

Estado da publicação: Não informado pelo autor submissor

OLHOS COMPOSTOS: UM CONCEITO BIOINSPIRADO PARA O CAMPO EDUCACIONAL

Rafael Nogueira Costa

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.4908>

Submetido em: 2022-10-23

Postado em: 2022-11-15 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

OLHOS COMPOSTOS: UM CONCEITO BIOINSPIRADO PARA O CAMPO EDUCACIONAL

Rafael Nogueira Costa (UFRJ)
<https://orcid.org/0000-0003-2790-5742>
rafaelnogueiracosta@gmail.com

RESUMO:

Bioinspirados nos animais propomos um método criativo e inovador para o campo educacional, especialmente para o Ensino de Ciências. Questionamos as hierarquias e os conhecimentos que colocam a natureza e os sujeitos como objetos. A partir da forma como as formigas enxergam, propomos o conceito de olhos compostos para promover diálogos imagéticos e sensoriais com os ecossistemas. Neste ensaio, imaginamos a água como um elemento fluido e transitório, em constante transformação e movimento. Por meio da biomimética sugerimos um conjunto de atividades didáticas para ser aplicada no ensino formal e não-formal. Concluimos que a biodiversidade brasileira ainda reserva inúmeros caminhos, orientações e ensinamentos que podem nos estimular para experiências criativas, ampliando assim as nossas imaginações.

Palavras-chave: Aprendizagem criativa. Biomimética. Ciências ambientais. Docência. Rios.

COMPOUND EYES: A BIO-INSPIRED CONCEPT FOR THE EDUCATIONAL FIELD

ABSTRACT:

Bioinspired by animals that see with compound eyes, we propose a creative and innovative method for the educational field. We question the hierarchies and knowledge that place nature and subjects as objects. From the way ants see, we propose the concept of compound eyes to promote imagery and sensory dialogues with ecosystems. In this essay, we imagine water as a fluid and transitory element, in constant transformation and movement. Through biomimetics we think about the contexts of educational formation, especially in the field of environmental sciences. We suggest a set of didactic activities to be applied in formal and non-formal education. We conclude that Brazilian biodiversity still has countless paths, guidelines and teachings that can stimulate us to creative experiences, thus expanding our imaginations.

Keywords: Creative Learning. Biomimetic. Environmental sciences. Teaching. Rivers.

OJOS COMPUESTOS: UM CONCEPTO BIOINSPIRADO PARA EL ÁMBITO

RESUMEN:

Bioinspirados en animales que ven con ojos compuestos, proponemos un método creativo e innovador para el ámbito educativo. Cuestionamos las jerarquías y saberes que sitúan a la naturaleza ya los sujetos como objetos. Basados en la forma en que ven las hormigas, proponemos el concepto de ojos compuestos para promover imágenes y diálogos sensoriales con los ecosistemas. En este ensayo imaginamos el agua como un elemento fluido y transitorio, en constante transformación y movimiento. A través de la biomimética pensamos los contextos de formación educativa, especialmente en el campo de las ciencias ambientales. Sugerimos un conjunto de actividades didácticas para ser aplicadas en la educación formal y no formal. Concluimos que la biodiversidad brasileña todavía tiene innumerables caminos, directrices y enseñanzas que pueden estimularnos a experiencias creativas, expandiendo así nuestra imaginación.

Palavras-clave: Aprendizaje creativo. Biomimética. Ciencias ambientales. Enseñando. Ríos.

INTRODUÇÃO

A natureza nos educa. Um dos marcos do projeto colonialista foi imaginar a natureza para ser explorada e dominada. Os assaltos e os ataques orquestrados pela invasão portuguesa, iniciada nas bordas da Mata Atlântica, deixou um rastro de

destruição, fruto da utilização do ferro e do fogo (DEAN, 1996). A empreitada contra a biodiversidade só não foi maior devido aos segredos que a mata escondia em suas entranhas. Entre estes segredos, podemos destacar a presença de pequenos habitantes, quase imperceptíveis aos olhos dos colonizadores, as formigas do gênero *Atta*.

As formigas cortadeiras, chamadas pelos tupis de saúva¹, foram capazes de frear o ímpeto dos colonizadores pela dominação da natureza nos primeiros séculos. Ou seja, as formigas atuaram como sabotadoras do projeto colonialista e o seu sucesso foi capaz de alterar o curso da história da Mata Atlântica, freando os ataques à floresta e alterando a dinâmica da agricultura (DEAN, 1996, p. 124-125).

As formigas consomem exclusivamente um fungo, que cultivam em buracos subterrâneos. O fungo deve ser alimentado de folhas frescas, que elas colhem na superfície. [...] As tocas penetram até o lençol freático; alcançando de vinte a 25 metros de profundidade. Maravilhosamente arquitetadas para fornecer segurança e drenagem, formam intrincada rede de passagens que ligam câmaras onde crescem os fungos (DEAN, 1996, p. 125).

Os cortes das folhas ocorrem, quase sempre, silenciosamente durante a noite. Os lavradores da colônia tentavam, de inúmeras maneiras, frear a voracidade das formigas² sobre os seus plantios. Geralmente não obtinham sucesso, apesar dos constantes e variados ataques aos formigueiros. Este episódio foi um belo exercício de humildade, pois questionou a “hegemonia de nossa espécie” (DEAN, 1996, p. 125).

As formigas são nossas professoras. Bruno Latour percebeu essa dimensão didática das formigas e propôs pesquisas científicas inovadoras em seu livro *Reagregando o social: uma introdução à Teoria do Ator Rede* (LATOUR, 2012). Neste livro, o antropólogo e filósofo francês insere os não-humanos no centro das pesquisas sociológicas e faz uma provocação ao defender a proposta da Teoria Ator-Rede, em inglês, *Actor-Network-Theory* (ANT). A sigla é sugestiva e provocativa, formiga (*ant*) foi a escolha para o projeto de investigação defendida pelo autor, pois “era perfeitamente adequado para um viajante cego, míope, viciado em trabalho, farejador e gregário” (LATOUR, 2012, p. 28).

Para realizar pesquisas científicas como formigas, conforme defende Latour (2012), é necessário o desdobramento de “cinco fontes de incerteza”, que questionam e

¹ Na motologia yanomami, “[...] o ancestral saúva *Koyori* é o verdadeiro dono da fertilidade do solo da floresta”, as tocas e os canais subterrâneos trazem riqueza para as roças (KOPENAWA; ALBERT, 2015, p. 213).

² Entretanto, acabar com as saúvas, “na medida em que isso fosse possível, era contraproducente, porque as formigas certamente realizavam uma tarefa hercúlea de melhorar as qualidades mecânicas do solo”, ao transportar nutrientes entre os distintos substratos (DEAN, 1996, p. 127).

desestabilizam a ideia de social, abrindo assim galerias subterrâneas para realização de estudos minuciosos capazes de valorizar os não-humanos. Ou seja, “nós, como as formigas, não devemos sonhar nem com o céu nem com o inferno, pois há muita coisa a ser feita neste mundo” (LATOUR, 2012, p. 204).

Provocados por Latour (2012) e pelo movimento antropofágico que fundamentou a *Semana de Arte Moderna* no século passado no Brasil, propomos enxergar os ecossistemas como formigas. Você sabe como as formigas enxergam? Formigas são míopes, como nos lembra Latour (2012). Porém, mais do que isso, elas apresentam um sistema complexo de percepção do ambiente e, visualmente, enxergam por olhos compostos (CHAPMAN, 1998). Esta maneira de ver o mundo é uma das características de vários artrópodes, dentre eles crustáceos e insetos.

Os olhos compostos são órgãos visuais formados pela união de vários omatídeos (BRUSCA, 2018). Os omatídeos são células fotorreceptoras, funcionando como pequenos olhinhos independentes e a sua quantidade varia entre as espécies (BRUSCA, 2018; MARQUES, 2012). As imagens são captadas por cada omatídeo de maneira individual. Porém, de maneira conjunta, compõem um verdadeiro mosaico.

Essa forma de ver o mundo nos convida a imaginar novas perspectivas para a educação. Bioinspirados nos olhos compostos dos artrópodes, propomos um método de aprendizagem criativo para o campo das Ciências Ambientais. São os olhos compostos destes animais que nos estimularam para buscar responder às seguintes questões: o que podemos apreender quando compartilhamos experiências e olhares sobre o mesmo ecossistema a partir de perspectivas distintas? Quais são as potências ecológicas, políticas, estéticas, éticas, imaginativas e educativas em uma composição deste mosaico? A partir da estratégia das múltiplas maneiras de olhar um ecossistema estaremos criando uma proposta educativa atenta às conexões entre humanos com a natureza?

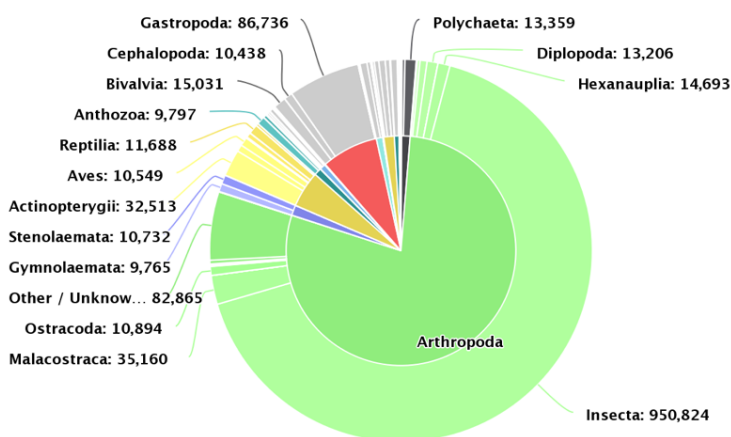
O artigo está organizado em duas seções, além da introdução e das considerações finais. Na primeira seção, apresentamos a maneira como os artrópodes enxergam, descrevendo as curiosidades sobre os olhos compostos com base nos estudos da zoologia. Na segunda seção, descrevemos os cenários da bacia hidrográfica e os seus rios³ para

³ O desejo de experimentar esta proposta e pesquisar os rios em suas múltiplas dimensões partiu do encontro com a Professora Monica Marçal, do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que entre outras ações, coordena o Projeto de Extensão Conexões Rios. *O autor afirma que não existe conflito de interesse.*

pensarmos uma ação inovadora no campo da educação. Nesta seção, também são detalhados os procedimentos metodológicos dos olhos compostos para ver e aprender a conviver com os ecossistemas.

Olhos compostos: conhecimento que bioinspira

Habitamos um planeta incrível e muitos de nós estamos tão ocupados que não paramos para conhecer a biodiversidade ao nosso redor, ou seja, simplesmente ignoramos os nossos companheiros nesta jornada maravilhosa que é a vida. Fazemos parte de uma rede extremamente conectada por uma jornada histórica de milhões de anos de evolução. Supõe-se “que existam 2.007.702 espécies vivas descritas e nomeadas” (BRUSCA, 2018, p. 25). Conforme apresentado na Figura 1, os artrópodes “representam 81,5% de todas as espécies de animais e são encontrados em quase todos os ambientes do planeta, explorando todos os estilos de vida imagináveis” (BRUSCA, 2018, p. 851).



Animalia in Catalogue of Life Checklist (2022-02-18). DOI:10.48580/dfp4

Figura 1 - A biodiversidade na lista das espécies do mundo

Fonte: Disponível em: <https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/N>. Acesso em: 21 mar. 2022.

Apesar de serem muitos, ainda nem conhecemos todas as espécies e sua diversidade. Estima-se “um número entre três e 100 vezes maior de membros que ainda não foram descritos” (BRUSCA, 2018, p. 872).

Se nos colocarmos como seres aprendizes da natureza, os artrópodes serão excelentes professores. Então, o que podemos aprender com eles? O que os artrópodes nos ensinam?

Na formação dos estudantes do Curso de Ciências Biológicas, as saídas de campo fazem parte de uma etapa extremamente importante. Fora das paredes da sala de aula a

biodiversidade apresenta o seu espetáculo. Uma das práticas educativas mais fascinantes na formação dos estudantes é chamada armadilha luminosa, uma metodologia que proporciona o encontro inesperado entre os estudantes com a biodiversidade dos artrópodes. A armadilha luminosa é uma maneira respeitosa de aprender com estes animais. A prática educativa consiste em esticar um tecido branco, no interior da Mata Atlântica, no período noturno e incidir um feixe de luz em sua direção (GARBELOTTO; CAMPOS, 2014). Os insetos são atraídos pela luz e permanecem praticamente estáticos enquanto podem ser observados com tranquilidade pelos estudantes e docentes.

Nesta prática, os estudantes podem ter contato com as distintas maneiras de sobrevivência, alimentação e reprodução dos insetos, fruto de um processo de evolução ao longo de milhares de anos, que deram origem as espécies com as mais variadas formas. Ao apagar o feixe de luz, os animais são dispersos e a vida continua.

Os insetos são animais dotados de inúmeras maneiras de sentir o entorno. Eles percebem os estímulos ambientais por reações mecânicas e glandulares, conectados por um arco reflexo, em uma rede de receptores associados ao sistema nervoso (MARQUES, 2012). De maneira funcional, os receptores são identificados como: mecanorreceptores, quimiorreceptores e fotorreceptores. A luz é percebida por fotorreceptores “presentes em diversos pontos do corpo do inseto” e pelos olhos compostos (MARQUES, 2012, p. 50).

Em relação aos fotorreceptores, os artrópodes possuem três tipos básicos: “ocelos simples, ocelos complexos com cristalino e olhos compostos” (BRUSCA, 2018, p. 895). A maioria dos tipos de olhos que conhecemos hoje surgiu em um breve período durante o Cambriano, cerca de 530 milhões de anos atrás, a partir de um ancestral comum de todos os animais (LAND; NILSSON, 2012). Dessa forma, as estruturas oculares responsáveis pela visão dos animais evoluíram de forma independente, refletindo numa diversidade de formas de captar e processar as imagens (JEONG; KIM; LEE, 2006; LAND; NILSSON, 2012).

Os olhos compostos são formados pela junção de elementos visuais, chamados de omatídeos ou omatídios. De acordo com Marques (2012, p. 50), “o número e tamanho de omatídios variam muito entre as espécies, [...] indo de algumas centenas a muitos milhares”. Um dos casos mais extremos é o dos insetos da Ordem da Odonata, podendo atingir mais de 20 mil omatídios (MARQUES, 2012, p. 50).

[...] Cada omatídeo é suprido por seu próprio trato nervoso, que leva ao nervo óptico principal, e cada um tem seu próprio campo de visão através de facetas

quadradas ou hexagonais cuticulares existentes na superfície do olho. Os campos visuais dos omatídeos adjacentes superpõem-se até certo ponto, de forma que uma mudança de posição de um objeto dentro do campo visual gera estímulos originados de vários omatídeos; por isso, os olhos compostos são especialmente aptos para detectar movimentos (BRUSCA, 2018, p. 895).

Nos olhos compostos “a formação das imagens é fruto de vários sinais originados de diversos omatídeos” (BRUSCA, 2018, p. 895). Ou seja, para a visão funcionar é necessária uma colaboração entre os elementos visuais, o funcionamento de um único omatídeo não garante uma visão eficiente. Talvez, esse seja um dos grandes ensinamentos destes pequenos professores, a colaboração entre os omatídeos para composição sensorial sobre o ambiente.

Biomimética: olhos compostos para ver e aprender a conviver com os rios

Eu queria falar da Natureza Mãe
E das coisas que a gente nunca deixa ir
Se pudesse daria tudo na tua mão
Uma benção e banho de alecrim
Todo dia meu sonho é sonhar com aquele rio
Ficar sentado olhando ele passar
Passa barco, canoa, dia, passa navio
Nado, nado, mas nunca chego lá
A gente quer ter pra onde ir
A gente quer ter onde morar
E ter nosso canto para sorrir e chorar, e chorar
Mãe, a paixão não se cansa de pedir
E Eu não tenho mais sangue pra dar
Mãe [...]

Iris da Selva e Peter Power

Música: Natureza Mãe

A biomimética é considerada como paradigma de inovação do século XXI, com impactos na ciência, sociedade, economia e na superação dos desafios da sustentabilidade (WANIECK et al., 2020). As pesquisas científicas multidisciplinares que compõem a biomimética, se utilizam de observações de “métodos ou sistemas existentes na natureza como ponto de partida para desenvolver tecnologias, adaptar soluções e criar produtos inovadores” (BARBOSA, 2008, p. 15). As inovações neste campo podem orientar a criação de design evolutivo na área da biomedicina (AVERSA et al., 2016), na arquitetura (JOHN; CLEMENTS-CROOME; JERONIMIDIS; 2005) e na educação (WANIECK et al., 2020), por exemplo.

Contudo, a biomimética é um campo do conhecimento em expansão e, por conta disso, com elevada complexidade e aplicação em várias áreas. Ou seja, percorre as interfaces entre disciplinas, buscando encontrar diálogos e propor criações inovadoras. Trata-se de um campo semântico em disputa, operando por meio de distintos interesses. A escolha de seguir nesse caminho está relacionada com os nossos interesses em criar

possibilidades democráticas para uma educação atenta aos processos ecológicos, que se inspira na natureza como fonte de consulta, para criar inovações para serem experimentadas em processos de ensino-aprendizagem, principalmente no contexto da formação docente.

Como seria se os/as estudantes pudessem enxergar como formigas? Que tipo de experiência visual eles/as teriam? Que pergunta louca! Diriam os pesquisadores positivistas e cartesianos, ainda presos a ingenuidade da objetividade separada da subjetividade. Mesmo sabendo que “há mais coisa na experiência do que aquilo que nos chega aos olhos” (LATOURE, 2012, p. 160), resolvemos criar uma proposta metodológica educativa. Um exercício que estimule a empatia, a alteridade.

Como cantou Chico Science⁴, é necessário “deixar que os fatos sejam fatos naturalmente, sem que sejam forçados para acontecer, deixar que os olhos vejam pequenos detalhes lentamente”. A diferença da maneira de captar imagens entre os humanos e os insetos é que o primeiro apresenta visão binocular, podemos chamar de visão dialética, um contra o outro. Já a formiga⁵ enxerga por um sistema complexo, com números variados de ocelos, formando os olhos compostos, é como se o olho fosse formado por milhares de olhinhos. Os olhos compostos promovem uma explosão de imagens, assim como o ocorrido na era digital. Assim, escreveu o poeta Manoel de Barros, “[...] escuto o meu rio: é uma cobra. De água andando. Por dentro de meu olho” (BARROS, 2010, p. 96).

Esta maneira de olhar tem inspirado pesquisadores para propor soluções inovadoras no campo da robótica com aplicações práticas (DAI et al., 2021). Os olhos compostos formam fragmentos, pixels, pequenas imagens que encaixadas parecem uma figura em mosaico. É como se pudéssemos captar flashes de instantes variados, ramificando os olhares. Expansão é uma boa palavra para esta definição. Desta forma, a pesquisa seria experimentada a partir de um olhar plural sobre o nosso objeto, por exemplo um ecossistema da Mata Atlântica. Em vez de recortar o objeto de estudo, iríamos expandi-lo ao infinito, sem limites. Não iríamos delimitar a pesquisa, determinando as fronteiras. Dilataríamos os espaços de investigação. A quantidade de informantes seria muito maior, assim como as vivências e os sentidos captados. Dessa

⁴ *Afrociberdelia*, 1996. *Composição: Chico Science, Jorge Du Peixe, Renato Lins.*

⁵ Formiga traduzida para o inglês é *ant*, mesma sigla para representar a teoria ator-rede, *actor network theory*.

forma, faríamos uma ciência mais democrática? Novamente convoco o poeta para nos ajudar a responder à questão, escreveu ele:

“[...] Vi que as águas têm mais qualidades para a paz do que os homens.

Vi que andorinhas sabem mais das chuvas do que os cientistas.
Poderia narrar muitas coisas ainda que pude ver do ponto de vista de uma borboleta” (BARROS, 2010, p. 393).

De acordo com Gomes; Ribeiro (2013), a investigação audiovisual sistemática de lugares pode nos levar à consolidação de uma série de procedimentos metodológicos, principalmente no papel da observação para as pesquisas.

A área de Ciências Ambientais considera as interações entre sistemas antrópicos e naturais. Dessa forma, busca-se o cruzamento de fronteiras, as interfaces entre as disciplinas e a expansão dos interlocutores.

Porém, como trabalhar com as interfaces entre sociedade e natureza na formação dos estudantes da educação básica? Que tipo de proposta metodológica pode ser aplicada visando o melhor entendimento das relações entre os impactos antrópicos e as dimensões ecológicas? Neste artigo, vamos utilizar para fins didáticos o caso das bacias hidrográficas e seus rios.

Marçal; Castro; Lima (2022), ilustram que o conhecimento científico sobre os rios passou por três estágios no Brasil: i) **apropriação** – século XVI até a década de 1930 – com as contribuições de naturalistas e a criação das primeiras teorias, além do conhecimento da engenharia aplicada aos rios; ii) **tecnificação** – décadas de 1930 a 1980 – aumento de disciplinas quantitativas e experimentais, fortalecimento dos conceitos de sistema, *continuum* fluvial e conectividade; **preocupação** – década de 1990 até os dias atuais – criação de metodologias de análise sobre o comportamento dos rios, avaliação de impactos, recuperação de ambientes degradados (MARÇAL; CASTRO; LIMA, 2022, p. 229). Dessa forma, o conhecimento científico necessita de um novo paradigma, que busque resgatar as profundas relações entre a sociedade e a natureza (MARÇAL; CASTRO; LIMA, 2022).

As sociedades, em todos os continentes, apresentam distintas maneiras de interagir com os rios e os seus sistemas fluviais. Os rios foram utilizados como agentes importantes na definição da localização das cidades e dos países, fazendo parte da vida cultural, econômica e socioambiental.

[...] Pensando apenas no mundo contemporâneo, pode-se observar como a proximidade e a relação intensa com rios de tamanho significativo ou, em sentido mais amplo, com bacias hidrográficas, estabeleceram padrões recorrentes no desenvolvimento de grandes cidades, de complexos agrícolas (em grande parte dependentes de obras de irrigação) e de estruturas industriais (que se valem dos rios para construir intrincados fluxos e metabolismos socioambientais que passam pela entrada constante de matéria e energia e pela saída de produtos mercantilizáveis e dejetos poluentes) (PÁDUA; CHAMBOULEYRON, 2019, p. 16).

As águas dos rios carregam muito mais do que material oriundo da bacia de drenagem. Elas fazem parte da formação histórica das sociedades, dando suporte para o crescimento econômico, além de fazerem parte de atividades culturais e de subsistência desde os povos originários até os dias atuais. Há histórias que margeiam os rios, vidas do entorno, que se fazem nos encontros e deixam suas marcas no percurso das águas. Ao colocarmos os rios nas centralidades das nossas análises, podemos concluir que fazem parte de uma paisagem híbrida, formada pelos elementos da natureza e pelas relações sociotécnicas estabelecidas ao longo dos séculos.

Pádua e Chambouleyron (2019, p. 18-19), apresentam as trilhas para quem deseja desbravar os principais estudos sobre a história das intrincadas relações entre rios e populações no Brasil, destacando os seguintes trabalhos: i) Giberto Freye (década de 1930 – “dinâmicas de envenenamento dos rios pelos do Nordeste pelos resíduos das usinas de açúcar”); ii) Sérgio Buarque de Holanda (década de 1940 e 1950 – “centralidade da navegação fluvial nos movimentos de exploração dos sertões”); iii) Victor Leonardi (década de 1990 – “complexo do rio Negro e suas cidades abandonadas”) e iv) Gilmar Arruda (coletânea com o título *A natureza dos rios*, publicada em 2008).

As bacias hidrográficas e os rios são salas de aula e nos possibilitam recortes para compreensão da ecologia, da geografia, da história e dos aspectos econômicos e culturais (ESTEVEZ, 2011). Diante desta diversidade de temas e possibilidades para o campo educacional, criamos a proposta metodológica bioinspirada nos artrópodes, que intitulamos *Olhos compostos para ver e aprender a conviver com os ecossistemas*.

Esta proposta também se inspira na *cartografia do imaginário* (SATO, 2011). Uma metodologia inscrita na fenomenologia, que estabelece diálogos com Gaston Bachelard e Merleau-Ponty e acolhe a imaginação (SATO, 2011). Dessa forma, se estabelece um solo fértil para proliferação de “micorrizas educativas”. A metodologia da *cartografia do imaginário* busca interpretar o imaginário social e encontrar caminhos para “fugir da rigidez do método científico da Modernidade” (SATO, 2011, p. 542).

Como nos lembra Bachelard (2018, p. 17), existe uma continuidade entre “a palavra da água e a palavra humana”. Ou seja, “os rios sonorizam com estranha fidelidade as paisagens mudas, que as águas ruidosas ensinam pássaros e os homens a cantar e a falar”. Então, vamos escutar, observar e refletir sobre os rios. Aqui descrevemos os passos para a elaboração e execução da proposta para ser aplicada aos estudos dos rios, de modo transversal, transdisciplinar e plural:

- 1) **Elaboração do projeto.** Um dos maiores desafios para se trabalhar de maneira transversal e transdisciplinar é promover o engajamento das pessoas. Realizar este tipo de atividade, infelizmente, ainda é um sonho para muitos educadores e educadoras que precisam se desdobrar para cumprir uma jornada de trabalho exaustiva, em alguns casos em várias escolas. Porém, como imaginar e sonhar faz parte da constituição humana, vamos lá! Para Bachelard (2018, p. 18) “a imaginação inventa mais que coisas e dramas; inventa vida nova, inventa mente nova; abre olhos que têm novos tipos de visão”. Nesse fluxo, “terá visões se se educar com devaneios antes de educar-se com experiências, se as experiências vierem depois como provas de seus devaneios” (BACHELARD, 2018, p. 18).
- 2) **Revisão bibliográfica** sobre o rio que será estudado, visando identificar os principais escritos, artigos científicos, livros, poemas e recortes de jornais.
- 3) **Organização de um banco de dados**, com informações sobre a bacia hidrográfica, mapas, localizações das cidades, vilas e assentamentos. Nesta etapa, recomenda-se a identificação das escolas e das instituições científicas, universidades, ONGs, OSCIPs e associações próximas ao rio que será estudado;
- 4) **Criação de uma rede de cooperação.** Após identificar as instituições e escolas, iniciar uma comunicação formal visando a criação de uma rede de cooperação. Nesta etapa as escolas deverão funcionar de maneira articulada, por meio de uma comunicação integrada entre docentes e as direções de ensino.
- 5) **Expedições** ao longo do trajeto do rio. Os rios apresentam dimensões variadas podem atingir mais de seis mil quilômetros de comprimento, no caso do rio Amazonas e mais de três mil, rio da Prata. Porém, alguns rios apresentam um percurso menor e podem ser percorridos em um único dia. Uma saída de campo, com o acompanhamento de guias e cientistas, pode gerar ideias e propostas didático-pedagógicas.
- 6) **Escutar os rios e os seus fluxos.** Os rios falam, podemos escutar suas histórias pelos ouvidos atentos das crianças, dos adolescentes e dos mais vividos. O que os/as estudantes podem nos revelar sobre os rios? O que os seus familiares, especialmente, os mais experientes podem nos revelar? Para isso, podemos propor duas atividades no campo do audiovisual: i) narrativa autobiográfica centrada nos/as estudantes, buscando identificar em seus discursos, sistematizados por mensagens de áudio e elaboração de textos, as suas experiências com os rios e ii) entrevista semiestruturadas com familiares e as pessoas mais antigas do bairro.
- 7) **Revelar escutas e propor registros éticos e estéticos.** Após a leitura atenta do material elaborado na etapa anterior, já podemos construir e montar uma narrativa visual e sonora sobre o rio e os aspectos que compõem a ecologia da

paisagem. Sato (2011), apresenta um caminho que poderá facilitar a construção desta etapa. Para isso, será necessário a organização de um banco de dados para ser compartilhado com outras escolas. Nesta etapa, os/as estudantes irão dar um sentido para os seus registros. Mesclar entrevistas com câmera fixa e a captação de planos visuais e pistas sonoras que tragam a dimensão estética do rio e os seus entornos é uma opção para se trabalhar a relação entre a ética e a estética.

- 8) **Monitoramento por estudantes-cientistas.** Existem propostas metodológicas bem desenhadas para monitorar de maneira participativa com os estudantes das escolas básicas os rios e riachos das bacias hidrográficas. O monitoramento pode abordar formas de avaliação de usos da terra, as influências de impactos locais, as características químicas e físicas da qualidade de águas e a utilização de bioindicadores bentônicos (FRANÇA, 2019).
- 9) **Organizar uma exibição na escola.** Nesta etapa, os docentes de várias disciplinas poderão identificar como cada conhecimento poderá contribuir para um debate em sala de aula, dessa maneira estaremos ampliando as percepções, os olhares e as reflexões.
- 10) **Compartilhar olhares.** Chegamos na etapa dos olhares compartilhados. Quantas escolas foram identificadas próximas ao rio estudado? É possível realizar uma atividade integrativa entre o corpo social das escolas? É interessante a mistura entre segmentos, turmas com faixas etárias e disciplinas diferentes, visando uma maior heterogeneidade. Nesta etapa é interessante a participação das instituições científicas e as associações, nem que seja com o envio de material didático-científico e audiovisual sobre o rio.
- 11) **Uma exposição em construção.** O trabalho de organização do material pode desaguar numa exposição para circular pelas escolas e em outros espaços. O material coletado ao longo do percurso, que colocou o rio como sujeito, pode servir como substrato para algo maior, se for de interesse das pessoas que participaram da proposta. As fotos, poemas, os vídeos, os sons, os desenhos e fragmentos de entrevistas produzidas fazem parte de uma jornada que colocou o rio em posição de protagonista. Expor este material para que outras pessoas possam se inspirar na escuta atenta do rio é uma proposta interessante.

Como nos lembra Sato (2011, p. 552), a arte de quem faz pesquisa estará no talento em revelar “a viagem com pequenas mostras significativas, como se fossem um convite ao saboreio na miragem do álbum e na escuta sensível de uma narrativa ainda em plena construção”. Dessa forma, esperamos que o processo descrito possa contribuir com as pesquisas que ousam “se expressar por várias linguagens e por cartografias que imaginam outras verdades” (SATO, 211, p. 567).

No término das atividades que integram o percurso dos rios a partir dos fluxos dos olhos compostos, já podemos responder às seguintes questões para podermos conviver com os ecossistemas: que tipo de convivência queremos estabelecer com o rio? Que atividades devemos lutar para que se encerrem imediatamente? Como proteger a

biodiversidade das bacias hidrográficas? Quais são os caminhos para estabelecermos uma relação mutualística com os rios?

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguir o percurso dos rios para deixar a imaginação fluir e olhar os ecossistemas como formigas, aquele pequeno animalzinho que se arrasta entre grãos, carregando folhas pesadas, esta foi a nossa provocação intelectual. Quando você se imaginar uma formiga numa floresta, ou numa área urbana, irá perceber que a ciência não é a única forma de organização do conhecimento. Assim, o conhecimento científico, sistematizado em disciplinas, pode enfim se libertar e ganhar novos contornos. Nas galerias e tocas do mundo, podemos encontrar saídas e maneiras de cooperação com várias formas de vida, para além da vida humana.

Compreender os ecossistemas a partir de diversos olhos, seja ele científico, político, cultural, ancestral e conectado à natureza, é um exercício democrático, crítico e criativo. Práticas educativas inovadoras, que priorizem a criação de propostas reais para as soluções dos problemas contemporâneos, parecem distantes dos bancos escolares e universitários, que ainda preservam, majoritariamente, o sistema de aulas expositivas no modelo de seminários orais.

As aulas de campo, fora das unidades escolares, possibilitam ampliação dos olhares sobre os ecossistemas. Compreender que aluno e aluna enxergam as paisagens e os espaços a partir das suas experiências e vivências, nos revela a importância de ver por outras lentes, por outros pontos de vista. Compor um mosaico sobre os ecossistemas e revelar as suas especificidades a partir de olhares compartilhados é uma das principais reflexões que os artrópodes nos ensinam, pois este mosaico de olhares amplia as potências imaginativas e cria novos arranjos políticos, poéticos, estéticos e éticos, ao romper com as verdades absolutas de cada ponto de vista.

Conectar as dimensões entre humanos e natureza é uma inovação na educação, tendo em vista que a história da educação brasileira é marcada por um forte positivismo, que esquadrinhou, quantificou e, de certa forma, foi utilizada como forma e ferramenta para dominação da natureza.

A biodiversidade brasileira ainda reserva inúmeros caminhos que podem nos orientar para experiências criativas, como observar e sentir a complexidade e as interconexões dos ecossistemas. Reunir uma diversidade de pessoas, motivadas a proteger

o que restou da Mata Atlântica, seus rios e sua diversidade biológica, é um desafio para educação do futuro. Nossas provocações não se encerram neste artigo, o rio segue o seu caminho.

REFERÊNCIAS

- AVERSA, Raffaella; PETRESCU, Rely Victoria; PETRESCU, Florian Ion; APICELLA, Antonio, Biomimetic and Evolutionary Design Driven Innovation in Sustainable Products Development. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2016, v. 9, n. 4, Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3074457>. Acesso em: 31 de março de 2022.
- BACHELARD, Gaston. *A água e os sonhos: ensaio sobre a imaginação da matéria*. Tradução: Antonio de Pádua Danesi. 3ª. ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2018.
- BARBOSA, Enio Rodrigo. Inspiração que vem da natureza exige visão multidisciplinar na pesquisa. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 60, n. 3, p. 15-16, 2008. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000300008&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 30 de março de 2022.
- BARROS, Manoel de. *Poesia completa*. São Paulo: Leya, 2010.
- BRUSCA; Richard. **Invertebrados**. Richard C. Brusca, Wendy Moore, Stephen M. Shuster; tradução: Carlos Henrique de Araújo Cosendey. 3a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
- CHAPMAN, Reginald Frederick. *The insects: structure and function*, Cambridge University Press, 1998.
- DAI, BO et al. Biomimetic apposition compound eye fabricated using microfluidic-assisted 3D printing. *Nature Communications*, 12, 6458, 2021.
- DEAN, Waren. *A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira*. 1. ed. São Paulo: Cia. das Letras, 1996.
- ESTEVES, Francisco de Assis. *Fundamentos de limnologia*. 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FRANÇA, Juliana Silva. *Monitoramento participativo de rios urbanos por estudantes-cientistas*. Juliana Silva França e Marcos Callisto. Belo Horizonte: J. S. França, 2019.
- GARBELOTTO, Thereza de Almeida, CAMPOS, Luiz Alexandre. Metodologias de coleta e conservação. In: Pentatominae do Sul de Santa Catarina. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2014, pp. 77-78. Zoologia: guias e manuais de identificação series.
- GOMES, Paulo César da Costa; RIBEIRO, Leticia Parente. A produção de imagens para a pesquisa em geografia. *Espaço e Cultura (UERJ)*, v. 33, p. 27-42, 2013. Disponível em: <<https://www.e->

publicacoes.uerj.br/index.php/espacoecultura/article/view/8465>. Acesso em: 31 de março de 2022.

JEONG, Ki-Hun; KIM, Jaeyoun; LEE, Luke P. Biologically Inspired Artificial Compound Eyes. Source: *Science*, New Series, v. 312, n. 5773, 2006. pp. 557-561. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1123053>

JOHN, Godfaurd; CLEMENTS-CROOME, Derek; JERONIMIDIS, George. Sustainable building solutions: a review of lessons from the natural world. *Building and Environment*, 40, 3, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.05.011>.

KOPENAWA, Davi; ALBERT, Bruce. *A queda do céu: Palavras de um xamã yanomami*. Tradução Beatriz Perrone-Moisés; 1ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

LAND; Michael F.; NILSSON, Dan-Eric. *Animal Eyes*. Second edition. Oxford University Press, 2012.

LATOUR, Bruno. *Reagregando o Social: uma introdução à Teoria do Ator-Rede*. Trad. Gilson César Cardoso de Sousa. Salvador/Bauru: Edufba/Edusc, 2012. 399 p.

MARÇAL, Mônica dos Santos; CASTRO, Adão Osdayan de Castro; LIMA, Raphael Nunes de Souza. Geomorfologia Fluvial e Gestão dos Rios no Brasil. In: UGB - União da Geomorfologia Brasileira. Revisões da Literatura da Geomorfologia Brasileira. Capítulo 9. 2022. Link: <http://lsie.unb.br/ugb/livros>

MARQUES, Mirian David. Anatomia interna e fisiologia. In: RAFAEL, José Albertino. *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2012.

PÁDUA, José Augusto; CHAMBOULEYRON, Rafael. Apresentação Movimentos dos rios: movimentos da História. *Revista Brasileira de História*. 2019, v. 39, n. 81. <https://doi.org/10.1590/1806-93472019v39n81-01>

SATO, Michèle. Cartografia do imaginário no mundo da pesquisa. In: Francisco José Pegado Abílio. (Org.). *Educação Ambiental para o semiárido*. 1. ed. João Pessoa: EDUEPB, 2011, v. 1, p. 539-569.

WANIECK, Kristina; RITZINGER, Daniel; ZOLLFRANK, Cordt; JACOBS, Shoshanah. Biomimetics: teaching the tools of the trade. *FEBS open bio*, 10, 11, 2020. pp. 2250–2267. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.12963>

AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, pelo financiamento aos projetos: *O Rio Macaé como sujeito no (per)curso para potencializar inovações na educação* (Edital 45/2021) e *Olhos compostos para sentipensar o Rio Macaé: contribuições à cartografia do imaginário* (Edital 33/2021).

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.