

Modelo simula formação de novas espécies

Foto: Antoninho Perri

Estudo sobre especiação rende artigo de docente do IFGW e de outros quatro autores na *Nature*

LUIZ SUGIMOTO

sugimoto@reitoria.unicamp.br

Físico com certa queda para biólogo, o professor Marcus Aloizio Martinez de Aguiar, do Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW) da Unicamp, está entre os autores do artigo em destaque na edição de 16 de julho da revista *Nature* por alimentar a discussão em torno dos mecanismos que levam à formação de novas espécies – a especiação. “Acho fascinante o tema da dinâmica das populações e a teoria da evolução. A própria existência de espécies, onde indivíduos se agrupam e não se reproduzem com indivíduos de outro grupo, já é algo misterioso. Sempre me perguntei por que não existe um *continuum* genético”.

Marcus Aguiar assina o artigo juntamente com a aluna de doutorado Elizabeth Machado Baptestini e três colaboradores dos Estados Unidos: Yaneer Bar-Yam (New England Complex Systems Institute), Michel Baranger (Massachusetts Institute of Technology, MIT) e Les Kaufman (Boston University). Os autores apresentam um modelo que simula a formação de novas espécies a partir de uma população de indivíduos inicialmente idênticos e distribuídos no espaço, com a diferenciação se dando através de mutações e do acasalamento seletivo.

O docente da Unicamp explica que os biólogos ainda não se convenceram de que sejam possíveis outros mecanismos de especiação além do alopátrico, que é o mais aceito. “O processo de especiação alopátrica baseia-se no isolamento geográfico, em que uma população é dividida pelo surgimento de obstáculos como rios ou montanhas. Não havendo mais reprodução entre indivíduos dos dois grupos, interrompe-se o fluxo genético. Ambos vão sofrendo mutações ao longo do tempo, até a incompatibilidade genética tornar impossível a reprodução entre eles, criando-se duas espécies”.

Entretanto, Marcus Aguiar vê pouca sustentabilidade na tese de que a especiação alopátrica seja única, haja vista a estimativa de que existem entre 10 milhões e 100 milhões de espécies no planeta. “A história evolutiva mostra que as espécies são instáveis: algumas se ramificam, outras desaparecem, em movimento constante. Como vivemos numa escala de tempo muito pequena, achamos que está tudo no seu lugar. Penso que a especiação acontece a toda hora e de maneira fácil e espontânea”.

O pesquisador afirma que vem crescendo o número de evidências de especiação simpátrica, na qual novas espécies aparecem sem que haja isolamento geográfico, citando o exemplo das centenas de espécies de peixes ciclídeos encontrados no lago africano Vitória. “Estudos indicam que o lago foi colonizado por uma única espécie ancestral, que teria vivido há cerca de 1 milhão de anos. No lago não existem barreiras, mas como ele é grande, os peixes foram se espalhando e acasalando seletivamente. Considerando que o fluxo genético de um ponto a outro do lago pode demorar várias gerações, acreditamos que ali o isolamento por distância teria sido o mecanismo de especiação”.

Uma espécie de pássaros em Ca-



O professor Marcus Aloizio Martinez de Aguiar, do IFGW: “A história evolutiva mostra que as espécies são instáveis”

marões, também na África, pode ser um caso de especiação simpátrica em curso. Esses pássaros colocam seus ovos nos ninhos de outras espécies que, por sua vez, tornam-se pais adotivos dos filhotes. Quando adultos, os filhotes já incorporaram características da outra espécie, como padrão de canto e outros hábitos. Embora esses novos pássaros ainda possam acasalar entre si, já surgiram diferentes raças e as fêmeas, para reproduzir, preferem machos com o mesmo padrão de canto que elas emitem.

O professor do IFGW está particularmente interessado em estudar pássaros da Amazônia, que possui enorme diversidade de espécies, ainda que numa floresta praticamente contínua, sem obstáculos importantes. “Há a teoria de que na última era glacial a região secou e foi reduzida a trechos isolados de floresta, com a consequente diferenciação de espécies. No entanto, o biólogo canadense Paul Colinvaux mostrou que a floresta, apesar das mudanças climáticas bruscas, permaneceu contínua e verde, o que contrariaria a tese de especiação alopátrica na Amazônia”.

Marcus Aguiar ressalta que a proposta deste grupo de pesquisadores é demonstrar a existência de outro mecanismo de formação de novas espécies, e não desacreditar a versão mais corrente. “A especiação alopátrica seguramente ocorreu em diversos momentos, mas não achamos possível que seja o único processo. Por outro lado, acreditamos que a especiação simpátrica não é tão rara como se pensa. Entender a diversidade do planeta é um problema ainda em aberto e que desperta muito interesse”.

A simulação

O modelo desenvolvido pelo grupo traz a novidade de se basear apenas na auto-organização da população em conjuntos que se formam principalmente por conta do acasalamento seletivo. Ao contrário de

outros modelos atuais de especiação simpátrica, esta simulação não envolve suposições ecológicas como a segregação pela adaptação a determinados nichos ou a disponibilidade de alimentos.

Segundo Aguiar, o que se monitorou foi a evolução de uma população cujos membros são inicialmente distribuídos de maneira uniforme no espaço e possuem genomas idênticos. “Julgamos que os ingredientes fundamentais para o acasalamento são a distância espacial (S) e a distância genética (G). A hipótese é de que, para reproduzir, o indivíduo escolhe um parceiro mais próximo (a uma distância espacial inferior a S) e que reconheça como da mesma espécie (distância genética inferior a G)”.

Sem entrar em tantos detalhes do modelo, como os descritos na *Nature*, os resultados apontam que os valores de S e G podem fazer com que uma população homogênea se divida em grupos espacial e geneticamente isolados. “Simulando uma reprodução sexuada com *crossover*, escolhemos um ponto arbitrário no genoma dos pais para promover a troca de genes entre os dois indivíduos e construir o genoma do filho; em seguida permitimos a mutação dos genes e a dispersão do filho. O resultado é o aparecimento de conjuntos de indivíduos que vão se separando geneticamente da população principal. No entanto, existem situações em que não ocorre a especiação, particularmente quando os valores de S e G são muito grandes”.

Anel do Tibete

Uma ocorrência deste tipo de especiação tratada no modelo é o “anel de espécies” do Planalto Tibetano, formado por grupos de pássaros *Phylloscopus trochiloides*, em que as diferenças genéticas são progressivas ao longo da cadeia de indivíduos. Isto faz com que aqueles localizados nos extremos sejam diferentes a ponto de

não poderem mais se acasalar com indivíduos da população original. A justificativa é que na última era glacial, quando a Sibéria se dividiu em pequenos focos de floresta, essas aves ficaram confinadas ao sul da área em que viviam anteriormente. Reconstituída a floresta, elas seguiram para o norte circundando o platô pelo oeste e pelo leste.

Marcus Aguiar abre no computador uma imagem colorida que retrata a ocupação do espaço e as mudanças graduais nos padrões de canto dos grupos de pássaros do Tibete, conforme foram dando a volta no platô. “Quando o canto é parecido, eles ainda se reconhecem como da mesma espécie e a reprodução é possível. À medida que se distanciam, os pássaros de um extremo já não reproduzem com os do meio – porque o canto ficou completamente diferente – mas o fazem com outros enquanto avançam. No futuro, o anel poderá ser composto por espécies totalmente distintas”.

O modelo ainda inclui um parâmetro Q, que é a probabilidade de que um indivíduo não reproduza. Nesse caso, um vizinho é escolhido para fazê-lo. Como nas populações naturais, os melhores adaptados deixam mais descendentes. Na simulação, a escolha de quem se reproduz ou não é aleatória, e o modelo pode ser definido como “neuro”, sem seleção natural.

O professor da Unicamp acrescenta que o número de espécies formadas e de indivíduos em cada espécie depende igualmente dos parâmetros S e G. As curvas estatísticas mostram que o número de espécies formadas e a abundância de seus indivíduos variam bastante. “Os resultados que produzimos foram bastante compatíveis com dados observados na natureza, explicitamente sobre um conjunto de pássaros da Inglaterra e de árvores no Panamá. A comparação pesou para que o nosso trabalho ganhasse esse destaque na *Nature*”.

Sobre a seleção natural

O modelo elaborado pelo professor Marcus Aguiar e seus colaboradores é tido como neutro porque não inclui os efeitos da seleção natural, mas isto não significa descrença no processo proposto por Darwin. “A seleção natural é fundamental e deve começar a agir logo que acontece a especiação. O comentário favorável ao nosso trabalho é de que se trata de uma contribuição importante para mostrar que o modelo neutro de especiação é compatível com dados de abundância encontrados na natureza”.

Aguiar afirma que um exemplo clássico de seleção natural é a evolução das baleias, mamíferos que vivem na água e precisam subir à superfície para respirar. Seus ancestrais em terra buscaram o ambiente marinho, certamente devido à abundância de alimentos neste habitat. “A baleia era uma espécie de porco que, ao longo da sua cadeia evolutiva, foi perdendo as patas e ganhando um bico maior, a ponto de seu nariz se deslocar para a parte superior da cabeça. É um processo de especiação que implica na transformação completa de uma espécie em outra, chamado de anagênese”.

O mecanismo abordado pelos autores do artigo na *Nature* está relacionado com a cladogênese (de clado, ramo), que é a divisão de uma espécie em outras. “Nós, humanos, originamos de um ancestral que deu origem também ao chimpanzé, gorila, orangotango. Em nossas simulações, observamos uma espécie se ramificando em duas ou mais. Dependendo dos parâmetros, é possível gerar vinte espécies de uma só vez”.