ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Áreas preferenciais para alopatría com base no relevo do Piauí (Brasil): um estudo inferencial¹

Francisco Soares Santos Filho¹, José Francisco de Araújo Silva², Léya Jéssyka Rodrigues Silva Cabral³

¹ Professor do Quadro Permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Professor Adjunto IV do Centro de Ciências da Natureza da Universidade Estadual do Piauí (UESPI). Campus Poeta Torquato Neto. Rua João Cabral, 2231. Herbário Afrânio Fernandes. Setor 17. Bairro Pirajá. Teresina – Piauí. fsoaresfilho@gmail.com (autor correspondente). ² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Universidade Federal do Piauí (UFPI), Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL), Campus Ministro Petrônio Portela. Teresina-Piauí. jfaraújo6@hotmail.com. ³ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Universidade Federal do Piauí (UFPI), Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL), Campus Ministro Petrônio Portela. Teresina-Piauí. leyarodrigues@hotmail.com.

Artigo recebido em 10/01/2017 e aceito em 09/05/2017

RESUMO

Desde o início da história humana há uma busca em explicar a origem da biodiversidade. Somente a partir do século XVII é que emergiram na Europa as bases da teoria moderna dessa evolução. A busca da explicação para a origem das espécies foi objeto de estudo de diversos estudiosos, entre eles Charles Darwin, que melhor sintetizou as evidências evolutivas de forma convincente e compreensível. Ao tratar sobre evolução das espécies, intrinsecamente trata-se sobre especiação, ou seja, a explicação para novas espécies. A especiação alopatrica é a que decorre de um isolamento geográfico inicial. O objetivo principal desta pesquisa foi sugerir áreas focais para estudos de processos de alopatría, tomando como base o relevo do Estado do Piauí (Brasil), tendo em vista tratar-se de uma grande zona de ecótono. Busca-se ainda mapear estas áreas para que possam servir de fontes de pesquisas da existência do fenômeno de alopatría em plantas ou animais no território do Piauí. A metodologia utilizada nesta pesquisa compreende uma revisão sobre o tema, o conhecimento prévio das áreas apontadas, além da utilização do *software* Arcgis para a elaboração do mapa de localização das áreas. Como resultados obtidos foi possível realizar a caracterização áreas tendo por base o relevo, cujas propriedades permitem promover fenômenos de especiação alopatrica.

Palavras-chave: especiação, alopatría, relevo, Piauí.

Preferential areas for allopatría based on Piauí relief (Brazil): an inferential study

ABSTRACT

Since the beginning of human history there has been a quest to explain the origin of biodiversity. Only in the seventeenth century did the foundations of the modern theory of this evolution emerge in Europe. The search for the explanation of the origin of the species was the object of study of several scholars, among them Charles Darwin, who better synthesized evolutionary evidence in a convincing and understandable way. In dealing with the evolution of species, it is intrinsically about speciation, that is, the explanation for new species. Allopatric speciation is the result of an initial geographic isolation. The main objective of this research was to suggest focal areas for studies of allopatric processes, based on the relief of the State of Piauí (Brazil), in order to be a large zone of ecotone. It is also sought to map these areas so that they can serve as sources of research on the existence of the phenomenon of allopatry in plants or animals in the territory of Piauí. The methodology used in this research includes a review on the subject, prior knowledge of the areas pointed out, and the use of the Arcgis software for the mapping of the location of the areas. As results obtained it was possible to perform the characterization of areas based on the relief, whose properties allow to promote phenomena of allopatric speciation.

Keywords: speciation, allopatric, relief, piauí.

¹ A realização deste estudo partiu de discussões teóricas na disciplina Tópicos Especiais em Estudos Regionais II (Biogeografia) do Programa de Pós-graduação em Geografia (em nível de mestrado) da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Introdução

Especiação alopátrica é a evolução de barreiras evolutivas genéticas entre populações que estão separadas geograficamente, por uma barreira física extrínseca, tal como topografia, água (ou terra) ou um habitat desfavorável (Futuyma, 2009). A especiação é um conceito que ilustra muito bem algumas das diversas relações existentes entre a biologia e a geografia. Na compreensão da biogeografia, a especiação aparece ainda como um processo que apresenta forte relação com o relevo através de barreiras geográficas, especialmente por propiciar os surgimentos de novas espécies, por mecanismos de vicariância (Pianka, 2000).

Por meio de barreiras geográficas que podem ir desde uma cadeia de montanhas, a um braço de rio, populações ancestrais podem ser separadas, estabelecendo assim um isolamento de habitat, fazendo com que haja mecanismos que impeçam o fluxo gênico entre estas subpopulações isoladas, configurando o que se chama de especiação alopátrica. Importante ressaltar, que outros tipos de especiação podem também se estabelecer mesmo sem a presença de barreiras (Futuyma, 2009). A especiação simpátrica ocorre dentro de populações contíguas. Resulta ainda em um subtipo denominado especiação parapátrica ou estasipátrica, na qual, a partir de um gradiente ambiental, várias espécies se formam, constituindo populações divergentes, porém permanecendo em contato (Brown e Lomolino, 2006).

A discussão sobre especiação é central na teoria evolutiva, podendo ser encarado de duas maneiras: a) visando às transformações (a evolução) morfológicas de uma determinada espécie em tempo geológico e; b) tentando surpreender, em tempo real, exemplos dos processos e fases que a teoria leva a crer tenham interferido no processo da transformação, não de uma espécie em outra, pois a fatia estreita do tempo do homem não o permite, mas de uma espécie em duas ou mais, causando o aumento da diversidade biótica. (Vanzolini, 1992).

Para Andrade (2010), o fluxo genético entre grupos de uma população é nulo devido à separação geográfica que impede o contato direto entre esses grupos e a reprodução sexuada. A separação geográfica obriga cada subpopulação a passar por processos independentes de evolução, até se tornarem tão diferentes entre si que indivíduos de um grupo são incapazes de cruzar com indivíduos do outro grupo e deixar descendentes férteis. O isolamento de subpopulações pode ocorrer de diversas maneiras, entre elas: isolamento geográfico, isolamento

ecológico ou barreira de híbridos (Stearns e Hoekstra, 2003).

O Piauí apresenta sobre o seu território uma grande zona ecotonal, formada pela intersecção de áreas sob interferência do subúmido amazônico, semiárido nordestino e do Cerrado central, o que termina por influenciar na sua diversidade biológica (Farias e Castro, 2004), apresentando um cenário favorável, em suas diferentes regiões, que permitam os diferentes tipos de especiação. Fragmentos vegetacionais de zonas ecotonais podem resguardar, inclusive, espécies que correm risco de extinção (Almeida Jr. et al., 2012).

Desta forma o objetivo principal deste estudo é sugerir áreas, com base em diferentes unidades de relevo que merecem especial atenção no que se refere a estudos biogeográficos, especialmente aqueles que podem suportar casos de alopatria. Busca-se ainda mapear estas áreas a fim de que possam servir de base experimental e observacional e fontes de pesquisas da existência do fenômeno de alopatria em plantas ou animais no território do Piauí.

Especiação alopátrica: revisão conceitual

Falar sobre especiação requer alguns cuidados, uma vez que o tema é polêmico e amplo, sendo necessária, portanto, vasta pesquisa, tendo em vista ainda que a temática abrange muitas linhas de pesquisa especialmente dentro da biologia, mas podendo estender-se também à geografia, geologia, climatologia, entre outras ciências.

Segundo Colley e Fischer (2013) especiação e seus mecanismos está diretamente relacionada às teorias que foram elaboradas ao longo do tempo sobre a origem da diversidade biológica. A busca da explicação para a origem das espécies e a maneira pela qual elas se formam foram objeto de estudo de diversos estudiosos, em especial os biólogos evolucionistas, entre eles Charles Darwin e Alfred Russell Wallace. Sobre as teorias que anseiam elucidar a origem das espécies é preciso destacar que

Uma das primeiras ideias propostas em busca de responder sobre a origem da biodiversidade está no livro do Gênesis, na Bíblia. Essa visão se estabeleceu com a ascendência da Igreja católica entre os séculos V e XV e contribuiu para que permanecesse vigente durante toda a Idade Média. O texto do Gênesis considera que a diversidade biológica

surgiu uma única vez em um local definido da Terra, o Éden, sendo esse o centro de origem primordial. Do monte Ararat, pós-dilúvio, centro de origem secundário, as espécies que saíram da arca de Noé se dispersaram para povoar o mundo. No entanto, a descoberta pelos europeus de animais e populações humanas nos continentes longínquos obrigou os pensadores a buscar novas teorias para explicar a imensa diferença morfológica do crescente número de espécies que estavam sendo descritas. Nesse sentido, entre o século XVII e o XVIII foram propostas e perduraram ideias de que Deus criara as espécies separada e simultaneamente, cada qual em sua região, sendo o dilúvio um evento local. (Colley e Fischer, 2013).

Ainda segundo Colley e Fischer (2013) desde o século XVII emergiram na Europa as bases da teoria moderna da evolução biológica, tendo as primeiras ideias sido desenvolvidas provavelmente por Charles de Secondat Montesquieu (1689-1755), tendo tal teoria contado também com a contribuição do pensador e historiador natural Benoit de Maillet (1656-1738), Pierre Lois Maupertuis (1698-1759), Frances Denis Diderot (1713-1784), o naturalista George Louis Buffon (1707-1788), Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), Erasmus Darwin (avô de Charles Darwin) quem provavelmente teve a maior influência sobre a ideia central de Darwin, dentre outros. Fica claro, portanto, que embora não tenha sido Darwin o primeiro a tratar sobre uma teoria evolutiva entre as espécies foi aquele que sintetizou melhor “as evidências evolutivas de modo convincente e compreensivo, em que a seleção natural atua como um mecanismo de especiação que promove a evolução”. (Colley e Fischer, 2013).

É preciso ressaltar que existem outras formas de especiação, como já explicitado, no entanto, quando esta ocorre em decorrência de um isolamento geográfico, tem-se a caracterização de uma especiação alopátrica. Tal isolamento geográfico configura-se como um obstáculo que separa uma população por uma barreira geográfica, passando assim a serem formadas subpopulações. Já a barreira geográfica pode ser desde uma montanha, uma chapada, o braço de um rio ou um açude, por exemplo. Mudanças climáticas, por exemplo, podem incentivar espécies a passarem por uma dispersão, seccionando populações, tendo como resultado mecanismo de especiação (Hannah, 2011).

De acordo com Futuyma (2009) as barreiras geográficas tornam-se assim impeditivos para o estabelecimento do fluxo gênico entre os indivíduos das populações que se encontram por elas separadas. As áreas ora separadas recebem novas variabilidades genéticas surgidas em uma das populações que não serão transmitidas para a outra. Além disso, é muito difícil que os ambientes formados a partir da separação apresentem condições ambientais similares, o que representa diferentes pressões seletivas e, conseqüentemente, diferentes genes entre as populações, fazendo com que acumulem diferenças ao longo do tempo, o que é possível fazer com que desenvolvam mecanismos de isolamento reprodutivo. Uma vez ocorrendo este isolamento, pode-se considerar que essas populações pertencem a espécies distintas.

Corroborando com esta teoria, De Queiroz (1998) também diz ser a divisão de uma população por barreiras geográficas um fator limitador de dispersão dos indivíduos, o que tem como consequência o impedimento do fluxo gênico livre entre elas.

Por meio da análise da Figura 1, é possível entender como funciona o surgimento de uma nova espécie, por mecanismos de especiação alopátrica. Como explicado, o isolamento reprodutivo é, pois, determinante para a origem de nova espécie.

No caso dos animais, muitas espécies se distinguem por ser reprodutivamente isoladas, o que representa um elemento-chave na pesquisa sobre especiação. Dentro da biologia evolutiva existe consenso quanto à ocorrência de especiação alopátrica, ou seja, a formação de novas espécies em populações geograficamente isoladas de uma mesma espécie ancestral (Ridley, 2006).

Figura 1. Representação esquemática de especiação alopátrica. Elaboração: Léya Cabral.

É preciso, no entanto, ressaltar que por si só, o isolamento por barreira não representa um mecanismo de especiação. Além de separadas, estas populações devem evoluir de forma independente, a partir da seleção de *pool* gênico diferentes. Caso, mesmo isoladas, as populações estejam submetidas à condições ambientais similares, e que os fatores evolutivos mais contundentes, como as mutações, não estejam interferindo fortemente na alteração deste *pool* gênico, é possível que as diferenças não sejam tão pronunciadas e a especiação de fato não ocorra.

De acordo com Shibatta e Artoni (2005) no Brasil, mais especificamente no Parque Estadual de Vila Velha (ES), há populações isoladas de lambaris em depressões doliniiformes (furnas). Ainda para os referidos autores essas populações, identificadas provisoriamente como *Astyanax fasciatus*, são um valioso recurso para estudos evolutivos, tendo em vista que o

isolamento populacional é considerado um dos fatores condicionantes do processo de especiação.

[...] a presença desses lambaris nas furnas torna esta região extremamente interessante para estudos evolutivos. O possível isolamento populacional por vicariância, neste caso relacionado com eventos geológicos, é um dos fatores que podem promover a especiação por alopatria. Segundo Stearns e Hoekstra (2003), 'é fácil imaginar que a especiação se inicia quando populações se tornam geograficamente isoladas, sendo expostas à seleção divergente e evoluindo independentemente.' (Shibatta e Artoni, 2005).

Para Giongo *et al.* (2012) o gênero *Astyanax*, um pequeno peixe habitante de riachos, pode ter passado por distintos processos de especiação por conta dos diversos processos que formaram a imensa extensão hidrográfica da América do Sul, o que também pode ter acontecido com muitas outras espécies encontradas nos rios brasileiros.

Para Henderson e Walker (1986), citados por Machado (2015) nos riachos as comunidades de peixes apresentam grupos taxonômicos muito antigos, além de serem compostas em sua maioria por espécies de pequeno porte, com tímidas taxas de deslocamento espacial no decorrer da vida. Castro *et al.* (2003) diz ser a combinação destes fatores a suposta responsável por gerar elevada taxa de especiação alopátrica destes organismos, o que torna os riachos locais com alto grau de endemismo.

Espécies de peixes que vivem em rios ou riachos temporários podem ter surgido a partir do momento em que os períodos de seca transformaram-se em barreiras, isolando populações que se ajustaram a sobreviver com um mínimo de água disponível em poças. É o que parece sugerir a descoberta da espécie *Anablepsoides vieirai* encontrada em um riacho da Bacia do Rio Parnaíba e descrita recentemente a partir de um grupo de espécies similares da Bacia Amazônica (Nielsen, 2016).

Outro possível caso de alopatria diz respeito ao gênero *Conepatus* (jaratatacas ou zorrilhos), sendo que das três espécies deste descritas para o continente sul-americano, duas delas, *C. chinga* e *C. semistriatus*, ocorrem no Brasil, em suposta alopatria, uma mais meridional, outra mais setentrional. (Fontoura-Rodrigues, 2013).

Outro exemplo de possível alopatria no Brasil, diz respeito a populações de *Lutzomyia umbratilis*. De acordo com Freitas (2014) a importância médica, a distribuição descontínua pelo país e evidências biológicas e moleculares realizadas em populações de *L. umbratilis* na região amazônica foram fatores levados em consideração por alguns autores que sugeriram a existência de um complexo de espécies vivendo em alopatria na Amazônia Central, tendo supostamente funcionado como barreiras geográficas os rios Amazonas e Negro. “[...] a divisão e um período longo de isolamento em margens opostas dos rios são fatores preponderantes para a especiação de vários grupos de organismos na região Amazônica”. (Freitas, 2014).

Para Menin (2016) diversas teorias foram formuladas para explicar a grande diversidade de espécies que ocorrem região Neotropical que estende do México ao sul do Chile e Argentina. Fatores ecológicos e históricos podem ser apontados como respostas, sendo assim ainda para o autor “os fatores históricos estão associados com eventos de especiação ao longo do tempo, gerados por mudanças ambientais, especialmente climáticas, ou pela formação de barreiras geográficas naturais”.

Material e métodos

A metodologia escolhida foi composta pelo levantamento e análise teórica para o devido embasamento do objetivo do estudo do presente artigo, fundamentando-se especialmente em informações que auxiliaram na compreensão conceitual, especialmente no que concerne aos termos especiação, especiação alopátrica, barreiras geográficas, entre outros necessários à

realização deste estudo. A leitura de teóricos como De Queiroz (1998); Pianka (2000); Stearns, Hoekstra (2003); Shibatta, Artoni (2005); Brown e Lomolino (2006), Ridley (2006); Futuyma (2009); Colley, Fischer (2013), entre outros, foram de fundamental importância.

Ainda nesta etapa foram colhidas as informações que delinearão o perfil de áreas prováveis, cuja existência de barreiras, naturais ou artificiais, poderiam promover condições para ocorrência da especiação alopátrica.

A segunda etapa consistiu na identificação e localização dos pontos, com base nas características naturais do espaço geográfico do Piauí, como a disposição promovida pelo leito de rios e formas de relevo diversas. Os pontos foram identificados através de imagens Landsat, e foram elaborados mapas das áreas utilizando o software ArcGis 10.3, disponível no Laboratório de Geomática da Universidade Federal do Piauí - UFPI.

Neste trabalho sugerimos a existência de cinco áreas, cujas características permitem promover fenômenos de especiação alopátrica. São elas: Ilha Grande de Santa Isabel (Municípios de Ilha Grande e Parnaíba), Serra da Capivara (Municípios de São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, Canto do Buriti e São João do Piauí), Serra das Confusões (Municípios de Alvorada do Gurgueia, Bom Jesus, Brejo do Piauí, Canto do Buriti, Caracol, Cristino Castro, Curimatá, Guaribas, Jurema, Redenção do Gurgueia, Santa Luz e Tamboril do Piauí), Rio Uruçuí Preto / Serra de Uruçuí (Municípios de Baixa Grande do Ribeiro, Bom Jesus, Palmeira do Piauí, Santa Filomena e Uruçuí) e Barragem de Boa Esperança (Municípios de Guadalupe, Porto Alegre do Piauí e Nova Iorque - MA) conforme a Figura 2.

Figura 2. Mapa de localização das áreas de indicação de atividade de especiação alopátrica, dadas as condições do relevo do Piauí.

Resultados e discussão

Áreas sugeridas

Ilha Grande de Santa Isabel

Ilha Grande de Santa Isabel é considerada a maior ilha flúvio-marinha do Delta do Parnaíba, situada dentro da Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba, Unidade de Conservação de Uso Sustentável. Localiza-se ao norte do estado do Piauí, faz parte da Microrregião do Litoral Piauiense, com uma área correspondente a 240 km², sendo que 122 km² correspondem ao território do município de Ilha Grande e os demais, 118 km², ao município de Parnaíba, tendo uma população estimada em 15.521 habitantes. Os municípios pertencem ao território de Desenvolvimento da Planície Litorânea (PIAUI, 2007)

A área do Delta do Parnaíba é composta por terrenos de formações recentes e com materiais predominantemente não consolidados, que estão sobre depósitos de areias quartzosas do Quaternário. Podendo destacar a presença de planícies lacustres e flúviolacustres, com

sedimentos areno-argilosos, à margem de lagos fluvial, freático ou misto; planícies fluviais, com faixas de acumulação aluvial dos rios que seguem para o oceano; além de áreas de acumulação inundáveis durante o período das chuvas (Aguiar, 2004a; Santos-Filho et al. 2015). O clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com estação quente e chuvosa no verão e moderadamente seca no inverno (Jacomine, 1986) As áreas de maior concentração da vegetação estão ao longo das bacias hidrográficas dos rios Parnaíba e Igarapé, bem como nas superfícies inundáveis da ilha, constituídas em sua maioria por alagados e igarapés.

Santos-Filho et al. (2010) afirmam que a região apresenta fisionomias de restingas inundáveis e não inundáveis caracterizadas por formações arbustivas, formações de campos e carnaubais. Almeida Jr. et al. (2011) registraram a existência de uma espécie Amazônica encontrada entre as dunas da Ilha, reforçando o quão isolado é o ambiente, capaz de proporcionar disjunções de espécies. Santos-Filho et al. (2013) estudaram a estrutura da vegetação ocorrente na ilha e sua relação com fatores edáficos, apresentando solos

nutricionalmente pobres, incluindo a presença de Al. Em outro estudo, Santos-Filho et al. (2015) listaram a existência de 67 espécies vegetais pertencentes a 31 famílias botânicas. O ambiente de Ilha Grande encontra-se sujeito a alteração provocada pela dinâmica das dunas moveis que periodicamente cobrem a vegetação local. Loebmann e Mai (2008) levantaram 14 espécies de anfíbios anuros na restinga de Ilha Grande. Estas espécies, no entanto, similares às encontradas em outros sítios de coleta do litoral do Piauí e do Ceará.

A escolha de Ilha Grande como uma área que tenha, ao longo do tempo, podido promover o fenômeno da especiação, dá-se em virtude de tratar-se de uma área de difícil transponibilidade para espécies tais como répteis, uma vez que a mesma possui intermitentemente água ao seu redor o que acarreta a dificuldade de transposição dessas espécies. Para Brown e Lomolino (2006) e Whittaker e Fernández-Palacios (2007) ilhas são locais onde evidências da especiação alopátrica podem ser observadas. Seguindo este mesmo raciocínio Colley e Fischer (2013) citam o mais clássico dos exemplos de especiação alopátrica ocorrido em ilhas, trata-se dos tentilhões observados por Darwin nas ilhas galápagos.

Esses pássaros ilustram muito bem como uma variedade de espécies de aves pôde evoluir a partir de uma única linhagem ancestral. Inicialmente, os dados sobre a diversificação dos tentilhões foram obtidos por Darwin sem experimentação; no entanto, têm sido sistematicamente corroborados por numerosas análises posteriores. Essas aves são representadas atualmente por 13 espécies no arquipélago de Galápagos (formado por 13 ilhas maiores e seis menores) e uma espécie na ilha Cocos, que variam desde a cor da plumagem e a forma do bico até outros aspectos morfológicos, comportamentais, biológicos, ecológicos e genéticos. A diversidade de espécies é resultante do isolamento sexual e variação ambiental nas diferentes ilhas e condicionada primeiramente pela pressão ecológica em relação às distintas fontes de alimento, consequentemente, desencadeando a radiação adaptativa em relação à morfologia do bico (Colley e Fischer, 2013).

Outro exemplo de especiação alopátrica, ocorreu, muito provavelmente, marcando o surgimento da espécie *Hyorhinomys stuempkei*. Conhecido popularmente como rato-com-nariz-de-porco, a espécie foi encontrada na Ilha Sulawesi na Indonésia. A fauna de ratos da família Muridae da ilha já era razoavelmente grande, formada por 46 espécies pertencentes a 16 gêneros. A nova espécie, que possui focinho

similar ao de porcos foi encontrada em floresta montana da Ilha, muito provavelmente isolada por barreiras ecológicas situadas na própria ilha ou se trata de uma nova espécie, gerada a partir de populações ancestrais de ilhas do arquipélago da Indonésia (Esselstyn et al., 2015).

Serra da Capivara

A área do Parque Nacional Serra da Capivara localiza-se no Sudeste do Estado do Piauí, preservando cerca de 1.223 sítios arqueológicos e paleontológicos. A área está inserida em duas estruturas geológicas: o Planalto Sedimentar Paleozóico da Bacia do Piauí-Maranhão (ocupa 84,4%), composta pelas Formações Cabeças, Depósitos Colúvio-Eluviais, Formação Longá, a Formação Pimenteiras e pelo Grupo Serra Grande e a Depressão Periférica Pré-Cambriana (ocupa 15,6%), composta pela Suíte Intrusiva Serra Aldeia, o Grupo Casa Grande (destacando a formação Barra Bonita), e o Complexo Sobradinho-Remanso; e o Escudo Metamórfico Pré-Cambriano (Barros et al., 2011).

A área do parque - 129.953 hectares (Lemos e Rodal, 2002) - compreende os municípios de São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, Canto do Buriti e São João do Piauí, todos pertencentes ao Território de Desenvolvimento Serra da Capivara (PIAUI, 2007) abrange chapadas e vales, com desníveis de até 250 m, uma paisagem diversificada com vales dendríticos estreitos e boqueirões estreitos e profundos. Nas áreas onde os vales são mais alargados instalam-se baixões ou desfiladeiros em cujas paredes, erodidas de forma diferenciada em resposta às características próprias de cada substrato rochoso, diferentes formas de abrigo foram esculpidas. Essa diversidade de rochas expostas sofreram intempéries no decorrer dos períodos geológicos, principalmente sobre a ação dos agentes erosivos através da forma de esculpimento do relevo moldando as atuais formas da paisagem: planaltos ou chapadas, morros, serras, serrotes e planícies, representadas pelas chapadas, cuevas e cânions em relevos runíformes (Barros et al., 2011).

O clima dessa região segundo Koppen é caracterizado com clima semi-árido quente com seca invernal BShw. Em estudo conduzido por Emperaire (1994), a área apresenta temperaturas médias anuais elevadas de 28°C, sendo o mês de junho mais frio e os mais quentes de outubro a novembro, com máximas que chegam a 41°C, as chuvas aperiódicas provocam irregularidade permanente no regime de fluxo dos cursos de água.

O monumental conjunto geológico do Parque se impõe como uma barreira que pode permitir processos de especiação alotrópica. De acordo com Whittaker, Palacios-Fernandez (2007):

“A essência deste modelo [especiação alopátrica] pode ser resumida: a) uma barreira geográfica restringe o fluxo de genes dentro de uma população sexualmente reprodutiva; b) as subpopulações isoladas evoluem separadamente por um tempo; c) elas se tornam o suficiente para serem chamados de diferentes espécies; d) Muitas vezes a barreira quebra e os isolados se sobrepõem, mas não se cruzam (ou se cruzam com sucesso reduzido)” (Whittaker e Palacios-Fernandez, 2007).

O conjunto geológico estabelecido na região do Parque Nacional da Serra da Capivara pode esconder barreiras que atuem inclusive no processo de alopatria de espécies capazes de voar, como morcegos, por exemplo. Recentemente foram encontradas espécies de morcegos que não apresentavam distribuição para o Piauí, sendo típicas em áreas de florestas pluviais densas. É provável que esta distribuição disjunta seja fruto de processos de isolamento (Novaes et al. 2013). A estrutura de paredões e boqueirões isolados em função do arranjo do monumento geológico vai criando espaço de isolamento para espécies de diferentes grupos de seres vivos, além de uma multiplicidade de ambientes que favorecem grupos distintos ajustados para condições ecológicas de sobrevivência distintas. Cavalcanti et al. (2014) encontraram um considerável grupo de lagartos (17 spp. de oito famílias), um quelônio, um cecilídeo, anuros (7 spp. de três famílias) e cobras (11 spp. de quatro famílias) em um levantamento na região do PARNA. Destas algumas espécies seriam improváveis para região por dependerem de maiores recursos hídricos, praticamente indisponíveis na região. O levantamento serve para demonstrar, além da alta diversidade do grupo na área estudada, a possibilidade de ajustes comportamentais de determinadas espécies, sobrevivendo em condições aparentemente desfavoráveis.

Serra das Confusões

O Parque Nacional Serra das Confusões foi criado em 1998, constituindo numa Unidade de Conservação situada no Piauí, está localizado na região sudeste do Estado e sua área abrange 502.000 hectares, compreendendo os municípios

de Alvorada do Gurguéia, Canto do Buriti, Caracol, Cristino Castro, Guaribas, Jurema e Tamboril do Piauí (IBAMA, 1997). Sendo Caracol, o mais desenvolvido e apresentando melhores condições de acesso para as atividades a serem realizadas na Unidade de Conservação (Moura, 2004).

A região do Parque protege parte das bacias hidrográficas do rio Gurguéia e do rio Piauí, que são tributários do rio Parnaíba. A fauna é típica associada a vegetação. Protege parte da Serra Bom Jesus da Gurguéia, com solos arenosos, a vegetação é do tipo “savana estépica”, conforme constante no mapa vegetação do Brasil (Aguilar, 2004b). O Parque ocupa uma área vasta nos municípios citados. Estes municípios pertencem a três Territórios de Desenvolvimento diferentes: a) Território Serra da Capivara; b) Vale dos rios Piauí e Itaueira e; c) Chapada das Mangabeiras (PIAÚI, 2007).

A geologia da área está moldada sobre as espessas camadas da Bacia Paleo-Mesozoica, do Piauí-Maranhão, encravada numa faixa de contato entre o maciço cristalino da Formação Serra Grande e a Bacia Sedimentar do Parnaíba. Situa-se dentro da unidade das Chapadas Sedimentares do Sul/Sudeste do Piauí. Apresenta duas feições: a Serra Grande, de superfície Plana com altura média de 700 metros, dissecada por amplos vales, e a Chapada dos Gerais, modelada em rochas cristalinas com altitude média de 650 metros, com relevo suavemente ondulado. É caracterizada por erosões provocadas pelas variações climáticas das áreas semiáridas, onde as estações de grande duração são responsáveis por unidades morfoclimáticas e morfoestruturais que caracterizam o relevo (Gonçalves, 2003).

De acordo com a classificação de Koppen a região tem clima do tipo BSwH – seco, tendo como principal característica a grande variabilidade na distribuição de chuvas, inserido na transição subsumido/semiárido, no domínio morfoclimático das caatingas. A hidrografia apresenta uma drenagem de caráter intermitente formada pelas nascentes dos rios Gurguéia e Canindé. A drenagem dessa área corresponde aos interflúvios da sub-bacias do rio Piauí / Canindé e do rio Itaueira. A maior contribuição do lençol freático é na Chapada dos Gerais, possuindo várias nascentes intermitentes de rios e riachos, destacando os riachos do Pinga, Anda Só, e Santana, e outros que seguem as condições naturais periódicas (Moura, 2004).

A escolha da Serra das Confusões, assim como a Serra da Capivara, como barreiras geográficas e possíveis áreas de especiação alopátrica dá-se, além da dificuldade de

transponibilidade, pelo fato de ocuparem vastas áreas e elevadas altitudes encontradas em ambas as serras, o que pode contribuir com a dificuldade no fluxo de algumas espécies de lagartos, insetos (orthoptera, hemíptera, coleóptera), além da formação de cavernas esculpidas no relevo da região ser um aspecto condicional a mais para a possível existência de especiação alopátrica naquela área.

Para Silva (2016) e Lino e Allievi (1980) cavernas, especialmente subterrâneas normalmente abrigam espécies animais únicas, em virtude entre outros motivos da ausência de luz e da pouca variação ambiental.

[...] a grande quantidade de espécies descobertas em cavernas brasileiras especialmente nos últimos 5 anos, muitas das quais com elevado grau de troglomorfo, indicam que as mudanças climáticas ocorridas na região Neotropical, mesmo não tendo sido tão severas quanto em regiões temperadas, também levaram ao isolamento de muitas linhagens no meio subterrâneo. Além disso, outros mecanismos de isolamento ou especiação (especiação parapátrica, introgressões e regressões oceânicas) podem também ter contribuído para a evolução de muitas linhagens subterrâneas no Brasil. (Silva, 2016).

Corroborando com esse pensamento, Rossetti (2016) ao escrever sobre surgimento de novas espécies em texto que trata de espécies desconhecidas de grilos escondidas em cavernas do Texas. Segundo o autor “animais de caverna são excelentes exemplos de evolução biológica, não só apresentando evidências de adaptação, mas de especiação”. Já existem estudos de biodiversidade de grupos específicos para a região, com base nas particularidades da área. Freitas et al. (2012) publicaram sobre a distribuição geográfica da serpente *Drymoluber brazili* que foi detectada nas cercanias da área, sendo uma espécie mais típica de ambientes úmidos. Carvalho et al. (2011) acrescentaram à distribuição geográfica da aranha *Heterophrynus longicornis* a região do Parque Nacional da Serra das Confusões, em razão da heterogeneidade ambiental encontrada, requisito para que muitas espécies possam ser encontradas na região.

Em um levantamento minucioso foram encontradas 22 espécies de morcegos, pertencentes a 18 gêneros de quatro famílias. Este estudo encontrou espécies amazônicas em primeira distribuição para a região da Caatinga e

uma espécie nova, típica da região do Parque Nacional da Serra das Confusões, identificada como pertencente ao gênero *Chiroderma* da família *Phyllostomidae* (Gregorin et al., 2008).

Rio Uruçuí Preto/ Serra de Uruçuí

O local onde foi definido como provável área de especiação alopátrica localiza-se na cidade de Uruçuí, inserida na microrregião do Alto Parnaíba Piauiense, Território de Desenvolvimento Tabuleiros do Alto Parnaíba (PIAUÍ, 2007) e compreende uma área irregular de 8.542 Km².

A zona urbana da cidade de Uruçuí possui uma altitude de 167 m acima do nível do mar, com acidentes morfológicos predominantes. Possui uma serra com uma ampla superfície tabular reelaborada, plana ou levemente ondulada, limitada por escarpas abruptas que atingem cerca de 600 m, chamada de Serra de Uruçuí, exibindo relevo com zonas rebaixadas e dissecadas (Aguiar, 2004b).

Apresenta temperaturas mínimas de 20°C e máximas de 31°C, com clima quente e semiúmido, classificado como Aw, segundo a Classificação de Köppen. A precipitação pluviométrica média anual (registrada, na sede, 800 mm) é definida no Regime Equatorial Continental, com isoietas anuais em torno de 800 a 1.200 mm e período chuvoso estendendo-se de novembro – dezembro a abril – maio. Os meses de janeiro, fevereiro e março correspondem ao trimestre mais úmido (IBGE, 1977).

A Bacia Hidrográfica do Rio Uruçuí Preto é drenada pelo rio Uruçuí Preto e pelos afluentes: Ribeirão dos Paulos, Castros, Colheres e Morro da Água, e pelos riachos Estiva e pelo Corrente, ambos perenes. Esta bacia encontra-se preponderantemente encravada na bacia sedimentar do rio Parnaíba, constituindo-se como um dos principais tributários pela margem direita, possui uma área total de aproximadamente 15.777 km², representando 5% do território piauiense e abrange parte da região sudoeste (Francisco e Medeiros, 2016).

A justificativa para a escolha do rio Uruçuí Preto como provável barreira geográfica inserida no território piauiense com possibilidade de existência de casos de alopatria advém, como já discutido neste estudo, da grande quantidade de estudos que indicam os rios como considerados barreiras eficazes para o isolamento gênico entre populações: “a hipótese dos rios sugere especiação alopátrica através do surgimento dos rios como barreira geográfica. Ela foi proposta originalmente por Wallace (1854) e aceita para explicar a diversificação de aves e primatas da

Amazônia” (Machado, 2015). Bacias hidrográficas, por sua irregularidade, criam isolamentos, criando condições para processos vicariantes (Freeman e Herron, 2009).

Estudos desenvolvidos na região apontam para registros de espécies não registradas ainda para região, como o caso da aranha *Heterophrynus longicornis*, já citada também para a região do Parque Nacional da Serra das Confusões, cujo habitat foi associado a matas de galerias da região de Uruçuí (Carvalho et al. 2011) e o novo registro de morcegos que citaram quatro novas espécies para região próxima (Maas et al., 2013).

Barragem de Boa esperança

A barragem de Boa esperança localiza-se na cidade de Guadalupe no Piauí. O município está localizado na microrregião de Floriano, Território de Desenvolvimento dos Tabuleiros do Alto Parnaíba (PIAUÍ, 2007), compreendendo uma área irregular de 1.016,43 km². A zona urbana de Guadalupe possui uma altitude de 177 m acima do nível do mar, apresenta temperaturas mínimas de 22°C e máximas de 30°C, com clima quente e semiúmido. A precipitação pluviométrica média anual é definida no Regime Equatorial Continental, com isoietas anuais em torno de 800 a 1.200 mm e período chuvoso estendendo-se de novembro – dezembro a abril – maio. Os meses de janeiro, fevereiro e março correspondem ao trimestre mais úmido. O clima da região é classificado como Aw (Classificação de Koppen). A geomorfologia da área é caracterizada por uma superfície tabular plana ou levemente ondulada (Aguar, 2004b).

A Usina de Boa Esperança está instalada no rio Parnaíba, é considerada a mais importante usinas de produção de energia do Estado, possuindo além da função de geração de energia elétrica a característica de permitir uma regularização do leito do rio de modo a possibilitar a navegação. As obras foram iniciadas em 1964 e o início da operação em 1970. O sistema é constituído de 02 unidades de 55.000 KW cada, instaladas em 1ª fase, e 02 unidades de 63.650 KW cada (2ª fase), totalizando uma capacidade instalada de 237.300 KW (CHESF, 1999).

O Represamento de Boa Esperança é feito por uma barragem do tipo mista terra-enrocamento, com altura máxima de 53 m, e comprimento total da crista de 5.212 m, associada a estruturas de concreto tais como: vertedouro dotado de seis comportas. O aproveitamento de Boa Esperança tem uma área de drenagem de 87.500 km², e está instalada no rio Parnaíba, cuja

bacia hidrográfica tem uma área da ordem de 300.0 km² (CHESF, 1999).

A Usina forma um lago artificial grande, atingindo o alto volume de água até a cidade de Porto Alegre do Piauí. No Maranhão, a única cidade que se situa às margens do rio Parnaíba e que é banhada pelo lago artificial do mesmo é Nova Iorque. A usina age na cidade de Guadalupe, como ponto de turismo às margens do lago, havendo presença de hotéis e balneários (CHESF, 1999).

A simples edificação de uma barreira que impede a livre circulação dos peixes entre pontos à montante e à jusante da barragem garante o isolamento e impedimento de fluxo gênico entre diferentes populações da biota aquática. Especiação alopátrica já foi identificada ocorrendo de modo rápido com peixes no Lago Constance, na região dos Alpes, nos limites entre a Alemanha, Áustria e Suíça (Marques et al., 2016).

Considerações sobre a indicação dos locais

A especiação alopátrica é o mecanismo de formação de espécies mais fácil de ser conhecido, devido ao fato do fluxo genético entre grupos de uma população ser nulo ocasionado pela separação geográfica que impede o contato direto entre esses grupos. Essa separação geográfica força cada subpopulação a passar por processos independentes de evolução, até se tornarem tão diferentes entre si que indivíduos de um grupo são incapazes de cruzar com indivíduos do outro grupo e deixar descendentes férteis.

No caso de especiação alopátrica das áreas selecionadas foram definidas a especiação alopátrica por isolamento geográfico, onde é possível verificar possíveis divisões da população por alguma barreira geográfica. Esse isolamento faz com que as mudanças sofridas por todas as espécies não seja compartilhada, fazendo com que as diferenças entre elas sejam cada vez maiores.

No caso de Ilha Grande a primeira hipótese para explicar a distribuição de espécies na é a de que os rios servem como barreiras para a dispersão, neste caso, separados pelos rios Igarau e Parnaíba, tornando o difícil acesso entre as espécies às demais áreas, já que além de ser separada pelo rio ela também faz fronteira com o Oceano Atlântico. Quando os sistemas hidrográficos atuais se desenvolveram, muitas populações, especialmente aquelas que habitavam o interior da ilha se tornaram separadas podendo ter sofrido processos de especiação em margens opostas dos rios.

A segunda hipótese se refere às Serras da Capivara e a das Confusões, sendo estas moldadas sobre as espessas camadas da Bacia Paleo-

Mesozoica, do Piauí- Maranhão, além de estarem próximas a uma zona de contato entre o maciço cristalino da Formação Serra Grande. As serras apresentam desníveis de 250m (Serra da Capivara) e 600m (Serra das Confusões), com uma paisagem diversificada com vales dendríticos estreitos e boqueirões estreitos e profundos. O que podemos basear é que essas áreas possuíam terrenos regulares que foram se desgastando a milhões de anos com o clima árido, podendo ter influenciado nessa especiação.

Na hipótese levantada para a região próxima a Uruçuí é possível destacar o isolamento geográfico tanto para o rio, como para a serra de Uruçuí. A serra possui uma ampla superfície tabular reelaborada, plana ou levemente ondulada, limitada por escarpas abruptas que atingem cerca de 600 m, sendo está dividida pelo rio Uruçuí Preto.

Para a região de Guadalupe onde se localiza a Barragem de Boa Esperança, a busca pela identificação de especiação alopátrica se deu por grande parte da área ser alagada devido a dimensão da barragem. Os casos de alopatria existente nesta área podem ter ocorrido devido principalmente a ação antrópica. A barragem foi construída na década de 1960 e muitos peixes acabaram sendo mortos devido à pressão existente pela intensa atividade antrópica. Além disso, a construção do lago dificulta o fluxo gênico entre muitas espécies, especialmente peixes pequenos que não tem força suficiente para realizarem a piracema. Um exemplo pode ser citado a seguir:

“O rio Paraná drena os Estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás, sendo que em levantamento realizado no Riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, no Estado de São Paulo, foram registradas 22 famílias e aproximadamente 160 espécies de peixes. A maior parte dessa fauna é composta por espécies de peixes de pequeno porte (menos de 15 cm de comprimento) que habitam pequenos riachos de cabeceiras, apresentando elevado grau de endemismo, distribuição geográfica restrita, sem valor comercial e dependentes da vegetação ripária para alimentação, reprodução e abrigo, havendo ainda muito o que ser explorado nestes ambientes. Tais comunidades têm sido fortemente afetadas pela construção de barragens[...]” (Casatti, Langeani e Castro, 2001).

Conclusões

Falar sobre especiação como tema central de um artigo é tarefa exaustiva, principalmente quando tema é ligado a fatos que não foram descritos, como no caso de eventos alopátricos em áreas do território do Piauí, mostrando-se que as áreas mencionadas podem guardar um verdadeiro tesouro sob o ponto de vista científico e um trabalho desafiador. Desta forma, buscou-se realizar uma abordagem geográfica diante dos isolamentos geográficos existentes em áreas do estado, desde as primeiras hipóteses sobre a origem das barreiras, bem como o processo evolutivo das mesmas. Foram selecionados cinco pontos no Piauí, para os quais apresentam mais evidências de condições favoráveis à especiação alopátricas, indicados por alguns estudo de biodiversidade, sendo necessários, estudos mais detalhados para verificação destes ambientes favoráveis, que confirmem os pressupostos teóricos aqui levantados. Neste particular, é válido frisar que algumas áreas encontram-se sob forte pressão antrópica, como é o caso da região de Uruçuí, considerada uma das maiores áreas de desmatamento nos Cerrados do Brasil, em função de existirem solos propícios e em fase de exploração de monoculturas agrícolas. Áreas ainda preservadas estão sendo gradativamente exploradas, em uma velocidade muito superior à capacidade da ciência em descobrir novas espécies, que migraram para a região ou que tenham sido formadas por diferentes mecanismos de especiação, incluindo a abordada neste trabalho, oriunda da pré-existência de barreiras naturais, impostas, principalmente, pelo relevo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade Federal do Piauí (UFPI) pelo apoio e disponibilidade dos recursos necessários para a execução e elaboração do presente estudo.

Referências

- Aguiar, R. B., 2004a. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Ilha Grande. CPRM, Fortaleza.
- Aguiar, R. B., 2004b. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Uruçuí. CPRM, Fortaleza.
- Almeida Jr., E. B., Santos-Filho, F. S., Zickel, C. S., 2011. Magnoliophyta, Ericales, Sapotaceae, *Manilkara cavalcantei* Pires and Rodrigues ex

- T.D. Penn: First occurrence for Northeastern Brazil. Check List 7, 53-54.
- Almeida Jr., E. B., Santos-Filho, F. S., Zickel, C. S., 2012. Conserving species of the *Manilkara* spp. threatened with extinction in vegetation fragments in Ecotone zones. International Journal of Biodiversity and Conservation 4, 113-117.
- Andrade, E. M. B., 2010. Especiação sem barreiras e padrões de diversidade. Tese (Doutorado). Campinas, UNICAMP.
- Barros, J. S., Ferreira, R. V., Guidon, N., Silva, A. J. C. L. P., 2011. Projeto Geoparques: Geoparque Serra da Capivara. CPRM, Teresina.
- Brown, J. H., Lomolino, M. V., 2006. Biogeografia, 2 ed. Funpec Editora, Ribeirão Preto.
- Carvalho, L. S., Oliveira-Marques, F. N., Silva, P. R. R., 2011. Arachnida, Amblypygi, *Heterophrynus longicornis* (Butler, 1873): Distribution extension for the state of Piauí northeastern Brazil. Check List 7, 267-269.
- Casatti, L., Langeani, F., Castro, R. 2001. Peixes de riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, bacia do alto rio Paraná, SP. Biota Neotropica 1, 1-15.
- Castro, R. M. C., Casatti, L., Santos, H. F., Ferreira, K. M., Ribeiro, A. C., Benine, R.C., Dardis, G. Z. P., Melo, A. L. A., Stopiglia, R., Abreu, T. X., Bockmann, F. A., Carvalho, M., Gibran, F. Z., Lima, F. C. T., 2003. Estrutura e composição da Ictiofauna de riachos do Rio Paranapanema, sudeste e sul do Brasil. Biota Neotropica 3, 1-31.
- Cavalcanti, L. B. Q., Costa, T. B., Colli, G. R., Costa, G. C., França, F. G. R., Mesquita, D. O., Palmeira, C. N. S., Pelegrin, N., Soares, A. H. B., Tucker, D. B., Garda, A. A., 2014. Herpetofauna of protected áreas in the Caatinga II: Serra da Capivara National Park, Piauí, Brazil. Check List 10, 18-27.
- Colley, E., Fischer, M. L., 2013. Especiação e seus mecanismos: histórico conceitual e avanços recentes. História, Ciências, Saúde 20, 1671-1694.
- De Queiroz, K., 1998. The general leneage concept of species, species criteria, and the process of speciation: a conceptual unification and terminological recommendations, in: Howard, Daniel J., Berlocher, Stewart H. (Eds.). Endless forms: species and speciation. Oxford University, Oxford. pp. 57-75.
- Emperaire, L., 1989. La caatinga du sud-est du Piauí (Bresil) estude etnonobotanique. Tese (Doutorado). Paris, Université Pierre at Marie Curie.
- Farias, R. R. S., Castro, A. A. J. F., 2004. Fitossociologia de trechos da vegetação do Complexo Campo Maior, PI, Brasil. Acta. Bot. Bras.18, 949 – 963.
- Fontoura-Rodrigues, M. L., 2013. História evolutiva de *Conepatus* (Carnivora: Mephitidae): padrões biogeográficos de diversificação, investigação filogenética e revisão taxonômica do gênero. Tese (Doutorado). Porto Alegre, PUCRS.
- Francisco, P.R.M., Medeiros, R.M. (Orgs.), 2016. Estudo climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Uruçuí Preto – Piauí. 1 ed. EDUFPG, Campina Grande-PB.
- Freeman, S., Herron, J. C. 2009. Análise evolutiva, 4 ed. Artmed, Porto Alegre.
- Freitas, M. A., França, D. P. F., Verissimo, D., 2012. Distribution extension of *Drymoluber brazili* (Gomes, 1918). Check List 8, 168-169.
- Freitas, M. T. S., 2014. Estrutura genética de três populações alopátricas de *Lutzomyia (nyssomyia) umbratilis*. Dissertação (Mestrado). Recife, UFPE.
- Futuyma, D. 2009. Biologia Evolutiva, 3 ed. Funpec, Ribeirão Preto.
- Giongo, P., Sampaio, W. M. S., Fernandes, A., Dergan, J. A., Kavalgo, K. F., Pazza, R., 2012. Diversidade cariotípica de *Astyanax asuncionensis* (Teleostei, Characiformes) na microbacia do rio Sepotuba (Alto Paraguai). Evolução e Conservação da Biodiversidade 3, 53-58.
- Gonçalves, M. R., 2003. Plano de Manejo para o Parque Nacional da Serra das Confusões. Disponível: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/parna_serra_das_confusoes.pdf. Acesso: 04 Dez. 2016.
- Gregorin, R., Carmignotto, A. P., Percequillo, A. R., 2008. Quirópteros do Parque Nacional da Serra das Confusões, Piauí, nordeste do Brasil. Chiroptera Neotropical 14, 366-383.
- Hannah, L. J., 2011. Climate Change Biology. Elsevier, San Diego.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977. Geografia do Brasil. Região Nordeste. Rio de Janeiro.
- IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1997. Proposta de Criação do PARNA Serra das Confusões. Teresina.
- Jacomine, P. K. T., 1986. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Embrapa, Rio de Janeiro.
- Lemos, J. R., Rodal, M. J., 2002. Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho de

- vegetação de Caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 16, 23-42.
- Lino, C. F., Allievi, J., 1980. *Cavernas brasileiras*. Ed. Melhoramentos, São Paulo.
- Loebmann, D., Mai, A. C. B., 2008. Amphibia, Anura, Coastal Zone, state of Piauí, Northeastern Brazil. *Check List* 4, 161-170.
- Maas, A. C. S., Dias, D., Pol, A., Martins M. A., Araújo, R. M., Gil, B. B., Schutte, M., Peracchi, A. L., 2013. New records of bats for the state of Piauí, northeastern Brazil (Mammalia: Chiroptera). *Check List* 9, 445-449.
- Machado, A. F. 2015. Biogeografia de *Hylaeamys megacephalus* (Rodentia, Sigmodontinae): integração entre modelos de nicho ecológico e filogeografia. Dissertação (Mestrado). Manaus, INPA.
- Marques, D. A., Lucek, K., Meier, J.I., Mwaiko, S., Wagner, C. E., Excoffier, L., Seehausen, O., 2016. Genomics of rapid incipient speciation in Sympatric Threespine Stickleback. *PLOS Genetics*: DOI:10.1371/journal.pgen.1005887.
- Menin, M., 2016. Amazônia: diversidade biológica e história geológica. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/267206421_Amazonia_diversidade_biologica_e_historia_geologica. Acesso: 16 dez. 2016.
- Moura, L. S., 2004. Estudo da paisagem da caatinga piauiense: Parque Nacional Serra das Confusões-PI. Dissertação (Mestrado). Teresina, UFPI.
- Nielsen, D. T. B., 2016. Description of two species of *Anablepsoides* (Cyprinodontiformes: Cynolebiidae) from Rio Madeira, Amazon drainage, Rondônia state and Rio Itapecurú basin, Maranhão state, Brazil. *Aqua, International Journal of Ichthyology* 22, 165-176.
- Novaes, R. L. M., Laurindo, R. S., Oliveira, M. B., Barreto, C. R., Avilla, L. S., 2013. First record of two molossid bats (Chiroptera: Molossidae) from Piauí state and distributional review for Brazil. *Check List* 9, 610-613.
- Pianka, E., 2000. *Evolutionary ecology*, 6 ed. Benjamin Cummings, San Francisco.
- PIAUI, 2007. Lei Complementar nº 87, de 22 de agosto.
- CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco, 1999. Relatório Anual do Departamento de Manutenção da Geração. Teresina.
- Ridley, M., 2006. *Evolução*, 3 ed. Artmed Editora, Porto Alegre.
- Rosseti, V., 2016. Espécies desconhecidas de grilos escondidas em cavernas do Texas. Disponível: <https://netnature.wordpress.com/2016/07/09/especies-desconhecidas-de-grilos-escondidas-em-cavernas-do-texas-comentado/>. Acesso: 03 Dez. 2016.
- Santos-Filho, F. S., Almeida Jr., E. B., Soares, C. J. R. S., Zickel, C. S., 2010. Fisionomias das restingas do Delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 3, 218-227.
- Santos Filho, F. S., Almeida Jr., E. B., Soares, C. J. R. S., Zickel, C. S., 2015. Flora and Woody Vegetation in an Insular Area of Restinga in Brazil. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 41, 147-160.
- Santos-Filho, F. S., Almeida Jr., E. B., Zickel, C. S. 2013. Do edaphic aspects alter vegetation structures in the Brazilian restinga? *Acta Botanica Brasilica* 27, 613-623.
- Silva, M. S., 2016. Desafios na conservação de habitats subterrâneos: recursos hídricos em áreas de elevado endemismo de espécies troglóbias no Brasil e na Eslovênia. Disponível <http://www.biologiasubterranea.com.br/projetos/em-andamento/desafios-na-conservacao-de-habitats-subterraneos/>. Acesso: 02 Dez. 2016.
- Shibatta, O. A., Artoni, R. F., 2005. Sobre a identidade das populações alopátricas de *Astyanax* (Characiformes, Characidae) das formações Furna 1 e Furna 2 do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Ciências Biológicas e da Saúde* 11, 7-12.
- Stearns, S. C., Hoekstra, R. F., 2003. *Evolução: uma introdução*. Atheneu Editora, São Paulo.
- Vanzolini, P. E., 1992. Paleoclimas e especiação em animais da América do Sul tropical. *Estudos Avançados*, 6, 41-65.
- Whittaker, R. J., Fernández-Palacios, J. M. 2007. *Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation*, 2 ed. Oxford University Press, New York.