assunto em geral) o método científico e a natureza da própria ciência. A lição a ser buscada aqui é familiarizar essas pessoas com o método científico, que, por sua vez, é amplamente tido como um objetivo primordial na educação científica (Lederman, 1992).

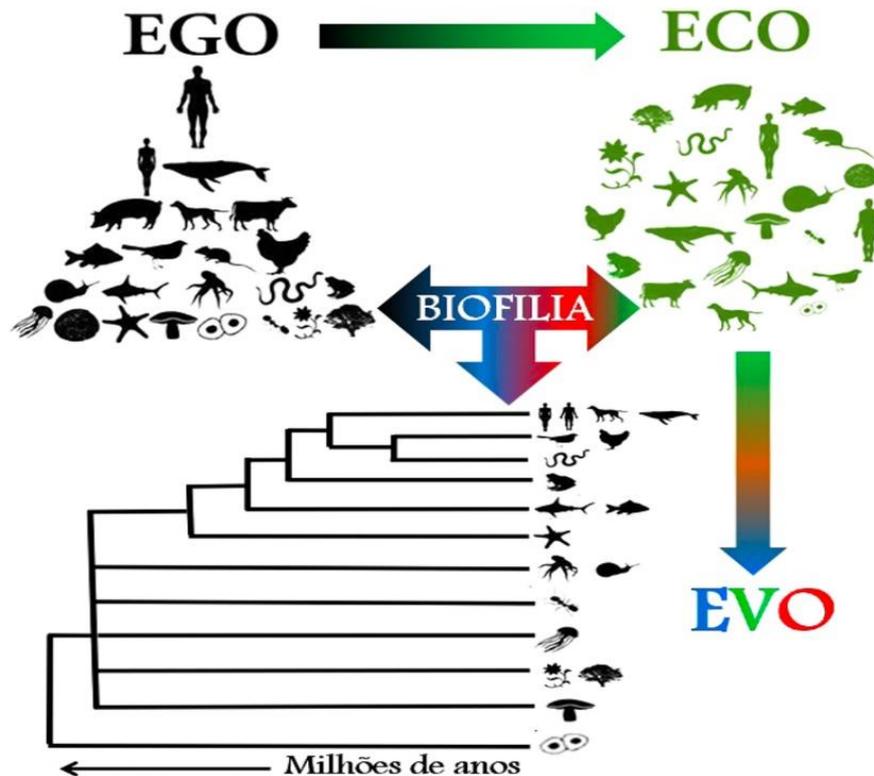
Além da Biologia da Conservação, muitas outras áreas da ciência têm vislumbrado os benefícios dos ambientes naturais para o bem-estar humano. Este bem-estar inconsciente que a natureza de ambientes preservados nos desperta é denominado ‘biofilia’, e versa sobre a ligação emocional que os seres humanos têm com outros organismos vivos e com a natureza. O termo tem suas raízes no grego: *bios*, que significa vida e *philia*, que significa amor, afeição, ou necessidade de satisfação. Ao pé da letra, portanto, biofilia é o amor que naturalmente temos pela vida. É também um termo que compreende uma perspectiva científica da atração pela natureza como um princípio evolutivo (Wilson, 1984, 2017), e que pode ser utilizada como uma baliza ética para a conservação da biodiversidade (Simaika & Samways, 2010).

Essa ligação emocional e desejo instintivo de se afiliar a outras formas de vida e está em nossos genes e se tornou hereditária (Wilson, 2017), e isso significa que a biofilia está inscrita no nosso cérebro, expressando dezenas de milhares de anos de experiência evolutiva. De acordo com esta hipótese, os seres humanos procuram inconscientemente essas conexões ao longo da vida. E entre outras áreas da ciência que tem corroborado esta hipótese, e que merece destaque aqui, é a Psicologia e a Medicina. Pesquisadores tem investigado como nosso cérebro reage em diferentes ambientes e situações cotidianas, gerando resultados que estão fundamentando uma base biológica para a Psicologia melhor entender a importância neurológica dos ambientes naturais para a qualidade de vida dos humanos. Investigadores da Faculdade de Medicina da Universidade de Exeter (Inglaterra) analisaram recentemente dados da saúde mental de dez mil habitantes da cidade. Concluíram que as pessoas que viviam em zonas mais perto de espaços verdes relatavam menos sofrimento; os dados analisados mostraram o decréscimo dos hormônios de estresse em circulação no sangue são associados a um estilo de vida que inclui a proximidade de espaços verdes (Leong, Fischer & McClure, 2014). Estes autores demonstraram que a conexão com a natureza influencia nossa cognição, aprimorando percepções mais holísticas que são benéficas à criatividade e à inovação. Este padrão é defendido pela Teoria da Atenção Restaurada, que sugere que a exposição à natureza pode restaurar processos do córtex pré-frontal de nosso cérebro (Kaplan, 1995).

Com isso em mente, proponho aqui uma abordagem que faz emergir o raciocínio de evolução biológica e conservação de linhagens (e ambientes) a partir da visão mais comumente impregnada no grande público, que denomino aqui de ‘transição Ego-Eco-Evo’. Com ela, transcender paulatinamente a visão egocêntrica que a sociedade em geral ainda insiste em ver o mundo natural primeiramente dá lugar a um espectro mais holístico e estritamente ecológico, incluindo o ser humano como parte integrante no meio ambiente como espécie componente – e não o seu centro; por fim, ter consciência da recenticidade de nossa espécie em relação às outras formas de vida que nos cerca (Figura 2).

Essa proposta justifica-se porque as teorias e aplicações conservacionistas com foco no raciocínio filogenético ainda são raras ou inexistentes em planos de ensino na educação básica ou mesmo na Educação Ambiental. Ademais, os assuntos de evolução biológica mais rejeitados pela sociedade são em geral processos macroevolutivos (i.e., evolução em larga escala, que ocorre acima do nível das espécies). Isso se dá provavelmente pelo fato de que, em geral, no ensino da Biologia não há muito tempo dedicado a tópicos de macroevolução (e.g., Sistemática Filogenética), o que gera barreiras para o entendimento dos mecanismos de evolução (Catley, 2006). E essa base teórica é essencial para dar palco a discussões sobre a importância da história evolutiva de cada espécie na estruturação e funcionamento de comunidades e ecossistemas naturais.

**Figura 2.** A evolução de pontos de vistas para se despertar um espírito mais crítico em relação à biodiversidade por meio da biofilia, que deve romper com uma visão egocêntrica de mundo (EGO), onde o homem tem maior importância do que todos os outros seres vivos (incluindo a mulher) para transitar para um ponto de vista ecológico (ECO), onde a espécie humana faz parte do meio ambiente e interage e depende de outras formas de vida. Por fim, a biodiversidade é vista como o resultado de uma longa história evolutiva (EVO), com a maioria das linhagens sendo mais antigas que a espécie humana.



Fonte: Elaborado pelo autor

No entanto, as pessoas atualmente estão gastando mais tempo interagindo com a mídia e a tecnologia e menos tempo participando de atividades na natureza. Essa mudança de estilo de vida claramente tem ramificações para nosso bem-estar, e a Psicologia tem desenvolvido abordagens interessantes para mensurar o impacto de ambientes naturais em nossa saúde física e mental. Consistente com a Teoria da Atenção Restaurada, a pesquisa de Atchley, Strayer e Atchley (2012) indica que a exposição a ambientes naturais parece reabastecer alguns módulos de nível inferior do sistema de execução de tarefas. Os resultados deste estudo indicam que apenas quatro dias de imersão na natureza e a correspondente desconexão da tecnologia aumentam a criatividade e a resolução de problemas em 50%. Os resultados também demonstram que há uma vantagem cognitiva se passarmos um tempo imerso em um ambiente natural. Em ambientes urbanos, contudo, não é tão fácil encontrar espaço para que a biofilia se desperte nas pessoas.

Em comparação com as culturas anteriores, a tecnologia atual permite um distanciamento da natureza maior do que nunca. Avanços tecnológicos, maior tempo gasto no interior de edifícios e carros, e menos atividades que estimulem a biofilia dificultam uma geração de respeito e contemplação com o meio ambiente. É importante entendermos como biofilia é despertada, como ela prospera, o que exige de nós e como ela está

sendo utilizada. Sob esta perspectiva científica e filosófica, este apego e enlace harmônico de bem-estar com a natureza é o que nos faz realmente seres humanos, pois nos (re)conecta aos ambientes e sensações ancestrais incrustadas em nosso cérebro e em nossa memória evolutiva. Entender isso é expandir a nossa consciência sobre nós mesmos e sobre tudo o que nos rodeia. Assim, disseminar esse tipo de conhecimento é de extrema relevância para uma sociedade preocupada com a saúde ambiental de seu país, estado ou cidade, bem como garantir a qualidade de vida de seus cidadãos. Mas para que isso ocorra, essa tarefa deve ser executada efetivamente na educação básica, no ensino superior e na Educação Ambiental em diferentes níveis de abordagem para que se mude o paradigma antropocêntrico que insiste em dominar a percepção dos humanos em relação à natureza que os cerca.

## **2.2. Por uma Educação Ambiental que considere a história evolutiva e os serviços ecossistêmicos para a conservação da biodiversidade**

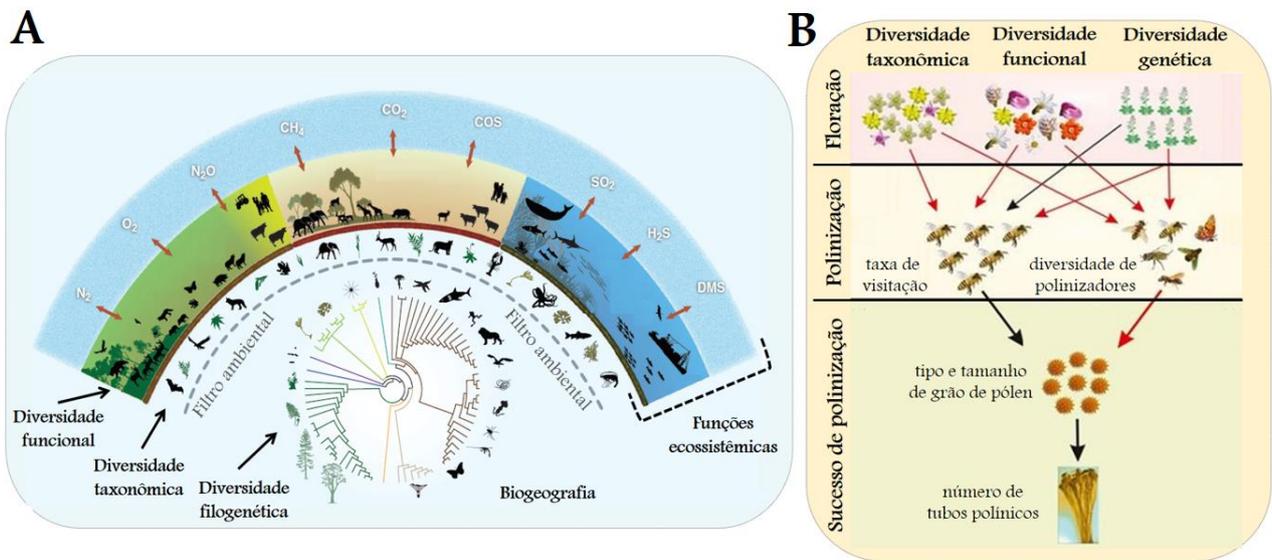
As questões ambientais têm ganhado crescente importância no cotidiano da sociedade devido a diferentes práticas que mazecam nosso meio ambiente e fazem a qualidade de vida de toda a biosfera regredir (De Souza et al., 2011), criando a necessidade de estimular movimentos sociais e ambientais que coloquem em prática projetos de conscientização, alertando a sociedade sobre situações e práticas destrutivas, que variam desde a má utilização de recursos até a destruição de habitats e ecossistemas (Cuba, 2010). Nessa esteira, El-Hani & Mortimer (2007) advertem que ao mesmo tempo em que devemos assumir que o entendimento dos estudantes sobre teorias, modelos e conceitos científicos seja o maior propósito da educação científica, o ensino de ciências não pode adotar como objetivo mudar a crença de seus alunos, correndo-se o risco de travestir a ciência como doutrinária e proselitista. A decisão de acreditar ou não em ideias científicas é do estudante, mas eles têm necessariamente o direito de entender essas ideias. Nesse sentido, Santos et al (2007) afirmam que devido a Biologia estar inserida no cotidiano das pessoas através de suas descobertas presentes nos meios de comunicações, ela deve erigir um caráter crítico, que as tornem capaz de tomar decisões. Afinal, um dos lemas da Educação Ambiental é que ela seja “uma ação transformadora que permita a produção, apropriação, transmissão crítica, transformadora e emancipatória da totalidade histórica e concreta da vida dos homens no ambiente” (Tozoni-Reis, 2004).

A relação entre as histórias evolutivas dos vertebrados terrestres ilustrados com os tipos de habitats que elas habitam na Figura 1 é um bom exemplo para retratar a complexidade dos mecanismos e processos que alicerçam a biodiversidade. As grandes variações geológicas, climáticas e ecológicas ao longo de toda sua extensão promovem uma grande diversidade de condições ambientais, influenciando tanto a biodiversidade como um todo como a aparência (fitofisionomia) da vegetação. Nesta tessitura, a Educação Ambiental tem o potencial de impulsionar um processo no qual os cidadãos, a partir de um processo que estimula o pensamento crítico, tomam consciência de sua realidade e problematiza sua ação e seu papel neste contexto (Vieira et al., 2018). Mais especificamente, insere-se em um processo no qual deixa de ser um sujeito passivo e passa a ser um sujeito atuante, transformando o ambiente ao seu redor (De Souza et al., 2011). No entanto, diversos estudos têm demonstrado uma limitação de entendimento sobre as complexas questões subjacentes aos temas abordados dentro do conceito de Educação Ambiental. Maia & Tozoni-Reis (2018), por exemplo, identificaram que a noção de educação ambiental concebida por professores não foi capaz de superar abordagens limitadas relacionadas à sustentabilidade e da relação ecológica e evolutiva dos seres humanos com a natureza.

A ação positiva da diversidade se dá pelo efeito dominante de algumas espécies chave, que fornecem uma quantidade grande de serviços (e.g., espécies de árvores de grande porte que sequestram carbono em sua biomassa), ou pelo dos serviços variados desempenhados por múltiplas espécies. Além disso, a rica variedade de flora e fauna que interagem entre si e com o ambiente assegura a renovação e a resiliência da floresta, atuando positivamente na própria manutenção das espécies. Como consequência, é assegurado o

armazenamento de material genético único de produtos potencialmente úteis à população humana (Figura 3A). Exemplo de espécie-chave para o serviço de produção são as abelhas nativas, que, ao se deslocarem da floresta para as áreas agrícolas vizinhas, realizam a polinização e aumentam substancialmente a produção de espécies agrícolas, como frutíferas e grãos (Figura 3B). Embora essa situação de alta fragmentação e perturbação seja recorrente em diferentes regiões do país, estudos mostram que a restauração pode reverter esse quadro, sendo possível triplicar a quantidade de carbono sequestrado em áreas florestais em regeneração em apenas 60 anos (Marques et al., 2016). Por essa razão, é imprescindível que se conserve os fragmentos ainda restantes e, caso tenhamos que escolher entre um e outro, devemos sempre priorizar os que detém a maior diversidade (genética, taxonômica e funcional) possível.

**Figura 3.** Diagrama da relação entre biodiversidade e funcionamento de ecossistemas. A diversidade filogenética e taxonômica, processos biogeográficos e populacionais, interações bióticas, e características funcionais contribuem para diferentes dimensões da biodiversidade que caracterizam a biota de cada ecossistema, como processos biogeoquímicos. As trocas químicas entre a atmosfera e a biosfera mostradas no arco mais externo (A). Esquema teórico para os efeitos da floração e sucesso da polinização de abelhas. Note que nesse modelo as diversidades taxonômica, funcional e genética afetam a taxa de visitação e a diversidade de polinizadores, que por sua vez influencia o tipo e tamanho de grãos de pólen e o número dos tubos polínicos. Setas indicam os efeitos ecológicos previstos (B).



Fonte: Modificado de Naeem et al. (2012) e Albor et al. (2019).

Em relação aos biomas brasileiros, uma das importâncias de se resguardar esses diversos tipos de habitats é que eles mantem a heterogeneidade de seus serviços e funções ecossistêmicas. De acordo com De Groot et al. (2012), as funções ecossistêmicas podem ser agrupadas em quatro categorias primárias: i) funções de regulação; ii) funções de habitat; iii) funções de produção; e iv) funções de informação. Todas essas funções asseguram que a homeostase e o funcionamento dos ecossistemas que fornecem benefícios diretos e indiretos ao bem-estar humano. Estes benefícios são os chamados Serviços Ambientais ou Serviços Ecossistêmicos. De modo geral, uma função ecossistêmica gera um determinado serviço ecossistêmico quando os processos naturais subjacentes desencadeiam uma série de benefícios direta ou indiretamente apropriáveis pelo ser humano, incorporando a noção de utilidade antropocêntrica. Em outras palavras, uma função passa a ser considerada um serviço ecossistêmico quando ela apresenta potencial de ser utilizada para fins humanos.

De acordo com a Avaliação Ecológica do Milênio (programa de pesquisas sobre mudanças ambientais e suas tendências para as próximas décadas) os serviços ecossistêmicos são classificados em quatro categorias: i) serviços de provisão (ou serviços de abastecimento); ii) serviços de regulação; iii) serviços culturais; e iv) serviços de suporte. É cada vez maior a frequência de trabalhos acadêmicos na última década que começa a mensurar em termos monetários o valor desses serviços prestados naturalmente pelos ecossistemas e comunidades na natureza (e.g., Mehvar et al., 2018; Heckwolf et al., 2021; Pires-Marques, Chaves, & Pinto, 2021). Por exemplo, Kunz et al. (2011) revisaram os serviços ecossistêmicos fornecidos por morcegos na América do Norte e encontraram valores na casa dos bilhões de dólares anuais. Além de desempenharem um importante papel na polinização de uma infinidade de plantas de interesse econômico, este grupo de mamíferos voadores se alimentam de insetos e outros artrópodes que podem se tornar pragas agrícolas em sua ausência. Estima-se que mais de 90% das pragas em potencial são limitadas por ecossistemas naturais, dos quais alguma fração pode ser atribuída à predação por morcegos (Naylor & Ehrlich, 1997). Estudos dessa natureza ainda são incipientes ou inexistentes no Brasil, e um dos motivos é a falta de investimento e fomento para pesquisas básicas em universidades públicas ou centros de pesquisa em geral, uma vez que estudos dessa magnitude só podem ser realizados via projetos de longa duração, como os PELDs (Programas Ecológicos de Longa Duração), mas que têm sofrido cada vez mais cortes nos últimos anos.

Assim, para continuarmos a conhecer e proteger nossa biodiversidade, é preciso que haja continuamente investimentos em pesquisas, e para isso é indispensável o fluxo de recursos para instituições de ensino e pesquisa, assim como para cursos de pós-graduação relacionados ao meio ambiente. Infelizmente, durante a última década cientistas brasileiros têm enfrentado uma dramática redução no suporte financeiro destinado a estes fins (Gibney, 2015; Angelo, 2017). Recentemente o Brasil havia emergido como um país líder nas questões ambientais, tendo um papel proeminente em fóruns internacionais como as Nações Unidas e suas conferências em desenvolvimento sustentável. O país ganhou prestígio pela expansão de suas redes de áreas protegidas e reduções em índices de desflorestamento. Mesmo assim, esse sucesso está sendo comprometido pelas pressões e mudanças em legislações (Ferreira et al. 2014). Assim, tão urgente quanto o maior volume de pesquisas ainda necessárias para se conhecer melhor os serviços ecossistêmicos prestados pelos ambientes naturais, é a necessidade de que a sociedade conheça melhor a sua unicidade, para que possa entender a importância de se preservá-la. Logo, a divulgação científica e a educação ambiental se tornam essenciais nessa ponte entre universidade e sociedade – um papel que muitas vezes é feito pelo jornalismo científico, mas que também apresenta algumas limitações.

### **2.3. Divulgação científica em biodiversidade e restauração ecológica: há esperança em meio ao caos da degradação ambiental?**

De acordo com Vogt et al (2006), a comunicação pública tem um papel fundamental nas sociedades contemporâneas não só pela importância na formação dos cidadãos, mas também por uma necessidade da própria ciência. Discutindo o papel social que a ciência tem com a sociedade, Fourez (1995) esclarece:

“Se o conjunto da população não compreende nada de ciência, ou se permanece muda de admiração diante das maravilhas que podem realizar os cientistas, ela será pouco capaz de participar dos debates relativos às decisões que lhes dizem respeito. Se, pelo contrário, a vulgarização científica der às pessoas conhecimentos suficientemente práticos para que elas possam ponderar sobre as decisões com melhor conhecimento de causa, ou pelo menos saber em que “especialista” elas podem confiar, essa vulgarização é uma transmissão de poder” (Fourez, 1995, p.221/222).

Hoje, muitas decisões importantes para o trabalho dos cientistas são tomadas com auxílio de pessoas de diversas áreas, e não apenas por especialistas ou pesquisadores. “A interação entre a ciência e os variados tipos de público é hoje uma exigência social, e não somente um filantrópico desejo de democratizar o conhecimento”

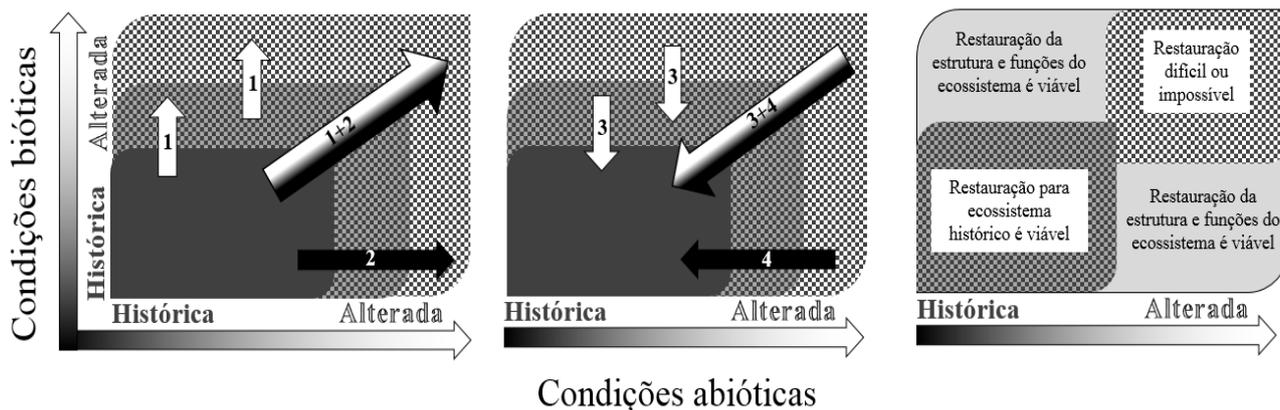
(Vogt et al, 2006, p.88-89.). Nesse contexto, ainda que a atual capacidade da humanidade em alterar os sistemas naturais do planeta tenha criado uma necessidade sem precedentes para previsões ecológicas (Luo et al. 2011), a maioria dos brasileiros não tem conhecimento acerca das relíquias biológicas e índices de endemismo presente em seus biomas, ainda que a necessidade de se conservar a diversidade biológica tenha se tornado um objetivo social amplamente conhecido, que se reflete em políticas internacionais, nacionais e locais, bem como em documentos, materiais didáticos e companhias na mídia (Santamaria & Mendéz, 2012).

Mesmo que este diálogo entre fontes e divulgadores esteja ocorrendo com mais intensidade nos últimos anos, pela emergência de pautas que têm cativado a mídia e gerado mais espaços de interação, as características intrínsecas aos processos de produção que os incluem podem gerar atritos. Pesquisadores ou cientistas podem apresentar restrições ao esforço de popularização da ciência, alegando muitas vezes que o jornalista ou o divulgador muitas vezes não está capacitado para o processo de decodificação ou recodificação do discurso especializado (Bueno, 2011). Além disso, o processo de produção jornalística pode privilegiar a espetacularização da notícia (o que acontece de maneira recorrente), buscando mais a ampliação da audiência do que a precisão ou a completude da informação (Bueno, 2010; Machado & Sandrini, 2013). Por fim, muitos pesquisadores e cientistas ainda não atentaram para o papel estratégico que a popularização representa para o setor de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), e em muitos casos fogem da interação com os jornalistas (Machado & Sandrini, 2013).

Nesse cenário, é conflitante pensar que a escola que temos hoje no Brasil possa receber e incorporar uma Educação Ambiental crítica, interdisciplinar, emancipadora e transformadora como proposto nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (Torales-Campos, 2015). De que forma esta Educação Ambiental crítica que tanto se faz necessária se insere na escola desigual, tecnocrata e de concepções limitadas que temos hoje no Brasil? Desponta-se aqui um antagonismo ontológico entre o que se estabelece na lei e o que a realidade conjuntural dispõe. E desse antagonismo surgem, de forma absolutamente compreensível, as grandes dificuldades encontradas pelos docentes da educação básica na tentativa, muitas vezes frustrante, de abordar a Educação Ambiental e não recair nas atividades pontuais, acrílicas e descontextualizadas sobre as quais recorrentes pesquisas discorrem (Effting, 2007; Loureiro & Cossio, 2007; Reigota, 2010).

Enquanto a educação básica e a Educação Ambiental ainda não incorporam explicitamente contextos evolutivos e macroecológicos em suas abordagens, a ciência vem demonstrando empiricamente o que algumas teorias ecológicas têm proposto ao longo das décadas: ecossistemas com um número maior de espécies fornecem maior quantidade ou qualidade de serviços ambientais, além de se recuperarem mais rapidamente após distúrbios (Figura 4) – ou seja, comunidades e ecossistemas mais diversos são mais resilientes e mais resistentes (Hobbs, Higgs & Harris, 2009). A literatura especializada tem revelado que quanto maior a riqueza de espécies, maior é a capacidade de restauração de ecossistemas e comunidades tanto em ambientes terrestres quanto aquáticos (Ives, Klug & Gross, 2000; Downing & Leibold, 2010; Vogel, Scherer-Lorenzen & Weigelt, 2012; Willis, Jeffers & Tovar, 2018), o que tem implicações radicais para a restauração de ambientes degradados (Allison, 2004; Trubina, 2008) e para a manutenção de serviços e funções ecossistêmicas, que são mais amplos e diversificados conforme a biodiversidade aumenta (Oliver et al., 20015a, 2015b). Essa relação é especialmente importante em ecossistemas onde a diversidade de espécies e o endemismo são altos, como é o caso dos biomas brasileiros.

**Figura 4.** Tipos de ecossistemas sob diversos níveis de alterações bióticas e abióticas, explicitando cenários onde os ecossistemas mantêm seu estado histórico (preto), híbrido (quadrículas cinza-escuro) e alterados onde os ecossistemas têm mudanças potencialmente irreversíveis em sua composição (quadrículas cinza-claras). As setas indicam os caminhos de desenvolvimento de ecossistemas sob mudanças de composição biótica e abiótica. Os números representam a perda de espécies e introdução de espécies invasoras (1), alteração das condições abióticas (2) remoção de espécies invasoras (3) e restauração das condições abióticas históricas (4). As setas bicolors apresentam os efeitos sinérgicos (1+2, 3+4) das alterações nestes cenários. Os estados originais de cada área podem ser restaurados ou não de acordo com o grau de alteração, indicando áreas onde a restauração da estrutura e função de ecossistemas é mais difícil ou impossível.



Fonte: Modificado de Hobbs, Higgs & Harris (2009)

Embora os altos índices de fragmentação e perturbação seja recorrente em diferentes regiões do país, estudos mostram que a restauração de áreas perturbadas em biomas brasileiros pode reverter esse quadro, sendo possível triplicar a quantidade de carbono sequestrado em áreas florestais em regeneração em apenas 60 anos na Mata Atlântica (Marques et al., 2016). Assim, a manutenção das reservas existentes, o estabelecimento de corredores ecológicos entre as reservas e a criação de novas reservas são urgentemente necessários para garantir a conservação das espécies nessas áreas (Costa et al. 2010). Para o bioma Cerrado, por exemplo, Strassburg et al. (2017) abordam o conceito de “Cerrado Mais Verde”, onde são adotadas uma série de políticas para conciliar a expansão do agronegócio e a conservação dos remanescentes naturais do bioma e a restauração de habitats críticos para espécies ameaçadas de extinção. Em teoria, as ações desse cenário são capazes de ajudar na conservação de mais de 650 espécies endêmicas ameaçadas do bioma, com potencial de evitar até 83% das extinções projetadas se a restauração for direcionada as áreas críticas, como os corredores ecológicos.

### 3. Considerações finais

Via de regra, quanto maior a diversidade estimada de um país e quanto menor o seu conhecimento sobre ela, mais crítica e urgente é a necessidade de esforços, sendo exponencialmente maior a responsabilidade deste país em relação à conservação de seus recursos naturais (Marques & Lamas, 2006). Uma nação megadiversa como o Brasil será sempre um território fértil para pesquisas em biodiversidade, e por isso tem o dever de desenvolver ações conservacionistas para proteger e restaurar o que ainda não destruímos. E para isso, além de estudos estratégicos que devem ser priorizados e implementados o quanto antes (Brandon et al. 2005), é preciso disseminar melhor o que já sabemos até agora sobre a unicidade histórica e a diversidade de formas de vida que habitam nosso país. Mas sem uma percepção evolutiva e ecológica, tendemos a achar que o planeta é uma casa habitada apenas por humanos, sem nos darmos conta que a compartilhamos com quase todas as espécies e paisagens que estavam aqui muito antes de nós. O raciocínio da ancestralidade comum, portanto, é de suma importância para se trabalhar qualquer conceito ou ideia relacionada ao meio ambiente. Um caminho

próspero para despertar este sentimento de pertencimento à natureza, inclusive para contemplá-la, é explorar na prática a teoria da biofilia. Cultivar e desenvolver a nossa ‘memória evolutiva’ é essencial para um despertar de uma consciência mais holística e humanitária em relação aos outros organismos que nos cerca.

Todos temos, como brasileiros e brasileiras, nossa parcela de responsabilidade em não apenas gerarmos e comunicarmos novas descobertas, mas também de descortinar um olhar crítico e mais lúcido para a sociedade atual em termos ecológicos, éticos e morais. É preciso urgentemente um maior esforço em frentes de divulgação científica para uma alfabetização ecológica e evolutiva que radicalmente mude a visão antropocêntrica de mundo que a sociedade tem da natureza. À medida que estendemos as explicações científicas dentro dos domínios da biologia, nós ganhamos confiança – ou ficamos aterrorizados – pela conscientização de que nosso destino como espécie muitas vezes depende do nosso próprio discernimento e compaixão de uns para com os outros, e também com as outras formas de vida; e não dos caprichos de uma entidade sobrenatural que nos resgatará de nossos próprios tropeços. Infelizmente, apenas começamos a entender como o homem está alterando o futuro evolutivo. As ações que tomarmos nas próximas décadas na busca pela desaceleração da perda da biodiversidade determinarão o grau de empobrecimento de nossa biota. É possível que, em mil anos, muitas espécies sofram pela falta da habilidade de evoluir e necessitarão de nossa intervenção por meio de manejo genético e ecológico (Woodruff, 2001). Considerando-se que o homem surgiu há apenas 200 mil anos e tendo em vista que o tempo médio de duração de uma espécie é de cerca de 1 milhão de anos, nossa espécie está apenas em sua adolescência. Como Ehrlich e Pringle (2008) atestam:

“Trata-se, de fato, de uma coincidência, pois agora o *Homo sapiens* se comporta como se fosse um adolescente mimado. Narcisistas e pressupondo nossa própria imortalidade, tratamos mal os ecossistemas que nos geraram e nos amparam, sem pensar nas consequências (Ehrlich & Pringle, 2008, p. 11579)”.

À medida que pensamos com humildade sobre o nosso lugar na história biológica da Terra e que refletimos sobre nossa origem comum com outros seres vivos, podemos passar a perceber e a nos preocupar mais com outras incontáveis formas surpreendentes de vida que nos cerca, e sabermos lidar com sabedoria para o seu manejo e o gerenciamento. Em nosso contexto científico e educacional brasileiro, a jornada do herói ambiental ainda está no purgatório social e político e nossa musa ainda é a esperança. Por isso, devemos nos deixar guiar pela ciência e pelo raciocínio crítico, lógico, ético e moral para desenvolver a nossa nação. Sem educação ou ciência, não há país que seja uma impávida nação em termos de desenvolvimento; sem esses guias que para nos nortear, continuaremos deitados eternamente nos berços esplêndidos da passividade e escravos da ignorância. Se somos filhos e filhas que não fogem à luta em favor de nossa pátria pouco amada, mas muito idolatrada, que nossos bosques realmente tenham sempre mais vida no seio da terra cada vez mais linhagens filogenéticas e relações ecológicas, e que o futuro ainda resguarde e espelhe a colossal biodiversidade de nosso gigante país abençoado pela natureza mas tão mal gerida por nós.

#### 4. Referências

Albor, C., García-Franco, J. G., Parra-Tabla, V., Díaz-Castelazo, C., & Arceo-Gómez, G. (2019). Taxonomic and functional diversity of the co-flowering community differentially affect *Cakile edentula* pollination at different spatial scales. **Journal of Ecology**, *107*(5), 2167-2181.

Allison, G. (2004). The influence of species diversity and stress intensity on community resistance and resilience. **Ecological Monographs**, *74*(1), 117-134.

Angelo, C. (2017). Brazilian scientists reeling as federal funds slashed by nearly half. **Nature**, *544*(7648).

Atchley, R. A., Strayer, D. L., & Atchley, P. (2012). Creativity in the wild: Improving creative reasoning

through immersion in natural settings. **PloS One**, 7(12), e51474.

Baum, D. A., Smith, S. D., & Donovan, S. S. (2005). The tree-thinking challenge. **Science**, 310(5750), 979-980.

Baum, D. A., & Offner, S. (2008). Phylogenics & tree-thinking. **The American Biology Teacher**, 70(4), 222-229.

Boggs, C. (2016). Human niche construction and the Anthropocene. **RCC Perspectives**, (2), 27-32.

Brandon, K., Fonseca, G. D., Rylands, A. B., & Silva, J. D. (2005). Conservação brasileira: desafios e oportunidades. **Megadiversidade**, 1(1), 7-13.

Bueno, W. D. C. (2010). Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação & Informação**, 15(1esp), 1-12.

Bueno, W. D. C. (2011). As fontes comprometidas no jornalismo científico. *PORTO, CM; BROTAS, AMP; BORTOLIERO, ST* **Diálogos entre ciência e a divulgação científica**. Salvador: EDUFBA, 55-72.

Burkhardt, H. (2013). Human Footprint on the Global Environment: Threats to Sustainability. **Canadian Studies in Population [ARCHIVES]**, 40(1-2), 103-104.

Cantino, P. D., & De Queiroz, K. (Eds.). (2020). **PhyloCode: a phylogenetic code of biological nomenclature**. CRC Press.

Catley, K. M. (2006). Darwin's missing link—a novel paradigm for evolution education. **Science Education**, 90(5), 767-783.

Chakrabarty, D. (2018). Anthropocene time. **History and Theory**, 57(1), 5-32.

Cianciaruso, M. V., Silva, I. A., & Batalha, M. A. (2009). Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, 9, 93-103.

Costa, G. C., Nogueira, C., Machado, R. B., & Colli, G. R. (2010). Sampling bias and the use of ecological niche modeling in conservation planning: a field evaluation in a biodiversity hotspot. **Biodiversity and Conservation**, 19(3), 883-899.

Cuba, M. A. (2010). Educação ambiental nas escolas. **Educação, Cultura e Comunicação**, 1(2). p. 23-31.

Davies, T. J. (2006). Evolutionary ecology: when relatives cannot live together. **Current Biology**, 16(16), R645-R647.

De Groot, R., Brander, L., Van Der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., ... & Van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem services**, 1(1), 50-61.

De Sousa, G. L., de Medeiros, A. B., Mendonça, M. J. D. S. L., & de Oliveira, I. P. (2011). A Importância da

educação ambiental na escola nas séries iniciais. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, 4(1).

Diniz Filho, J. A. F., Terribile, L. C., Oliveira, G. D., & Rangel, T. F. L. V. D. B. (2009). Padrões e processos ecológicos e evolutivos em escala regional. **Megadiversidade**, v. 5, p. 5-16.

Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. **The American Biology Teacher**; 35 (3): 125–129.

Downing, A. L., & Leibold, M. A. (2010). Species richness facilitates ecosystem resilience in aquatic food webs. **Freshwater Biology**, 55(10), 2123-2137.

Effting, T. R. (2007). **Educação Ambiental nas Escolas Públicas: realidade e desafios**. Monografia (Pós Graduação em “Latu Sensu” Planejamento Para o Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste, 90.

Ehrlich, P. R., & Pringle, R. M. (2008). Where does biodiversity go from here? A grim business-as-usual forecast and a hopeful portfolio of partial solutions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 105(Supplement 1), 11579-11586.

El-Hani, C. N., & Mortimer, E. F. (2007). Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. **Cultural studies of science education**, 2(3), 657-702.

Faith, D. P. (1992). Conservation evaluation and phylogenetic diversity. **Biological Conservation**, 61(1), 1-10.

Fenker, J., Domingos, F. M., Tedeschi, L. G., Rosauer, D. F., Werneck, F. P., Colli, G. R., ... & Moritz, C. (2020). Evolutionary history of Neotropical savannas geographically concentrates species, phylogenetic and functional diversity of lizards. **Journal of Biogeography**, 47(5), 1130-1142.

Ferreira, J., Aragão, L. E. O. C., Barlow, J., Barreto, P., Berenguer, E., Bustamante, M., ... & Zuanon, J. (2014). Brazil's environmental leadership at risk. **Science**, 346(6210), 706-707.

Fourez, G. (1995). **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências**. Unesp. São Paulo: Editora da Universidade Paulista.

Futuyma, D. J. (2002) **Biologia Evolutiva**. 2.ed. Ribeirão Preto – SP: FUNPEC-RP.

Gibney, E. (2015). Brazilian science paralysed by economic slump. **Nature News**, 526(7571), 16.

Gleason, H. A. (1926). The individualistic concept of the plant association. **Bulletin of the Torrey botanical club**, 7-26.

Gregory, T. R. (2008) Understanding evolutionary trees. **Evol Educ Outreach**, 1 (2): 121–37.

Gregory, T. R., & Ellis, C. A. (2009). Conceptions of evolution among science graduate students. **BioScience**, 59(9), 792-799.

Heckwolf, M. J., Peterson, A., Jänes, H., Horne, P., Künne, J., Liversage, K., ... & Kotta, J. (2021). From ecosystems to socio-economic benefits: A systematic review of coastal ecosystem services in the Baltic Sea. **Science of The Total Environment**, 755, 142565.

Hobbs, R. J., Higgs, E., & Harris, J. A. (2009). Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. **Trends in Ecology & Evolution**, 24(11), 599-605.

Hortal, J., de Bello, F., Diniz-Filho, J. A. F., Lewinsohn, T. M., Lobo, J. M., & Ladle, R. J. (2015). Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 46, 523-549.

Ives, A. R., Klug, J. L., & Gross, K. (2000). Stability and species richness in complex communities. **Ecology Letters**, 3(5), 399-411.

Kaplan S (1995) The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. **Journal of Environmental Psychology** 15(3): 169–182.

Kunz, T. H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T., & Fleming, T. H. (2011). Ecosystem services provided by bats. **Annals of the New York academy of sciences**, 1223(1), 1-38.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. **Journal of research in science teaching**, 29(4), 331-359.

Leong, L. Y. C., Fischer, R., & McClure, J. (2014). Are nature lovers more innovative? The relationship between connectedness with nature and cognitive styles. **Journal of Environmental Psychology**, 40, 57-63.

Loureiro, C. F. B., & Cossío, M. F. B. (2007). Um olhar sobre a educação ambiental nas escolas: considerações iniciais sobre os resultados do projeto “O que fazem as escolas que dizem que fazem educação ambiental?”. **Conceitos e práticas em educação ambiental na escola**, 57.

Luo, Y., Ogle, K., Tucker, C., Fei, S., Gao, C., LaDeau, S., ... & Schimel, D. S. (2011). Ecological forecasting and data assimilation in a data-rich era. **Ecological Applications**, 21(5), 1429-1442.

Machado, N., & Sandrini, R. (2013). Jornalismo científico: desafios e problemas na cobertura da ciência. **Revista Caminhos**, on-line. Humanidades. Rio do Sul, a, 4, 169-183.

Maia, J. S. S. & Tozoni-Reis, M. F. C. (2018). Produção Coletiva de uma Proposta de Educação Ambiental na Escola Pública. **Cadernos de Pesquisa: Pensamento Educacional**, Curitiba, Número Especial, p.241-259.

Maciel, T. A. C., & de Mello, R. (2020). Fatores que mais influenciam a percepção sobre evolução biológica e criacionismo em alunos do ensino médio do Distrito Federal. **Revista Ciências & Ideias** ISSN: 2176-1477, 11(3), 85-107.

Marques, A. C., & Lamas, C. J. E. (2006). Taxonomia zoológica no Brasil: estado da arte, expectativas e sugestões de ações futuras. **Papéis Avulsos de Zoologia**, 46, 139-174.

Marques, M. C. M., Silva, A. C. L., Rajão, H., Rosado, B. H. P., Barros, C. F., Oliveira, J. A., ... & Bergallo,

- H. G. (2016). Mata Atlântica: O desafio de transformar um passado de devastação em um futuro de conhecimento e conservação. **Conhecendo a Biodiversidade**, 1ed. MCTIC, CNPq, PPBio, Brasília, 50-67.
- May, R. M., Lawton, J. H., & Stork, N. E. (1995). Assessing extinction rates. **Extinction rates**, 1, 13-14.
- Mayfield, M. M., & Levine, J. M. (2010). Opposing effects of competitive exclusion on the phylogenetic structure of communities. **Ecology letters**, 13(9), 1085-1093.
- Mehvar, S., Filatova, T., Dastgheib, A., De Ruyter van Steveninck, E., & Ranasinghe, R. (2018). Quantifying economic value of coastal ecosystem services: a review. **Journal of Marine Science and Engineering**, 6(1), 5.
- Meir, E., Perry, J., Herron, J. C., & Kingsolver, J. (2007). College students' misconceptions about evolutionary trees. **The American Biology Teacher**, 69(7).
- Meisel, R. P. (2010). Teaching tree-thinking to undergraduate biology students. **Evolution: Education and Outreach**, 3(4), 621-628.
- Mergeay, J., & Santamaria, L. (2012). Evolution and Biodiversity: the evolutionary basis of biodiversity and its potential for adaptation to global change. **Evolutionary applications**, 5(2), 103.
- Moritz, C. (1994). Defining 'evolutionarily significant units' for conservation. **Trends in ecology & evolution**, 9(10), 373-375.
- Moritz, C. (2002). Strategies to protect biological diversity and the evolutionary processes that sustain it. **Systematic biology**, 51(2), 238-254.
- Naylor, R., & Ehrlich, P. R. (1997). Natural pest control services and agriculture. **Nature's Services: societal dependence on natural ecosystems**, 151-174.
- Naeem, S., Duffy, J. E., & Zavaleta, E. (2012). The functions of biological diversity in an age of extinction. **Science**, 336(6087), 1401-1406.
- Nee, S. (2005). The great chain of being. **Nature**, 435(7041), 429-429.
- Oliver, T. H., Heard, M. S., Isaac, N. J., Roy, D. B., Procter, D., Eigenbrod, F., ... & Bullock, J. M. (2015). Biodiversity and resilience of ecosystem functions. **Trends in Ecology & Evolution**, 30(11), 673-684.
- Oliver, T. H., Isaac, N. J., August, T. A., Woodcock, B. A., Roy, D. B., & Bullock, J. M. (2015). Declining resilience of ecosystem functions under biodiversity loss. **Nature communications**, 6(1), 1-8.
- Palmer, M. A., Bernhardt, E. S., Chornesky, E. A., Collins, S. L., Dobson, A. P., Duke, C. S., ... & Turner, M. G. (2005). Ecological science and sustainability for the 21st century. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 3(1), 4-11.
- Pires-Marques, E., Chaves, C., & Pinto, L. M. C. (2021). Biophysical and monetary quantification of ecosystem services in a mountain region: the case of avoided soil erosion. **Environment, Development and Sustainability**, 1-24.

- Pozo, J. I., & Crespo, M. Á. G. (2009). **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre: Artmed, 5, 5.
- Reigota, M. (2000). La transversalidad en Brasil: una banalización neoconservadora de una propuesta pedagógica radical. **Tópicos en Educación Ambiental**, 2(6), 19-26.
- Ricklefs, R. E. (2003) **A economia da Natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan.
- Ricklefs, R. E. (2016). **A economia da natureza**. 7ª edição. Rio de Janeiro; Guanabara Koogan.
- Ryder, O. A. (1986). Species conservation and systematics: the dilemma of subspecies. **Trends in Ecology & Evolution**, 1, 9-10.
- Santamaría, L., & Mendez, P. F. (2012). Evolution in biodiversity policy—current gaps and future needs. **Evolutionary applications**, 5(2), 202-218.
- Santos, J. C. D., Alves, L. F. A., Corrêa, J. J., & Silva, E. R. L. (2007). Análise comparativa do conteúdo Filo Mollusca em livro didático e apostilas do ensino médio de Cascavel, Paraná. **Ciência & Educação**, 13, 311-322.
- Simaika, J. P., & Samways, M. J. (2010). Biophilia as a universal ethic for conserving biodiversity. **Conservation Biology**, 24(3), 903-906.
- Staggemeier, V. G., Cazetta, E., & Morellato, L. P. C. (2017). Hyperdominance in fruit production in the Brazilian Atlantic rain forest: the functional role of plants in sustaining frugivores. **Biotropica**, 49(1), 71-82.
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., & McNeill, J. (2011). The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, 369(1938), 842-867.
- Strassburg, B. B. N., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., & Loyola, R. (2017). Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology Evolut** 1 (4): 99.
- Torales Campos, M. A (2015). A formação de educadores ambientais e o papel do sistema educativo para a construção de sociedades sustentáveis. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**. Rio Grande, v.2. n. 32, pp. 266-281.
- Tozori-Reis, M. F. de C. 2004 **Educação ambiental: natureza, razão e história**. Campinas/SP.
- Trubina, M. R. (2008). Species richness and resilience of forest communities: combined effects of short-term disturbance and long-term pollution. In **Forest Ecology** (pp. 339-350). Springer, Dordrecht.
- Valva, F. A. & Diniz-Filho, J. A. F. (1998). **Histórico do Pensamento Evolucionista**. Cadernos de Biologia, N. 1. Mestrado em Biologia, ICB/UFG, Goiânia, GO.
- Valladares, F., Magro, S., & Martín-Forés, I. (2019). Anthropocene, the challenge for *Homo sapiens* to set its

own limits. **Cuadernos de investigación geográfica/Geographical Research Letters**, (45), 33-59.

Vieira, S. R.; Korte, A. L. A; Buss, C. L. & Torales-Campos, M. A. (2018). Educação ambiental: análise dos projetos apresentados pelas Escolas Participantes da IV Conferência Nacional Infanto-Juvenil pelo Meio Ambiente. **Cadernos de Pesquisa: Pensamento Educacional, Curitiba, Número Especial**, p.381-39.

Vogel, A., Scherer-Lorenzen, M., & Weigelt, A. (2012). Grassland resistance and resilience after drought depends on management intensity and species richness. **PloS one**, 7(5), e36992.

Vogt, C. (2006) SAPO (Science Authomatic Press Observer): construindo um barômetro da ciência e tecnologia na mídia. In: Carlos Vogt. (Org.). **Cultura Científica: desafios**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp. p. 84-130.

Wiens, J. J., & Donoghue, M. J. (2004). Historical biogeography, ecology and species richness. **Trends in Ecology & Evolution**, 19(12), 639-644.

Wilson, E. O. (1984). **Biophilia**. Harvard University Press.

Wilson, E. O. (2017). Biophilia and the conservation ethic. In **Evolutionary perspectives on environmental problems** (pp. 250-258). Routledge.

Willis, K. J., Jeffers, E. S., & Tovar, C. (2018). What makes a terrestrial ecosystem resilient?. **Science**, 359(6379), 988-989.

Woodruff, D. S. (2001). Declines of biomes and biotas and the future of evolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 98(10), 5471-5476.