

Biogeografia: a história da vida na Terra

Biogeography: the history of life on Earth.

Jéssica Paula Gillung

Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP Brasil

Resumo. Biogeografia é a ciência que estuda a distribuição geográfica dos seres vivos no espaço através do tempo, com o objetivo de entender os padrões de organização espacial dos organismos e os processos que resultaram em tais padrões. No presente trabalho são apresentados os principais fatos históricos e conceitos relacionados à trajetória histórica da Biogeografia, para que se compreenda que tal disciplina não surgiu de sobressalto, mas passou por um processo muito longo de construção que se deu através do acúmulo de contribuições de diversos pesquisadores ao longo dos últimos séculos.

Palavras-chave. *Dispersalismo, distribuição, evolução, vicariância.*

Abstract. Biogeography is concerned with the geographical distribution of organisms in space through time. Its main purpose is to recognize patterns of spatial organization and postulate the processes that resulted in such patterns. In this paper the main concepts and historical facts related to its trajectory are presented, aiming to provide a way to understand that this discipline did not simply arise instantly. On the contrary, Biogeography is a complex discipline with a very long development, which occurred through accumulation of contributions from several researchers over the last centuries.

Key words. *Dispersalism, distribution, evolution, vicariance.*

Se pensarmos um pouco acerca da distribuição dos organismos, facilmente podemos perceber que a diversidade de seres vivos não é a mesma sobre a superfície da Terra. Pelo contrário, existem áreas que possuem uma diversidade de espécies maior que outras, enquanto há espécies diferentes ocupando áreas semelhantes. Além disso, alguns grupos são restritos a uma determinada área, enquanto outros apresentam ampla distribuição. Foi a partir da tentativa de se compreender os padrões gerais de distribuição das espécies, a relação da biota com suas áreas de distribuição e a própria relação entre as áreas é que surgiu a Biogeografia, talvez a mais ampla, abrangente e multidisciplinar das ciências biológicas (Nelson e Platnick, 1981).

Existem três componentes que devem ser avaliados em conjunto para o entendimento dos padrões de distribuição da biota: **espaço** (área geográfica de ocorrência dos organismos), **tempo** (eventos históricos que influenciaram os padrões atuais) e **forma** (os grupos de organismos) (Croizat, 1952; Humphries, 2000). Em suma, a Biogeografia é a ciência que estuda a distribuição geográfica dos seres vivos no espaço através do tempo, com o objetivo de entender os padrões de organização espacial dos

organismos e os processos que resultaram em tais padrões. É uma disciplina complexa e integrativa, que relaciona informações de diversas outras ciências – tais como a Geografia, Geologia, Ecologia, etc – e que passou por um processo muito longo de desenvolvimento, que se deu através do acúmulo de contribuições de diversos pesquisadores, notadamente nos séculos XVIII e XIX (Crisci e col., 2003; Posadas e col., 2006).

Podemos dividir a história da Biogeografia em dois períodos muito distintos: 1) o período pré-evolutivo, no qual se acreditava no fixismo das espécies, na constância e estabilidade da Terra, e em um centro de origem e dispersão; e 2) o período evolutivo, que incorpora as ideias de mudança tanto da biota (evolução) quanto da própria Terra às explicações biogeográficas, resultando no paradigma vicariante que serviu de base para a biogeografia histórica, que será melhor explicada mais adiante (Nelson e Platnick, 1981).

Dois processos precisam ser explicados para que se compreenda satisfatoriamente tanto a história quanto a teoria biogeográfica: **dispersão** e **vicariância** (Figura 1). Estes processos são os principais responsáveis por moldar os

Contato do autor:
jpg.bio@gmail.com

Recebido 15dez10
Aceito 12out11
Publicado 07nov11

padrões de distribuição dos organismos. No caso da dispersão, partimos de uma população ancestral de um dado grupo de organismos que originalmente ocorria em apenas uma das áreas hoje ocupadas por tal grupo. Posteriormente, esta população ampliou sua distribuição e se dispersou para outras áreas, ultrapassando barreiras pré-existentes. Por fim, as duas populações isoladas pela barreira se diferenciaram com o passar do tempo e se modificaram em duas espécies diferentes (Figura 1B). Por outro lado, nos eventos de vicariância, a população ancestral ocupava a somatória das áreas atualmente habitadas por seus descendentes, e esta população foi posteriormente subdividida em duas populações pelo surgimento de uma barreira (Figura 1A) (Nelson e Platnick, 1981; Crisci e col., 2003).

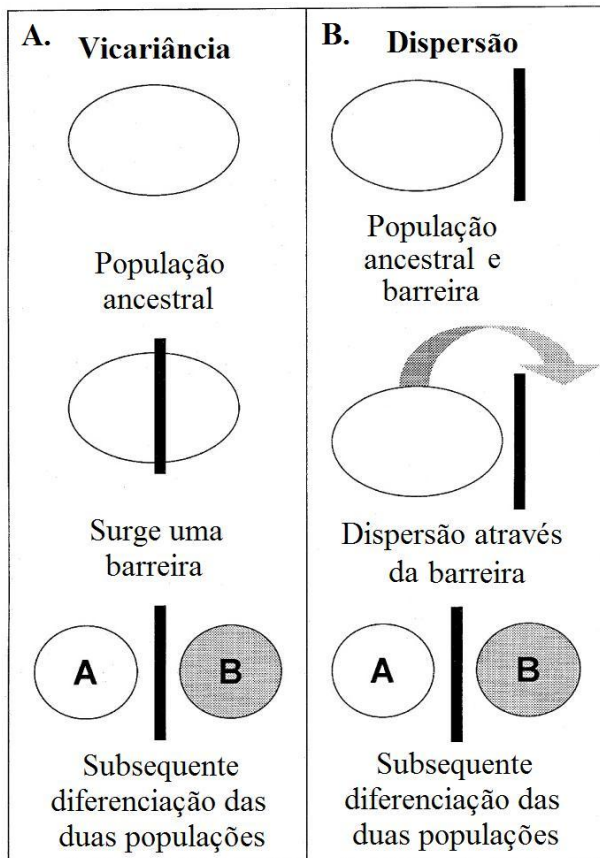


Figura 1. Processos biogeográficos utilizados para explicar o padrão de distribuição dos organismos. A. Vicariância. B. Dispersão. Modificado de Crisci e col. (2003).

Desde muito cedo na história da humanidade o ser humano já tinha a curiosidade de saber por que os organismos estão onde estão. Diversos povos possuem explicações para a origem e distribuição tanto da espécie humana quanto das demais, usualmente pautadas em

explicações religiosas. Essas ideias iniciais trazem implícitos dois conceitos que perduraram durante muito tempo como única explicação plausível para os padrões observados: a ideia de centro de origem e o processo de dispersão, em um período conhecido como escola dispersalista.

Acreditava-se que todos os organismos surgiram em uma só área – o centro de origem – e que posteriormente se dispersaram a partir dali, ocupando toda a superfície da Terra. Uma das mais antigas teorias biogeográficas é encontrada no Livro do Gênesis. De acordo com ela, todos os organismos foram criados no Éden e a partir daí se dispersaram para as outras regiões do globo. O mesmo raciocínio se aplica à ideia da Arca de Noé e da Torre de Babel: as espécies e povos, respectivamente, surgiram no centro de origem e então se dispersaram e se diversificaram a partir dele (Papavero *et al.*, 1997).

Entre os integrantes da escola dispersalista está Carl von Linné (Linnaeus – Lineu) (1707-1778), botânico sueco que formulou a primeira teoria biogeográfica dos tempos modernos. De acordo com ela, áreas distintas da Terra com a mesma ecologia, deveriam possuir exatamente a mesma flora. Desse modo, as plantas que habitam áreas semelhantes, mas em continentes diferentes, deveriam pertencer à mesma espécie (Papavero *et al.*, 1997).

Posteriormente, George Louis Leclerc, Comte de Buffon (1707-1788) examinou as espécies de mamíferos do Velho Mundo conhecidas na época e percebeu que elas não eram encontradas no Novo Mundo. A partir de suas descobertas foi formulada a Lei de Buffon, segundo a qual diferentes regiões do globo, apesar de compartilharem as mesmas condições, são habitadas por diferentes espécies de animais e plantas. Buffon não questionou a noção de centro de origem, mas sugeriu um novo fato: as espécies se modificariam (por degeneração) quando expostas a diferentes condições ambientais. Os estudos de Buffon sugerem causas históricas para os padrões de distribuição, ou seja, ou o grupo de organismos surgiu naquela dada área ou veio de outro lugar. No primeiro caso, se for uma espécie, implica em dizer que a especiação ocorreu naquela área; no segundo caso, houve dispersão e conseqüente colonização. Diversos autores posteriores chegaram às mesmas conclusões de Buffon quanto à distribuição diferenciada dos organismos, a partir do estudo de outros grupos de seres vivos, como

Alexander von Humboldt (1769-1859) - plantas; Pierre Latreille (1762-1833) - insetos; e Georges Cuvier (1769-1832) - répteis.

Em 1820, o botânico francês Augustin Pyramus de Candolle (1778-1841) publicou um trabalho intitulado "Geografia das Plantas", onde discutiu a distribuição dos vegetais e sua relação com o ambiente, introduzindo os conceitos de endemismo e espécies disjuntas. Segundo ele, uma localidade habitada por um organismo pode ser referida em termos de "estação" (características ecológicas do local) e "habitação" (características geológicas e geográficas). A partir de seus estudos, de Candolle criou uma das primeiras propostas de classificação do globo em regiões biogeográficas, que podem ser entendidas como grandes áreas de endemismo.

O paradigma dispersalista perdurou por vários séculos e influenciou também o pensamento biogeográfico de Wallace e Darwin. Em seus trabalhos, os dois autores tiveram uma preocupação especial também com a distribuição dos seres vivos, e baseavam suas explicações na dispersão. Ambos discutem o isolamento reprodutivo provocado por essas barreiras e seus efeitos sobre a especiação, e sugerem que a distribuição das espécies é resultado de descendência comum, o processo evolutivo.

As idéias de estática e fixismo eram predominantes também nas Geociências, pois durante muito tempo se acreditou na imobilidade dos continentes, panorama vigente até meados do século XX. Foi então que Alfred Wegener, meteorologista e geólogo alemão, propôs a teoria da Deriva Continental, segundo a qual os continentes já estiveram unidos no passado, formando um supercontinente chamado Pangea. Com o passar do tempo a Pangea sofreu fragmentação e os blocos continentais resultantes foram afastando-se de modo que as suas formas e posições modificaram-se até atingirem a conformação atual. Wegener construiu sua teoria com base nas semelhanças dos contornos dos continentes, que sugerem um encaixe entre si, e também na similaridade entre fósseis tanto de animais quanto de plantas encontrados em diferentes continentes. Ele não foi o primeiro a sugerir que os continentes já estiveram unidos, mas foi o primeiro a apresentar evidências extensas de vários campos de estudo que comprovaram sua teoria. Essas evidências, aliadas a um conhecimento mais profundo da geologia da Terra, hoje são reunidas na teoria da Tectônica de Placas. A crosta terrestre, segundo esta

teoria, é formada por diversas placas rígidas que se movem umas em relação às outras, sendo carregadas por lentas correntes de convecção existentes no interior do planeta. O advento da tectônica de placas constituiu uma verdadeira mudança de paradigma nas geociências e fez com que os biogeógrafos mudassem o enfoque de suas explicações. A aceitação da mobilidade dos continentes para explicar as distribuições biogeográficas dos organismos fornece um meio de se testar as hipóteses de vicariância.

Após a ampla aceitação da teoria da evolução e da noção da mobilidade dos continentes fundamentada pela teoria da tectônica de placas, a Biogeografia passou a ser concebida da forma como a entendemos atualmente.

Na segunda metade do século XX, o botânico italiano Leon Croizat (1894 – 1982) desenvolveu a pan-biogeografia, uma ferramenta para inferência de processos de vicariância. A noção de vicariância, desenvolvida pelo Croizat foi uma das mais importantes contribuições à biogeografia e resultou na transição do paradigma dispersalista para o paradigma vicariante, vigente até os dias de hoje. Como já mencionado, vicariância é a fragmentação de uma população ancestral por uma barreira geográfica, levando à interrupção do fluxo gênico e posterior especiação. A proposição da vicariância para explicar os padrões de distribuição foi um grande avanço em relação às explicações dispersalistas em termos de capacidade de explanação e de teste. Isso porque os eventos de dispersão são eventos individuais, pontuais, uma vez que cada espécie tem sua própria capacidade e rota de dispersão. Por essa razão, explicações dispersalistas não são passíveis de teste, pois não ocorrem concomitantemente em dois organismos diferentes devido aos mesmos processos. Eventos de vicariância, ao contrário, são eventos que envolvem vários táxons ao mesmo tempo e por isso são passíveis de teste através da comparação com outros grupos que ocupam a mesma área. Além do conceito de vicariância, Croizat é o autor de uma das mais célebres ideias da Biogeografia: "A Terra e a vida evoluem juntas". De acordo com ela, a biota e a área que abriga tal biota apresentam histórias correlacionadas. Desse modo, a história geológica da Terra pode fornecer subsídios para se compreender a história dos organismos, assim como a história dos organismos pode ajudar-nos a entender a história do nosso planeta (Nelson, 1978; Craw, 1984).

Aproximadamente no mesmo período, o entomólogo alemão Willi Hennig (1913-1976) desenvolveu um método de inferência das relações de parentesco entre os seres vivos, que aliava objetividade à perspectiva evolutiva. De acordo com Hennig, o sistema geral de referência de classificação dos organismos deveria refletir diretamente os resultados do processo evolutivo. O surgimento desse método, hoje conhecido como Sistemática Filogenética, foi crucial para a Biogeografia, pois a partir de então se passou a entender a biota sob uma perspectiva evolutiva. Desse modo, postula-se que, se é possível elaborar uma hierarquia entre organismos, formando grupos sucessivamente mais inclusivos de acordo com o seu parentesco - espécies relacionadas filogeneticamente são agrupadas em gêneros, gêneros são agrupados em famílias e assim sucessivamente - também é possível organizar as áreas de distribuição de maneira hierárquica segundo o parentesco.

Assim, a Biogeografia histórica nos mostra que processos históricos de alterações no habitat podem ser usados para explicar padrões de distribuição diferentes do esperado ao acaso. Ela apresenta diversos métodos que possibilitam a reconstrução da história e do relacionamento entre as áreas, através do estudo das espécies que as ocupam (Fig. 2). Nesse mesmo cenário surgiu a **biogeografia cladística**, iniciada por Donn Rosen (1929-1986), Norman Platnick e Gareth Nelson. Ela pode ser entendida como a integração entre tectônica de placas (iniciada por Wegener), vicariância (Croizat) e sistemática filogenética (Hennig). O objetivo principal da biogeografia cladística é a busca por padrões de distribuição congruentes. A pergunta inicial é: "por que os organismos estão distribuídos onde eles estão atualmente?". Duas são as respostas possíveis: 1) as espécies apenas continuam na área onde já estavam, ou em uma área equivalente à que estavam no passado; ou 2) as espécies ocorriam em outro lugar e aumentaram sua área de distribuição, ocupando as áreas atuais. No primeiro caso, pode-se dizer que tanto a biota quanto o espaço por ela ocupado estão intimamente relacionados e por isso, ambos sofreram modificações conjuntamente. Já no segundo caso, o padrão foi gerado por eventos de dispersão, sejam eles aleatórios ou direcionais (Nelson e Platnick, 1981).

Atualmente, há mais de 20 métodos biogeográficos disponíveis na literatura, mas ainda não há consenso sobre a sua eficiência (Crisci,

2001, Posadas e col., 2006).

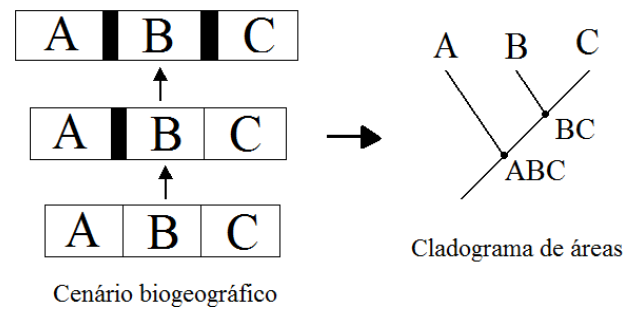


Figura 2. Síntese da prática da Biogeografia. A partir da história da fragmentação da área é possível a inferência de um cladograma de áreas, que é um diagrama do relacionamento entre as áreas.

Apesar da enorme complexidade de conceitos, a biogeografia não é unicamente importante no âmbito acadêmico, tampouco é restrita à agregação de informações puramente empíricas. Sob o ponto de vista prático, a biogeografia é uma ferramenta extremamente útil, por exemplo, para a conservação da biodiversidade. Os métodos de reconstrução da biogeografia histórica têm sido muito valorizados no reconhecimento das áreas de endemismo, que são unidades complexas e relevantes sob o ponto de vista histórico e evolutivo, e que, portanto, devem ser preservadas. O panorama atual de escassez de recursos destinados à criação e manutenção de unidades de conservação, aliada à pressão no sentido de destruição de habitats, exige que as áreas a serem protegidas sejam cuidadosamente escolhidas, o que é possível utilizando-se os métodos da biogeografia histórica.

Agradecimentos

Agradeço a Silvio S. Nihei pela sugestão e incentivo para escrever este manuscrito e pela revisão do texto e à Roberta R. Figueiredo pelas pertinentes sugestões e leitura crítica do manuscrito.

Referências Bibliográficas

- Craw, R.C. (1984). Never a serious scientist: the life of Leon Croizat. *Tuatara* 27, 5-7.
- Crisci, J. V. (2001). The Voice of Historical Biogeography. *Journal of Biogeography* 28 (2), 157-168.
- Crisci, J.V., Katinas, L. e Posadas, P. (2003). *Historical Biogeography: an introduction*. Cambridge, Harvard University Press.
- Croizat, L. (1964). *Space, time, form: The biological synthesis*. Publicado pelo autor.
- Humphries, C.J. (2000). Form, space and time; which comes first? *Journal of Biogeography* 27, 11-15.

- Nelson, G. (1978). From Candolle to Croizat: comments to the history of biogeography. *Journal of the History of Biology* 11, 269-305.
- Nelson, G. e N. Platnick. (1981). *Systematics and Biogeography, cladistics and vicariance*. Columbia University Press. New York.
- Papavero, N.; Teixeira, D.M.; Llorente-Bousquets, J. (1997). *História da Biogeografia no período Pré-evolutivo*. São Paulo, Plêiade/Fapesp.
- Posadas, P., Crisci, J.V. e Katinas, L. (2006). **Historical biogeography: a review of its basic concepts and critical issues**. *Journal of Arid Environments* 66, 389-403.