

BOLETIM SOCIEDADE BRASILEIRA DE ICTIOLOGIA



ISSN 1808-1436

Rio de Janeiro
SETEMBRO - 2010

Número
100

Utilidade Pública Municipal: Decreto Municipal 36.331 de 22 de agosto de 1996, São Paulo
Utilidade Pública Estadual: Decreto Estadual 42.825 de 20 de janeiro de 1998, São Paulo
Utilidade Pública Federal: Portaria Federal 373 de 12 de maio de 2000, Brasília, D.F.

EDIÇÃO COMEMORATIVA



BOLETIM SOCIEDADE BRASILEIRA DE ICTIOLOGIA – Nº 100

<http://www.sbi.bio.br/boletim>

Elaboração: Diretoria SBI

Editoração: Marcelo Ribeiro de Britto (buckup@acd.ufrj.br)
Leandro Villa Verde da Silva

Secretaria da SBI: Setor de Ictiologia, Depto. de Vertebrados, Museu Nacional/UFRJ. Quinta da Boa Vista s/n, São Cristóvão. 20940-040 Rio de Janeiro/RJ.
E-mail: contato.sbi@gmail.com

Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia / Sociedade Brasileira de Ictiologia.
– n. 1 – São Paulo : Sociedade Brasileira de Ictiologia, 1983-
ISSN 1808-1436
1. Zoologia 2. Ictiologia I. Sociedade Brasileira de Ictiologia
CDD-597

Os conceitos, ideias e comentários expressos no Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia são de inteira responsabilidade da Diretoria da SBI ou de quem os assinam.

Caso não queira receber futuras edições deste boletim, envie um e-mail para contato.sbi@gmail.com com a palavra REMOVER no campo assunto.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ICTIOLOGIA

C.N.P.J.: 53.828.620/0001-80

<http://www.sbi.bio.br/>

DIRETORIA (BIÊNIO 2009-2010)

Presidente: Dr. Paulo Andreas Buckup (buckup@acd.ufrj.br)

Secretário: Dr. Marcelo Ribeiro de Britto (mrbritto2002@yahoo.com.br)

Tesoureiro: Dra. Maria Isabel P.F. Landim (tesouraria.sbi@gmail.com)

CONSELHO DELIBERATIVO

Presidente: Dr. Roberto Esser dos Reis (reis@puhrs.br)

Membros: Dr. Alexandre Clistenes Alcântara dos Santos (clister@ig.com.br)

Dr. Claudio Oliveira (claudio@ibb.unesp.br)

Dra. Emiko Kawakami de Resende (emiko@cpap.embrapa.br)

Dr. Francisco Langeani Neto (langeani@ibilce.unesp.br)

Dr. José Sabino (sabino-jose@uol.com.br)

Dr. Luiz Roberto Malabarba (malabarba@ufrgs.br)

CONTEÚDO

Prefácio	1
<i>Marcelo R. Britto & Leandro Villa-Verde</i>	
O papel da Sociedade Brasileira de Ictiologia na evolução do conhecimento ictiológico no Brasil	2
<i>Paulo A. Buckup</i>	
A Sociedade Brasileira de Ictiologia 27 anos depois	12
<i>Naércio A. Menezes</i>	
As Publicações da Sociedade Brasileira de Ictiologia	13
<i>Luiz R. Malabarba & Carlos A. S. Lucena</i>	
Sistemática	
Sistemática e Ictiologia: histórias, espécies e maquinistas	15
<i>Fábio Di Dario</i>	
Genética e Biologia Molecular	
Marcadores genéticos	23
<i>Claudio Oliveira</i>	
Paleontologia	
Paleoictiofauna marinha das bacias costeiras do Brasil e comentários sobre a paleoictiofauna cronocorrelata da margem oeste da África	30
<i>Valéria Gallo, Francisco J. de Figueiredo & Marise Sardenberg Salgado de Carvalho</i>	
Biologia	
Pesquisa sobre reprodução de populações naturais de peixes no Brasil (2001-2010): um breve panorama sobre tendências e lacunas	40
<i>Fernando Becker, Lucas C. C. de Fries, Tais F. R. Guimarães & Bruna A. Meneses</i>	
Etologia	
Associações alimentares do tipo nuclear-seguidor entre peixes e outros animais em Fernando de Noronha	45
<i>Cristina Sazima, João Paulo Krajewski, Roberta M. Bonaldo & Ivan Sazima</i>	
Ecologia	
Estocagem de peixes: quando um mais um pode ser menos que dois	49
<i>Ângelo A. Agostinho, Fernando M. Pelicice, Luiz C. Gomes & Horácio F. Júlio Jr.</i>	
Pesca	
Utilização de marcas eletrônicas no estudo de peixes pelágicos e sua importância para a pesca e conservação dos estoques pesqueiros	54
<i>Fábio H. V. Hazin</i>	
O Cardume	65



SBI

Prefácio

Inicialmente com o nome de Boletim Informativo, o Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia foi a primeira publicação da SBI, e sua criação remonta à própria origem da Sociedade. Com o objetivo de facilitar a comunicação entre ictiólogos, desde seu primeiro número, o Boletim cumpre esta tarefa através da divulgação de notícias e artigos de interesse para o estudo dos peixes. Ao longo dos anos, esta tarefa foi progressiva e continuamente elaborada pelo próprio crescimento da SBI. Indubitavelmente, tal crescimento teve como protagonistas o engajamento de seus associados, seja através do envio de contribuições, ou do envolvimento direto com a edição do Boletim. A apresentação de novos associados em cada número, bem como de monografias, dissertações e teses defendidas permite um resgate parcial da memória da Ictiologia Brasileira em quase 30 anos.

Ao longo de suas 99 publicações, e especialmente após a criação do periódico *Neotropical Ichthyology* em 2003, os artigos e notícias publicados no Boletim SBI o tornaram um fórum livre de assuntos de interesse em Ictiologia. E embora livre das restrições impostas aos periódicos científicos, o Boletim constitui-se atualmente em fórum de divulgação científica de qualidade. Assertiva esta que de modo algum deve surpreender, uma vez que é uma consequência direta da contínua ascensão da Ictiologia Brasileira. Assim, ao longo de sua existência, foram publicados diversos artigos e notícias dentro das mais variadas abordagens em Ictiologia: Ecologia e Biologia, Sistemática, Manejo e Conservação, Pesca e Aquicultura, Genética de Peixes, entre outras. E agora, chegamos à 100ª edição do Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia, e consequentemente a adição de mais um dígito nos números dessa publicação da Sociedade. Em comemoração a esta passagem e a longevidade que este número representa, a presente edição é apresentada de forma diferente do usual. Para tanto, em reconhecimento à SBI e a todos aqueles que disponibilizaram as mais variadas contribuições ao longo da história do Boletim, esta edição apresenta uma série de artigos em diversas áreas relativas ao estudo dos peixes. Obviamente, muitos sentirão falta de uma ou outra abordagem que não foi aqui apresentada. Todavia, as abordagens em Ictiologia podem ser tantas quanto a diversidade neste maravilhoso grupo de vertebrados que estudamos. Assim, conclamamos a todos que enviem contribuições para os próximos números do Boletim e dessa maneira sua representatividade seja ainda maior.

Esta edição inicia-se com um texto de Paulo A. Buckup, associado fundador e atual Presidente da SBI, que apresenta uma síntese das origens da Sociedade e seu estabelecimento através de uma visão intimista. Luiz R. Malabarba e Carlos A. S. Lucena contribuem com um texto sobre as publicações confeccionadas pela SBI até então. Naércio Menezes, associado honorário e primeiro presidente da SBI, apresenta suas impressões sobre os quase 30 anos da Sociedade.

Posteriormente, são apresentadas as contribuições temáticas, iniciando com o tema Sistemática, elaborado por Fabio Di Dario, que apresenta um provocante texto sobre os avanços da abordagem em Sistemática na Ictiologia Brasileira e incita o leitor a refletir a respeito. Claudio Oliveira, abordando o tema Genética e Biologia Molecular, apresenta ao leitor um texto didático sobre o uso de marcadores genéticos. Valéria Gallo, Francisco J. de Figueiredo e Marise S. S. de Carvalho assumem o tema Paleontologia, fornecendo um panorama sobre paleoictiofauna marinha cronocorrelata entre as regiões costeiras da América do Sul e África. Fernando G. Becker, Lucas C. C. de Fries, Taís F. R. Guimarães e Bruna A. Meneses tratam do tema Biologia, apresentando uma síntese dos avanços em Biologia reprodutiva de populações naturais de peixes de água doce nos últimos dez anos. Cristina Sazima, João Paulo Krajewski, Roberta M. Bonaldo e Ivan Sazima escrevem sobre o tema Etologia, oferecendo uma interessante abordagem etológica sobre associações alimentares entre peixes do arquipélago oceânico Fernando de Noronha. Ângelo A. Agostinho, Fernando M. Pelicice, Luiz C. Gomes e Horácio F. Júlio Jr. tratam do tema Ecologia, fazendo uma abordagem ecológica sobre a atividade de estocagem de peixes, discutindo os principais impactos decorrentes dessa atividade. Finalizando as contribuições, Fabio H. V. Hazin aborda o tema Pesca, apresentando a utilização de marcas eletrônicas em peixes pelágicos e sua importância para pesca e conservação dos estoques pesqueiros.

Finalmente, é apresentada uma lista com todos aqueles que já passaram pela SBI. Esta lista indica a quantidade de pessoas que em algum momento já se envolveu (ou ainda se envolve) com o maravilhoso mundo da Ictiologia. Infelizmente, alguns já não se encontram mais entre nós. Mas saibam que se chegamos nesta edição, isto é resultado de todos nós, alguns dos peixes que invadiram o ambiente terrestre, formaram um cardume, e que se interessaram por aqueles peixes que permaneceram nos ambientes aquáticos.

Aos autores dos textos aqui apresentados, agradecimentos sinceros pela disponibilidade e dedicação em contribuir com esta edição comemorativa.

Boa leitura!

Os Editores

Marcelo Ribeiro de Britto

mrbritto2002@yahoo.com.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Museu Nacional

Rio de Janeiro, RJ.

Leandro Villa-Verde

elffobr@yahoo.com.br

Universidade Estadual Paulista – Campus Botucatu

Instituto de Biociências, Departamento de Morfologia

Botucatu, SP. ■

O papel da Sociedade Brasileira de Ictiologia na evolução do conhecimento ictiológico no Brasil

Ao contrário do que se poderia imaginar, a Sociedade Brasileira de Ictiologia não surgiu como uma associação profissional. Sua fundação deveu-se, antes de tudo, a um anseio idealista de jovens cientistas que sentiam a necessidade de estabelecer laços de intercâmbio de ideias num país carente de um programa próprio de pesquisas em Ictiologia. Talvez por esta razão, a história da SBI confunde-se com a evolução da Ictiologia como programa de pesquisa científica genuinamente brasileira. Fundada em 1982, a SBI surgiu num ambiente acadêmico praticamente destituído de elementos hoje considerados essenciais para a pesquisa, tais como a existência de professores universitários pós-graduados, cursos de doutorado, e programas de iniciação científica. Tendo participado ativamente de sua fundação, apresentarei aqui uma visão pessoal da história da SBI. Entretanto, mais do que a apresentação de uma pitoresca trajetória de acontecimentos que envolveram a criação e desenvolvimento da SBI, acredito que esta narrativa ofereça uma perspectiva sobre o desenvolvimento científico de uma nação num período em que os estudos ictiológicos no Brasil evoluíram de um grau de precariedade quase inimaginável atualmente até a posição de liderança mundial no setor.

A ideia de organizar uma sociedade científica na área de Ictiologia desenvolveu-se entre 1978 e 1981, e formalizou-se no início de 1982, quando os poucos ictiólogos brasileiros reunidos em Porto Alegre, durante o IX Congresso Brasileiro de Zoologia, decidiram organizar uma comissão preparatória para a eventual fundação da SBI.

Traduzidas para o português por Alípio de Miranda Ribeiro (Miranda Ribeiro 1907a, 1907b, 1909, 1911, 1915, 1918a, 1918b), as descrições de peixes feitas no Século XIX por naturalistas europeus como Albert Günther, Georges Cuvier, Achilles Valenciennes, Reinhold Hensel e Franz Steindachner ainda dominavam o cenário da Ictiologia brasileira no início da década de 1980. Na América do Norte, os estudos sobre peixes brasileiros haviam começado de forma significativa no Século XIX com os trabalhos de Edward Drinker Cope, e no início do Século XX ampliaram-se consideravelmente com os estudos de Carl H. Eigenmann e J. D. Haseman. Somente no Século XXI, quando a SBI fundou seu próprio periódico científico, os ictiólogos brasileiros, em conjunto, superariam o ritmo de produção de descrições taxonômicas registrado por Eigenmann e seus contemporâneos.

Mesmo os estudos ictiológicos produzidos no Brasil ao longo da maior parte do Século XX careciam de iniciativas genuinamente brasileiras. O alemão Hermann Friedrich Albrecht von Ihering (1850 - 1930) viveu no sul do Brasil onde atuou como naturalista visitante do Museu Nacional, no Rio de Janeiro, publicando importantes estudos sobre peixes. Em 1892, mudou-se para São Paulo para fundar o Museu Paulista, que dirigiu por 25 anos. É interessante notar que as coleções iniciadas por

Hermann von Ihering e seu filho Rudolf (ou Rodolpho) no Museu Paulista eventualmente deram origem ao Departamento de Zoologia, da Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo, que por sua vez foi incorporado à Universidade de São Paulo e transformado no atual Museu de Zoologia da USP. Este Museu reúne hoje a maior coleção ictiológica da América Latina, e provavelmente não é por acaso que um de seus curadores, o Prof. Naércio Aquino de Menezes, tornou-se o primeiro Presidente da Sociedade Brasileira de Ictiologia.

Depois do declínio geral nas atividades de pesquisa ictiológica na Europa e nos Estados Unidos devido à Primeira Guerra Mundial e à grande Depressão Americana, a eclosão da Segunda Guerra Mundial paradoxalmente representou um grande estímulo ao desenvolvimento da Ictiologia no Brasil, ainda que sob forte influência norte-americana. A simpatia do governo de Getúlio Vargas com os regimes totalitários europeus levou os Estados Unidos a fomentar laços de cooperação científica e tecnológica com o Brasil. O norte-americano George Sprague Myers coordenou o programa de estudos ictiológicos incentivado pelo governo norte-americano. Através deste programa, realizou-se o primeiro inventário em grande escala sobre a fauna de peixes costeiros no Brasil. Intitulado *Survey of Brazilian Marine Fishes*, o programa envolveu o estabelecimento de postos de amostragem e coleta de peixes nos principais portos marítimos ao longo de todo o litoral brasileiro. Myers comandava a rede de amostragens a partir do Museu Nacional, no Rio de Janeiro, para onde os peixes eram enviados antes de serem identificados nos Estados Unidos, para posterior depósito na Coleção Ictiológica do Museu Nacional e no Museu da Fauna da antiga Divisão de Caça e Pesca do Ministério da Agricultura. É interessante considerar que da Divisão de Caça e Pesca surgiu a Superintendência do Desenvolvimento da Pesca, que implantou diversas políticas inspiradas em organizações internacionais, como a FAO. Na área de cultivo de peixes, estas políticas em geral eram voltadas para a introdução de espécies exóticas como as tilápias africanas, os peixes-rei argentinos e predadores norte-americanos como o *large mouth bass* (conhecido no Brasil como *black bass*) e a truta arco-iris.

A influência de Myers e do programa de cooperação técnica entre Estados Unidos e Brasil foi muito significativa para estabelecimento do ambiente de pesquisa em Ictiologia que antecedeu a criação da Sociedade Brasileira de Ictiologia, na segunda metade do Século XX. Já durante o *Survey of Brazilian Marine Fishes*, o ictiólogo William A. Gosline, formado por Myers na Universidade de Stanford, veio morar no Brasil, onde trabalhou no Museu Nacional catalogando as coleções do projeto. Gosline pessoalmente foi responsável pelo registro dos peixes que preencheria a maior parte de um dos livros de tomo da Coleção Ictiológica do Museu.

Além disso, Gosline interessou-se pelos loricariídeos, publicando um importante estudo sobre Neoplecostominae (Gosline, 1947) e um catálogo de espécies de Siluriformes (Gosline, 1945) nos periódicos do Museu Nacional. Em duas vindas ao Brasil, Myers aproveitou para realizar viagens ao Espírito Santo, Minas Gerais e aos estados do sul do Brasil, onde realizou coletas de peixes de água doce. A forma de trabalhar e as publicações de Myers influenciaram Haroldo Travassos, pesquisador do Museu Nacional, que passou a publicar descrições de diversas espécies até o final da década de 1960. No início da década de 1980, uma apostila preparada por Myers ainda era citada e utilizada por Rubens da Silva Santos, paleontólogo e professor de Ictiologia na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, em palestras apresentadas durante encontros de estudantes de Biologia no Rio de Janeiro.

A influência do intercâmbio iniciado por Myers também se fez sentir no início do treinamento e formação de ictiólogos brasileiros. Como parte do programa de intercâmbio técnico, o brasileiro Alcides Lourenço Gomes foi enviado à Universidade de Michigan, onde realizou estudos sobre uma coleção de peixes provenientes da região da Lagoa do Quadros, no Rio Grande do Sul, onde o limnólogo holandês Hermann Kleerekoper liderava as pesquisas em Limnologia e Aquicultura na Estação de Piscicultura ali existente (Gomes, 1946, 1947). Este treinamento inicial certamente influenciou sua posterior atuação na Estação Experimental de Biologia e Piscicultura do Brasil (EEBP), fundada em 1938 por Rodolpho von Ihering às margens do rio Mogi Guaçu, em Cachoeira de Emas, onde publicou e atuou em companhia de Manuel Pereira de Godoy e Otto Schubart (Godoy, 1975; Castro & Menezes, 1998).

O caráter incipiente da Ictiologia brasileira no Século XX e a hegemonia da influência norte-americana neste período são exemplificados pelo fato de que durante toda a segunda metade do século a obra “Os Peixes de Água Doce do Brasil” (Fowler, 1948, 1950, 1951, 1954) permaneceu como único catálogo de referência geral disponível sobre o conjunto das espécies brasileiras de peixes de água doce. Embora publicada pelo Departamento de Zoologia da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, o catálogo havia sido elaborado pelo norte-americano Henry W. Fowler, ictiólogo da Academia de Ciências da Filadélfia.

-americana neste período são exemplificados pelo fato de que durante toda a segunda metade do século a obra “Os Peixes de Água Doce do Brasil” (Fowler, 1948, 1950, 1951, 1954) permaneceu como único catálogo de referência geral disponível sobre o conjunto das espécies brasileiras de peixes de água doce. Embora publicada pelo Departamento de Zoologia da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, o catálogo havia sido elaborado pelo norte-americano Henry W. Fowler, ictiólogo da Academia de Ciências da Filadélfia.

As Instituições Brasileiras

Quando a Sociedade Brasileira de Ictiologia foi fundada no início da década de 1980, algumas instituições brasileiras já se destacavam como

precursoras dos grandes centros de pesquisa ictiológica. O Museu Nacional, vinculado à Universidade Federal do Rio de Janeiro, e o Museu Emílio Goeldi em Belém, já se destacavam como instituições centenárias, associadas às coleções ictiológicas originadas a partir das atividades de Alípio de Miranda Ribeiro e Emílio Goeldi, respectivamente. Nos anos 80, no entanto, as duas instituições careciam de ictiólogos adequadamente formados.

O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), localizado em Manaus, havia sido criado em 1952 e implementado em 1954, porém somente em 1978 foi criado o curso de pós-graduação em Ictiologia e somente em 1986, alguns anos após a fundação da SBI, foi defendida a primeira tese de Doutorado do curso de Ictiologia, que passou a denominar-se Biologia de Água Doce e Pesca Interior. Como não poderia deixar de ser, a maior parte das pesquisas e atividades acadêmicas realizada no INPA naquela época era dominada por pesquisadores e projetos estrangeiros, e muitos professores, notadamente, os de Ictiologia, precisavam vir de outras regiões do País.

A construção da Usina Hidroelétrica de Itaipu havia iniciado em 1975, e seu impacto destruidor sobre a fauna ensejaria o desenvolvimento de programas de pesquisa sobre impactos ambientais e peixes de reservatório. Entretanto, o enchimento do lago da represa somente começou em 1982, e o Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), que hoje é referência mundial em ecologia de peixes de barragens, sob a liderança de Ângelo Antônio Agostinho, somente iniciou suas atividades em 1983, após a fundação da SBI.

Durante a maior parte do Século XX, os avanços mais significativos na área da Ictiologia brasileira foram registrados no campo da Oceanografia biológica. Em São Paulo, o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo havia sido fundado já em 1946, como Instituto Paulista de Oceanografia. Incorporado à USP em 1951, o instituto enfatizou a pesquisa pesqueira e em 1973 criou o curso de Mestrado nas áreas de Oceanografia Biológica e Oceanografia Física. O casal Anna Emilia Amato de Moraes Vazzoler e Gelso Vazzoler destacou-se por suas contribuições à Ictiologia. Anna Emilia Vazzoler foi particularmente atuante e posteriormente assumiu a presidência da SBI por duas gestões. Nos anos que precederam a fundação da SBI, as campanhas oceanográficas de inventário dos recursos pesqueiros da costa brasileira realizadas pelo Navio Oceanográfica “Prof. W. Besnard” foram particularmente importantes para o desenvolvimento da Ictiologia. Entre os dividendos da pesquisa ictiológica realizada pelo navio do Instituto Oceanográfico, destaco a tese de Doutorado de José Lima de Figueiredo desenvolvida no período de 1972 a 1982, intitulada “Estudo das distribuições endêmicas de peixes da Província Zoogeográfica Marinha Argentina”. Contratado como biólogo pelo Museu de Zoologia da USP em 1970, José Lima utilizou o material proveniente dos estudos oceanográficos e pesqueiros para elaborar as ilustrações e chaves do “Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil” publicado com Naércio Aquino de Menezes no período de 1977 a 2000 (Figueiredo, 1977; Figueiredo. &

Menezes, 1978, 1980, 2000; Menezes & Figueiredo, 1980, 1985). Este manual de identificação constitui-se na principal publicação de referência sobre peixes marinhos brasileiros no final do Século XX e sua publicação coincide com o período de idealização e amadurecimento da SBI.

Seguindo os passos do Instituto Oceanográfico da USP, a Fundação Universidade do Rio Grande (FURG), localizada na cidade homônima, no sul do Estado do Rio Grande do Sul, havia criado, em 1970, o curso de graduação em Oceanografia. Após a formatura da primeira turma e reconhecimento do curso em 1976, os primeiros oceanólogos começaram a ser contratados na própria FURG, e a aquisição do Navio Oceanográfico "Atlântico Sul" e a Lancha Oceanográfica "Larus" em 1976 acelerou o desenvolvimento das pesquisas. Os recém formados oceanólogos perceberam, então, a necessidade de trazer especialistas de outros países para suprir sua formação limitada pelo isolamento nos confins do Brasil. Esta decisão, como veremos abaixo, foi fundamental para o desenvolvimento da Ictiologia brasileira e da própria fundação da Sociedade Brasileira de Ictiologia. Especialistas da Argentina, França, Alemanha e China vieram residir no Brasil e participar do desenvolvimento do Curso de Pós-graduação em Oceanografia Biológica criado em 1979.

Na época da fundação da SBI, o Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) já se destacava como a principal instituição de pesquisa ictiológica. Sua origem remonta à criação do Museu Paulista no final do Século XIX e, como a maioria das iniciativas de pesquisa científica na época, está associada à atuação de cientistas de origem estrangeira. O naturalista alemão Hermann von Ihering foi o primeiro diretor do Museu Paulista, criado em 1893 a partir do acervo do Museu do Estado. Von Ihering permaneceu 25 anos na direção do Museu Paulista. A pequena coleção de peixes formada sob sua administração cresceu principalmente graças aos trabalhos de campo realizados pelo naturalista alemão Ernst Garbe entre 1902 e 1920 e passou a formar o núcleo da coleção de peixes do Departamento de Zoologia da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, criado em 1939 para abrigar as coleções da Seção de Zoologia do Museu Paulista (Abreu, 2000). Entre 1940 e 1960 pouco foi acrescentado ao que já se conhecia sobre os peixes do Estado, mas a partir da década de 60 a incorporação de novos pesquisadores, Naércio Aquino Menezes e Heraldo Antonio Britski, à Seção de Peixes do Departamento de Zoologia possibilitou uma retomada exponencial do crescimento da coleção e da pesquisa ictiológica. No final do Século XX este crescimento foi bastante influenciado pelo naturalista e compositor Paulo Emilio Vanzolini, que assumiu a Direção do Museu Paulista em 1963 e permaneceu neste cargo por mais de 30 anos. Vanzolini havia concluído seu doutorado em Harvard, em 1951, sob a orientação do famoso paleontólogo Alfred Sherwood Romer. O próprio Naércio seguiu para Harvard em 1965 para obter seu doutorado, retornando em 1968. Nesse período o crescimento das coleções do Museu Paulista foi bastante estimulado pela Expedição Permanente à Amazônia (1966 a 1975), sob a liderança

de Vanzolini. Um ano após o retorno de Naércio ao Brasil, o Museu Paulista foi incorporado à Universidade de São Paulo, abrindo caminho, pela primeira vez no Brasil, para a formação de doutores em Ictiologia. Em 1973, Heraldo Antônio Bristki foi o primeiro ictiólogo a completar o doutorado sob a orientação de Vanzolini. Quando a SBI foi fundada, havia oito doutores formados no Brasil sob a orientação de Naércio Menezes e Heraldo Britski.

Impacto da SBI sobre a Ictiologia

Como todo processo histórico, o impacto da criação da SBI sobre a ciência brasileira é de difícil avaliação, pois inúmeros processos evolutivos afetam o conjunto dos acontecimentos. Como numa reconstrução filogenética onde é possível correlacionar eventos e identificar padrões gerais, as dificuldades no estabelecimento de relações entre causa e efeito insistem em nos lembrar que lidamos com uma Filosofia da História, que foge aos critérios cartesianos da replicabilidade adotados pela Filosofia da Ciência. Apesar disto, alguns padrões gerais emergem quando se avalia o progresso do conhecimento sobre as espécies de peixes brasileiros no final do Século XX. Um dos resultados da rede de colaboração estabelecida entre os ictiólogos brasileiros foi a publicação de um novo Catálogo das Espécies de Peixes de Peixes de Água Doce do Brasil, mais de meio século após a publicação do catálogo de Fowler (Buckup *et al.*, 2007). Uma atualização da base de dados produzida a partir do Catálogo permite avaliar a evolução do número de espécies de peixes brasileiros descritos ao longo dos últimos 250 anos (Fig. 1). A avaliação do gráfico revela um crescimento exponencial no número de espécies descritas após a criação da SBI. De 1982 até 2008 foram descritas pelo menos 970 espécies de peixes, o que representa 37% da ictiofauna conhecida. Inúmeros fatores podem ter contribuído para este fenômeno, incluindo o crescimento da pós-graduação brasileira, porém é muito provável que o intercâmbio de ideias nos Encontros Brasileiros de Ictiologia e demais atividades e publicações da SBI tenham desempenhado um papel bastante significativo.

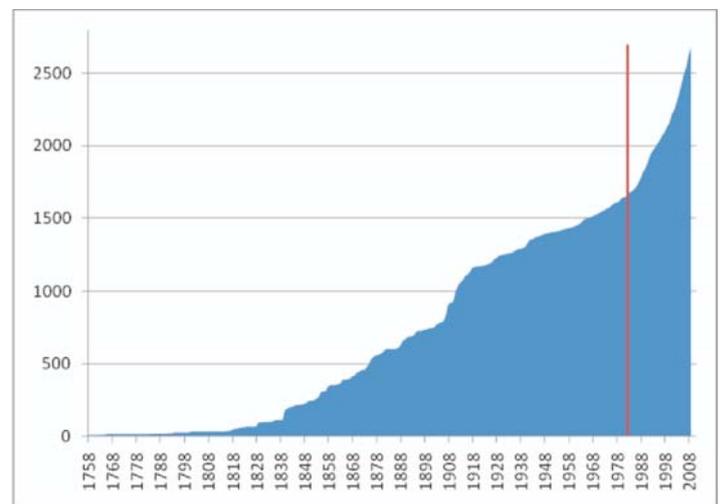


Fig. 1. Acúmulo, ao longo dos anos, do número de descrições de espécies válidas de peixes de água doce ocorrentes no território brasileiro. A linha vermelha indica o período de fundação da SBI.

A Fundação da SBI: Uma Perspectiva Pessoal

Como um dos protagonistas da história, minha percepção dos eventos que determinaram a criação e a evolução da Sociedade Brasileira de Ictiologia durante os últimos 27 anos certamente não é isenta. Assim, a descrição dos fatos abaixo apresentados certamente é seletiva e outros participantes dos mesmos eventos provavelmente terão diferentes percepções e podem, até mesmo, discordar do que é apresentado. Considero, no entanto, um privilégio poder apresentar esta perspectiva pessoal sobre a SBI, especialmente considerando que uma razoável parcela dos atuais associados ainda não era nascida no início da década de 1980 e outra parcela (pequena felizmente!) dos mestres daquela época já ocupa espaço em obituários ou aproveita merecidas aposentadorias.

Meu interesse pela ictiologia como atividade científica iniciou-se em 1975, quando fui convidado a realizar um estágio no Museu de Ciências do Colégio Anchieta em Porto Alegre. O Museu Anchieta abrigava uma importante coleção entomológica organizada pelo Padre Pio Buck, além de coleções mineralógicas; seu acervo ictiológico, no entanto, resumia-se a uma série de aquários em que o Professor Fernando Meyer, diretor do Museu, mantinha guppies, espadinhas e platis. Como eu era pescador esportista, participando desde pequeno de competições de pesca junto com meus pais, logo me interessei pela multiplicação e genética dos peixes mantidos nos aquários. Logo os registros de cruzamentos de guppies começaram a se multiplicar, assim como os peixes preservados em frascos. A primeira novidade surgiu na forma de uma acará que o Prof. Fernando obtivera num sítio e que o catálogo de peixes de Fowler nos permitiu identificar como sendo um *Geophagus gymnogenys*. Minha participação nas competições de pesca amadora permitia que eu tivesse acesso a amostras de milhares de peixes de várias localidades do Rio Grande do Sul, e o interesse nos guppies cedeu espaço à formação de uma verdadeira coleção ictiológica. Quando fui admitido na Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 1978, o interesse nos peixes já havia se transformado uma atividade científica séria o suficiente para me fazer desistir da nascente área de informática e entrar no curso de Biologia.

Quando iniciaram as aulas em 1978, fiquei entusiasmado ao descobrir que havia um grupo de veteranos rebeldes no Departamento de Zoologia da UFRGS que insistia em coletar peixes, aves e mamíferos e organizar coleções zoológicas, sob a “proteção” do herpetólogo Thales de Lema, apesar da oposição das professoras do Departamento que não viam com bons olhos aquelas atividades associadas a fortes odores de putrefação animal que invadiam os corredores do antigo prédio do Instituto de Ciências Naturais. Um daqueles “rebeldes” era Luiz Flamarion Barbosa de Oliveira, que hoje é meu colega e curador de Mastozoologia no Museu Nacional. Mas o que muito me entusiasmou foi o fato de que Cláudio Lucena dos Santos, um dos “rebeldes”, havia iniciado uma coleção de peixes na UFRGS a partir de um estudo sobre o impacto da mineração de carvão no sul de Santa Catarina (Santos, 1978). Infelizmente, no entanto, logo no primeiro semestre Cláudio entrou

numa crise existencial e abandonou o curso de Biologia. O jeito então foi me acomodar no laboratório da Profa. Leda Francisca Armani Jardim. Naquela época a maioria dos professores universitários era contratada apenas com o curso de graduação, e Leda enfrentava o problema da falta de orientadores e programas de pós-graduação na área de Ictiologia estudando o crânio de duas espécies de *Menticirrhus* como projeto de mestrado no curso de pós-graduação em Geociências, que a Petrobras havia criado em Porto Alegre para suprir a carência de geólogos especializados no Brasil.

Com o apoio de Leda Jardim, elaborei o projeto “Estudo Taxonômico da Ictiofauna dos Ambientes Límnicos da Estação Ecológica do Taim, RS”, que atraiu a participação do colega Claudio Souto. Com a chegada de uma nova turma de alunos em 1979, Luiz Roberto Malabarba juntou-se ao laboratório e começou a estudar os peixes coletados no Taim e em suas pescarias na praia do Pinhal. Em 1980 o então calouro Roberto Esser dos Reis juntou-se ao grupo. Como eu ainda mantinha vínculo empregatício com o Museu Anchieta, onde dispunha de melhores instalações e a coleção ictiológica já estava bem organizada, convidei Roberto a realizar um “estágio” lá. Roberto logo dominou os Loricariinae da coleção. Estava assim formado o grupo de jovens ictiólogos que iria desempenhar um importante papel tanto no desenvolvimento da SBI como da própria ictiologia brasileira. Na época, no entanto, enfrentávamos uma grande falta de perspectivas num ambiente acadêmico em que a maioria das capitais brasileiras não dispunha nem mesmo de um programa de mestrado em Zoologia. Surgiu um sentimento de união do grupo e a percepção que precisávamos atuar de forma associativa para avançar em nossas aspirações. O grupo adotou o acrônimo ICTIONOVUM, em alusão ao lema “ictiólogos novos unidos”. Editou-se alguns números de um jornal mimeografado intitulado “Bagre do Povo” (Fig. 2), em alusão ao jornal gaúcho Correio do Povo. O Bagre do Povo veiculava comentários ingênuos sobre a vida do grupo, mas mostrava o espírito de camaradagem que se desenvolveu.

Nestes anos formativos também tive contato com entidades associativas como a Associação dos Naturalistas do Rio Grande do Sul, a Sociedade de Biologia do Rio Grande do Sul e a Sociedade Brasileira de Zoologia, chegando a presidir a comissão organizadora da XXIII Semana Universitária Gaúcha de Debates Biológicos e participar de congressos em Brasília e Belo Horizonte. Posteriormente todas estas experiências foram muito úteis para a estruturação da SBI, incluindo a preparação de seu estatuto.

No final de 1981 ficou evidente a necessidade de encontrar um orientador para o mestrado – tarefa esta nada fácil num ambiente em que ainda não existiam meios de comunicação como a internet e em que a maioria dos professores universitários possuía apenas o título de bacharel. Naquele ano, Leda Jardim concluiu seu mestrado sobre osteologia de Sciaenidae no Programa de Geociências da UFRGS. Por conta do projeto de Leda e nossas atividades na Estação Ecológica do Taim tínhamos estabelecido contato com um pesquisador chinês especialista em Sciaenidae que

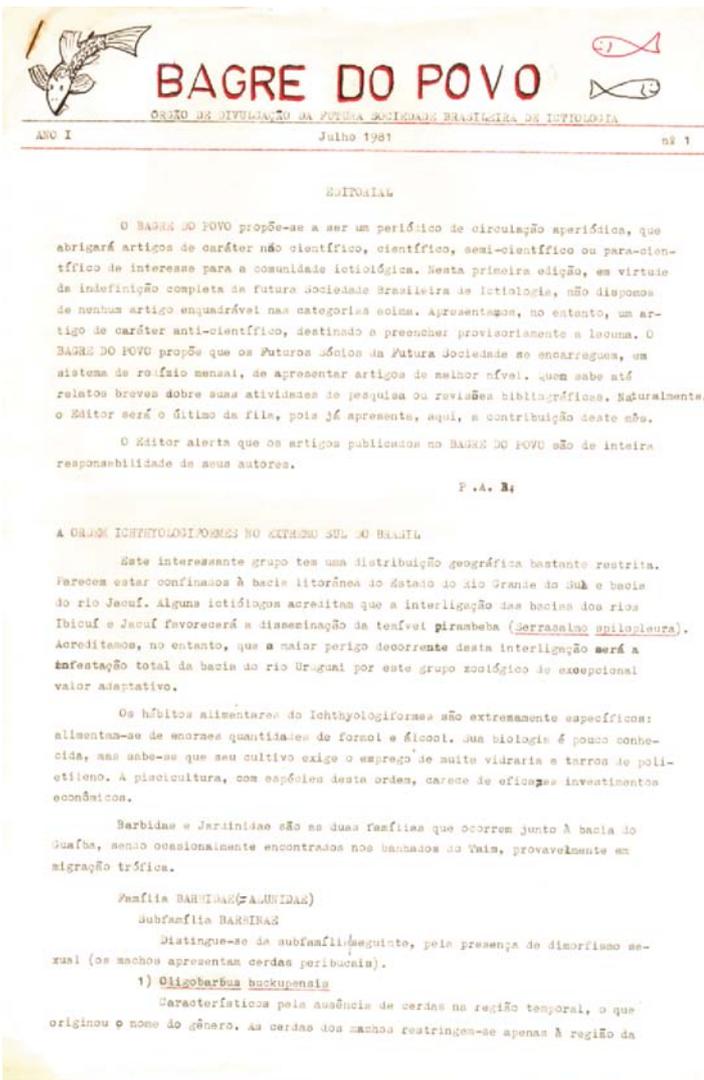


Fig. 2. Primeiro número de Bagre do Povo, publicado em julho de 1981.

havia sido contratado pela Fundação Universidade do Rio Grande, situada 300 km ao sul de Porto Alegre. Tratava-se de Labbish Ning Chao, que possuía Mestrado em Biologia Marinha pela Northeastern University, doutorado em Ciência Pesqueira pelo Virginia Institute of Marine Science, além de um pós-doutorado no Museu Nacional do Canadá. Na época, esta era uma impressionante lista de títulos acadêmicos. O contato com Chao me levou a fazer a prova de admissão para o mestrado em Rio Grande, onde ingressei em 1982 como parte da primeira turma dominada por alunos recém formados provenientes de outras universidades. Antes de me mudar para Rio Grande, no entanto, ocorreria em Porto Alegre um evento que foi fundamental para história da Ictiologia no Brasil. Em fevereiro de 1982 realizou-se em Porto Alegre o IX Congresso Brasileiro de Zoologia. Tendo participado do evento anterior em Brasília, sabíamos que haveria a participação de vários ictiólogos e organizamos uma reunião para discutir o estabelecimento de formas de organização dos ictiólogos brasileiros. Chao estava presente e em conversas no bar do Instituto de Biociências logo propôs a organização de uma associação nos moldes da *American Society of Ichthyologists and Herpetologists* e da *American Fisheries Society*. Sua formação norte-

americana fora fortemente influenciada pelos eventos anuais e publicações destas duas sociedades, e uma frustrada participação numa Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência o convencera da necessidade de criar, no Brasil, uma sociedade científica voltada para Ictiologia. Nos dias 10 e 11 de fevereiro daquele ano reunimos os ictiólogos participantes do Congresso no salão nobre do Instituto de Biociências. Os resultados da assembléia de 80 participantes foram registrados numa ata e formou-se uma comissão para preparar a fundação oficial da SBI. Chao foi incluído na comissão, mas preferiu ficar nos bastidores, e a presidência da Comissão ficou a cargo de Leda Jardim. Eu assumi o posto de Tesoureiro da Comissão. Luis Paulo Rodrigues da Cunha, professor da Fundação Universidade do Rio Grande associado ao laboratório de Chao, assumiu a posição de secretário da Comissão. Cunha havia concluído o mestrado no Museu Nacional, sob a orientação de Chao. Embora não fizesse parte de nosso grupo de jovens idealistas, Cunha tinha grande interesse e ambição na área administrativa da pesquisa, o que o levou posteriormente a ocupar diversos cargos no Governo do Estado do Rio Grande do Sul.

Em fevereiro de 1982, Chao não se contentou em promover a criação da SBI. Ele estava decidido a levar seus alunos a vivenciar pessoalmente uma Reunião Anual da Sociedade Americana de Ictiologia e Herpetologia (ASIH). Assim em junho daquele mesmo ano empreendemos uma memorável viagem pelas principais instituições de pesquisa ictiológica do meio-oeste e do nordeste dos Estados Unidos, com direito a um passeio pela Venezuela, onde conhecemos o grupo de Antônio Machado-Allison. Junto com Chao, participaram da maratona, além de mim, Luis Paulo Cunha, João Vieira e Orangel Aguilera. Tendo em vista nossa missão de planejar a fundação da SBI, a participação na reunião do Conselho Diretivo e nas assembléias da ASIH foi particularmente instrutiva. Carter Gilbert, em especial, mostrou grande interesse em bem receber nossa comitiva de brasileiros no âmbito da ASIH.

Com Leda Jardim distante em Porto Alegre, eu e Paulo Cunha assumimos as atividades práticas da Comissão Pró-SBI nos intervalos das aulas em Rio Grande. Naquela época ainda era possível manter uma lista manuscrita com nomes e endereços de todos os ictiólogos brasileiros em algumas folhas de papel, de modo que eu já dispunha de uma lista praticamente completa de potenciais associados. Nossa primeira atividade em Rio Grande foi a preparação de uma carta-convite associada a um questionário de pré-filiação para todos os nomes da lista. Para viabilizar as atividades da Comissão sugerimos o envio de uma contribuição financeira espontânea junto com o formulário. A carta consulta foi enviada em 15 de abril de 1982 (ver Anexo). A resposta veio forte, com formulários e cheques chegando de todo o País. A criação da Sociedade seria um sucesso. Passamos, então, para a elaboração de uma proposta de estatuto para a futura sociedade. Para isto contávamos com os modelos da SBZ e das sociedades gaúchas que eu havia reunido. Após várias reuniões com Paulo

Cunha, meu rascunho inicial estava transformado numa proposta razoável de estatuto para a SBI. O próximo passo seria a preparação do primeiro Encontro Brasileiro de Ictiologia para a fundação oficial da Sociedade durante o X Congresso Brasileiro de Ictiologia a ser realizado em Belo Horizonte em fevereiro de 1983. Como o evento seria realizado no âmbito do Congresso de Zoologia, a organização física e a apresentação de trabalhos científicos estariam garantidas. Nos concentramos, então, na preparação da assembléia de fundação e no convite de palestrantes especiais para o evento. Em 25 de agosto de 1982, enviamos nova circular anunciando a realização do I Encontro Brasileiro de Ictiologia e a realização da Assembléia de Fundação da SBI durante o X Congresso Brasileiro de Zoologia em Fevereiro de 1983. Paulo Cunha preparou um cartaz de divulgação do evento, com um desenho inspirado num icthiômetro (Fig. 3).



Fig. 3. Foto do cartaz elaborado por Paulo Cunha que anuncia o I Encontro Brasileiro de Ictiologia, que ocorreu durante o X Congresso Brasileiro de Zoologia.

O I Encontro Brasileiro de Ictiologia, realizado nas dependências da Universidade Federal de Minas Gerais, foi um sucesso. A proposta de criação da SBI gerou grande interesse entre os pesquisadores já estabelecidos em várias instituições brasileiras. Decidiu-se que a SBI seria oficialmente sediada em São Paulo. Naércio Menezes com sua formação em Harvard e liderança no Museu de Zoologia da USP foi eleito como primeiro Presidente da SBI. Paulo Cunha, agora como orientado de doutorado de Naércio Menezes no MZUSP tornou-se o Secretário. Yur Maria e Souza Tedesco, então professora da Escola de Aplicação e mestranda do curso de Fisiologia da USP, foi eleita Tesoureira e cuidou dos registros legais da nova entidade. Estava oficialmente criada a SBI. O primeiro Conselho Deliberativo ficou constituído por Alfredo M. Paiva Filho (IOUSP, exercendo a presidência com mandato de 4 anos), Labbish Ning Chao (FURG, mandato de 4 anos), Ivan Sazima (UNICAMP, mandato de 3 anos), Luiz Roberto Barbieri (USU, mandato de 3 anos) José Felipe R. Amato (UFRRJ, mandato de 2 anos) e Carolus M. Vooren (FURG, mandato de 2 anos), Leda F.A. Jardim (UFRGS, mandato de 2 anos). No regimento que havíamos preparado, a inclusão de conselheiros com mandato de três anos tinha o objetivo de assegurar a continuidade da experiência dos conselheiros quando houvesse eleição de conselheiros com mandato de número par de anos.

A partir da fundação da SBI, sucedem-se anualmente os encontros brasileiros de Ictiologia e as Assembléias Gerais da nova sociedade. Luiz Paulo Cunha encarregou-se da publicação inicialmente semestral do Boletim da SBI que agora chega em sua 100ª edição. Em 1985 a Diretoria eleita em Belo Horizonte é re-eleita em Campinas, e a sociedade segue sua vida normal junto com a Sociedade Brasileira de Zoologia e passa a atuar como “sociedade mãe” para as diversas sociedades que, como a SBI, foram sendo progressivamente organizadas no âmbito dos Congressos de Zoologia. Também em 1985 segui para os Estados Unidos para realizar meu doutorado, e os antigos colegas Luiz Malabarba, Roberto Reis e Cláudio Souto já estavam formados e envolvidos em seus cursos de mestrado. Criada a SBI era hora de cuidarmos da conclusão de nossa formação acadêmica.

1990-1995: Um grande passo ou um passo maior que as pernas?

Em 1990, durante o VIII Encontro Brasileiro de Ictiologia em Londrina, sob a presidência de Anna Emilia Vazzoler, a Sociedade Brasileira de Ictiologia tomou a decisão de realizar seus encontros anuais separadamente dos congressos de Zoologia realizados pela Sociedade Brasileira de Zoologia. Ao longo da primeira década de existência da SBI, a Zoologia Brasileira havia crescido enormemente, estimulada pelo Plano Nacional de Zoologia de Nelson Papavero, pelo crescimento do Conselho Nacional de Ciências e Tecnologia e pelo próprio crescimento demográfico brasileiro. Os congressos haviam se transformado em gigantescos eventos com a participação de grandes massas de estudantes. Para muitos pesquisadores esta situação era intolerável para a manutenção da atmosfera acadêmica de um evento científico.

Assim, no ano seguinte a SBI reuniu-se, pela primeira vez, num evento inteiramente próprio em Maringá. Nessa época o Nupélia, sob a liderança de Ângelo Agostinho e o patrocínio do Consórcio Itaipu Bi-Nacional haviam transformado uma pequena universidade estadual do interior do Paraná em um pujante centro de pesquisa em biologia de peixes.

A primeira vista, a decisão de separar-se da SBZ pareceu acertada para a maioria dos associados da SBI. O EBI de Maringá foi um sucesso e Anna Emilia Vazzoler reelegeu-se na Presidência da Sociedade. Os congressos de Zoologia de 1991 e 1992 foram realizados em Salvador e Belém com crescente atraso, e em 1993 o Congresso de Zoologia deixou de ser realizado, passando a ocorrer bi-anualmente. Entretanto, a falta de adequado planejamento e o crescimento da área de Biologia que havia produzido a crise dos congressos de Zoologia também desencadearam uma crise geral no âmbito da SBI. Durante sua primeira década de existência, a associação com os eventos da SBZ representou uma confortável situação para a organização dos encontros anuais de Ictiologia. Qualquer ictiólogo tinha condições de organizar um Encontro Brasileiro de Zoologia aproveitando a infraestrutura multidisciplinar de organização física dos congressos de Zoologia. Bastava organizar, com mínimo esforço, a programação científica e marcar o dia das

assembléias. Com a decisão de realizar seus próprios eventos, a SBI confrontou-se com a dificuldade de encontrar grupos de ictiólogos que reunissem as condições para montar a enorme infra-estrutura exigida por um evento nacional. Pouquíssimas instituições no Brasil possuíam ictiólogos em número suficiente para organizar os encontros. Como resultado da decisão da SBI, já em 1992 não foi possível, pela primeira vez, realizar os encontros e assembléias que, de acordo com o estatuto, deveriam ocorrer anualmente. As conseqüências foram catastróficas para estrutura administrativa da SBI. O envolvimento dos associados com a Sociedade decaiu em virtude da falta dos eventos anuais. Os congressos brasileiros de Zoologia deixaram de ter um papel catalizador para os eventos da SBI e passaram a competir pelo interesse dos zoólogos que precisavam decidir em que eventos participar. Particularmente grave foi o fato de que as assembléias anuais da SBI deixaram de ser realizadas regularmente. Em decorrência disto, os conselheiros e as diretorias que eram eleitos para mandatos de dois anos somente voltavam a ter contato direto com os associados no momento de entrega do cargo. Os conselheiros que deveriam ter mandatos de três anos deixaram de ser eleitos, pois as assembléias não eram realizadas e própria situação legal da Sociedade tornou-se ameaçada.

Quando retornei ao Brasil em 1994 para assumir o cargo de Professor Adjunto no Museu Nacional, a SBI funcionava precariamente apesar de já acumular uma década de existência. O Informativo Ictiológico, criado vários anos antes nos moldes da *Ichthyological Newsletter* editada por William Eschmeyer nos Estados Unidos, estava sendo editado por uma comissão coordenada não por um ictiólogo, mas por um herpetólogo. No XI Encontro Brasileiro de Ictiologia, realizado em 1995 em Campinas, a logomarca da SBI já nem constava no material publicado pelo evento. Por conta da falta de assembléias anuais não se sabia ao certo quais eram os mandatos dos conselheiros da SBI e quantos deveriam ser eleitos. A falta de encontros anuais e brechas no estatuto levaram a formação de um imenso contingente de associados inadimplentes e ao desenvolvimento da estranha noção que os associados acumulados pela SBI não precisavam se comprometer com a sustentabilidade financeira da entidade e resistiam à ideia de antecipar o vencimento das anuidades fazendo com que a Diretoria precisasse distribuir os Boletins e os Informativos Ictiológicos sem saber que associados efetivamente pagariam as anuidades do ano em curso. Para complicar ainda mais a situação, o retorno à normalidade democrática ainda era recente no Brasil, e as assembléias se transformavam em intermináveis e agonizantes discussões. Procedimentos simples complicavam-se em intermináveis “questões de ordem” e qualquer interesse minoritário exigia infundáveis discussões que visavam apenas a combater a “ditadura da maioria”. A falta de candidatos para ocupar o cargo de Presidente da SBI representou o auge da crise. Felizmente, Yur Maria e Souza Tedesco, que havia desempenhado a função de Tesoureira nas três primeiras diretorias da SBI, Paulo de Tarso Chaves que

atuara como Secretário na terceira e na quarta diretoria e Suzana Anita Saccardo que permaneceu no cargo de Tesoureira, salvaram a situação, candidatando-se à Presidência numa longa e constrangedora Assembléia.

Encontros de Desencontros: Os precedentes da *Neotropical Ichthyology*

Na tumultuada Assembléia Geral de 1995, Angelo Agostinho pediu a palavra para apresentar uma proposta de criação de um periódico científico associado à SBI. Angelo havia percebido que as publicações do Nupélia eram pouco valorizadas nacional e internacionalmente em virtude de carregarem o estigma das publicações institucionais. A solução para a carência de um periódico científico brasileiro amplamente reconhecido seria a criação de uma revista editada por uma sociedade científica. O Nupélia possuía acesso a um eficiente parque gráfico e boa parte da produção científica da instituição era voltada para a área de Limnologia. Em contato com Sociedade Brasileira de Limnologia, Angelo havia preparado o esboço de uma revista científica a ser publicada pelo Nupélia e editada conjuntamente pela SBL e pela SBI. Ao contrário da sociedade norte-americana que fora criada a partir de um periódico científico, a SBI havia sido criada com a missão estatutária de produzir publicações, porém ainda não dispunha de um verdadeiro periódico científico. A proposta de Angelo representava uma oportunidade de transformar este sonho em realidade. Entretanto, vários dos associados presentes entenderam que a administração conjunta de um periódico entre a SBI e a SBL, e sua vinculação à editora de uma terceira instituição envolvia, na verdade, o risco de inviabilizar a criação de um periódico genuinamente voltado para a Ictiologia e com a qualidade e independência almejadas pela Sociedade. Seria necessário apresentar uma proposta por escrito e Angelo pouco tinha a apresentar naquele momento a não ser um certo senso de urgência, visto que tudo já estava acertado com a Sociedade de Limnologia. A proposta acabou não sendo aprovada naquela Assembléia.

Em 1995 fui eleito Conselheiro da SBI, função que desempenhei, através de reeleições, por toda a década seguinte. Isto me permitiu acompanhar de perto os acontecimentos que se sucederam nos anos que precederam a criação do periódico científico da SBI. Naquele ano, em virtude da decisão da Assembléia Geral, Angelo Agostinho encaminhou um detalhamento escrito de sua proposta para a Diretoria da SBI que iniciou uma análise conjunta com o Conselho Deliberativo. A falta de reuniões anuais, no entanto, dificultava a celeridade da análise. Apesar disto, alguns conselheiros chegaram a se reunir com a Diretoria da SBI em São Paulo para discutir a proposta. O próprio Angelo, no entanto, acabou desistindo da proposta e se candidatando à Presidência da SBI, durante o XII Encontro Brasileiro de Ictiologia, realizado novamente em Campinas, em 1997. A candidatura tomou de surpresa os colegas Roberto Reis e Luiz Roberto Malabarba. Como eu, eles haviam concluído então sua formação pós-graduada e apresentaram uma chapa para concorrer à Diretoria da SBI. No entanto, como tinham estado por alguns anos afastados do dia-a-dia da

Sociedade, sua eleição não estava garantida apesar do seu envolvimento nos acontecimentos de 1982 e 1983. Num salutar processo de recuperação da normalidade institucional da SBI, havia agora duas chapas concorrendo à Diretoria da SBI. Ao final de uma Assembléia que durou dois dias, a chapa de Angelo foi eleita, contando com o apoio de um grande contingente de estudantes da Universidade Estadual de Maringá. A questão da criação do periódico, no entanto, permanecia não resolvida quando Angelo terminou seu mandato durante o XIII Encontro Brasileiro de Ictiologia, realizado em 1999 na Universidade Federal de São Carlos.

O grupo de Maringá não mostrou interesse em permanecer na Diretoria da SBI e Roberto Reis, presente no evento de 1999 foi instado a aceitar uma candidatura à Presidência. Roberto permaneceu na presidência da SBI até 2003, tendo sido reeleito em 2001 no EBI de São Leopoldo, RS. Em 1999 eu me sentia incomodado com a situação ainda indefinida em relação à criação de um periódico científico da SBI. Propus então a criação de uma Comissão Especial para realizar um Estudo sobre a Viabilidade de Publicação de um Periódico Científico da Sociedade Brasileira de Ictiologia. A Assembléia Geral aprovou a criação da Comissão que começou a funcionar sob minha coordenação, contando com a participação de Ricardo Campos da Paz, Efreim G. Ferreira e João Paes Vieira.

Os trabalhos da Comissão Especial de Estudo Sobre a Viabilidade da Revista da SBI incluíram o levantamento de dados sobre a estrutura organizativa e forma de operação de diversos periódicos, porém ao longo do estudo ficou claro que, independentemente da estrutura operacional adotada o sucesso de um periódico dependeria de três aspectos fundamentais. Esta percepção foi publicada no Boletim da SBI no ano seguinte (Buckup & Campos da Paz, 2000). O primeiro aspecto referia-se a necessidade de se dispor de um editor capaz de impor uma política editorial forte, independentemente da estrutura organizacional adotada. De nada adiantaria estabelecer uma estrutura editorial se o editor não fosse capaz de exigir um elevado padrão de qualidade e relevância na seleção de trabalhos a serem publicados. Seria necessário romper com tendências corporativistas prevalentes em instituições que vêm em seus periódicos uma forma de facilitar a publicação de trabalhos científicos e acabam por transformar seus editores em meros revisores de estilo e linguagem, com pouca ou nenhuma ingerência sobre a qualidade e o interesse do conteúdo científico a ser publicado. A segunda conclusão era a de que o periódico deveria manter independência financeira, publicando apenas artigos que motivassem os usuários a pagar pelo seu conteúdo, sem cair na armadilha de inflacionar o número de páginas publicadas e artigos aceitos simplesmente em função da disponibilidade de recursos provenientes de agências financiadoras. De certa maneira esta constatação mostrou-se profética em relação à crise que se abateria alguns anos depois sobre a Revista Brasileira de Zoologia que acabou sendo extinta e substituída pelo periódico Zoologia, que, apesar da adoção de um novo formato e novas políticas acabou sendo preterida na classificação das agências

financiadoras, o que gerou intensa polêmica na comunidade científica da área de Zoologia.

A terceira constatação importante da Comissão Especial de Estudo Sobre a Viabilidade da Revista da SBI foi algo inesperada: apesar da SBI contar com centenas de associados, pouco mais de uma dúzia de associados estavam em dia com suas anuidades. Apesar de várias anistias de associados inadimplentes, as diversas Diretorias mostravam-se relutantes em desligar associados que não pagavam suas anuidades. Ficou claro, então, que a criação de um periódico próprio exigiria mudanças significativas na forma de gestão da SBI.

Finalmente, em 2003, durante o XIV Encontro Brasileiro de Ictiologia, realizado em São Leopoldo, Luiz Roberto Malabarba apresentou uma detalhada proposta para criação de um periódico científico. A proposta foi aprovada e a *Neotropical Ichthyology* começou a circular em 15 de outubro de 2003. As dificuldades apontadas no estudo de 1999 foram respondidas e a revista aos poucos foi adquirindo reconhecimento nacional e internacional, tornando-se um modelo de sucesso e conquistando constantes avanços medidos através de índices bibliométricos cada vez mais favoráveis.

Fecha-se, assim, um longo ciclo que surgiu dos anseios de alguns jovens idealistas em 1981. Roberto Reis atualmente é presidente do Conselho Deliberativo da SBI, Luiz Malabarba é Editor da *Neotropical Ichthyology* e eu próprio ocupo o segundo mandato na Presidência da SBI. Alguns, como Cláudio Souto que participava do grupo da UFRGS em 1981 e chegou a trilhar parte de minha trajetória no curso de mestrado da FURG seguiram outros caminhos, menos ligados à SBI, porém sua camaradagem e o espírito de grupo foram essenciais para moldar os ideais da SBI.

Literatura citada

- Abreu, A. A. 2000. Quantos anos faz o Brasil? EDUSP, São Paulo.
- Buckup, P. A. & R. Campos-da-Paz. 2000. Criar um periódico científico, eis a questão. Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia 59: 5-8.
- Buckup, P. A., N. A. Menezes & M. S. Ghazzi. 2007. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Museu Nacional, Rio de Janeiro.
- Castro, R. M. C. & N. A. Menezes. 1998. Estudo diagnóstico da diversidade de peixes do Estado de São Paulo. Pp. 1-13. *In*: Castro, R. M. C. (Ed.), C. A. Joly & C. E. M. Bicudo (Orgs.). Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX, vol. 6, Vertebrados. WinnerGraph – FAPESP, São Paulo.
- Godoy, M. P. de 1975. Peixes do Brasil: Subordem Characoidei, bacia do Rio Moji Guaçu. Editora Franciscana, Piracicaba. 4 vols.
- Figueiredo, J. L. 1977. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. I. Introdução. Cações, raias e quimeras. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Figueiredo, J. L. & N. A. Menezes. 1978. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. II. Teleostei (1). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Figueiredo, J. L. & N. A. Menezes. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Figueiredo, J. L. & N. A. Menezes. 2000. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Menezes, N. A. & J. L. Figueiredo. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Menezes, N. A. & J. L. Figueiredo. 1985. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. V. Teleostei (4). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Menezes, N. A., J. L. Figueiredo & H. A. Britski. 1997. Ichthyological collection building at the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. Pp.561-565. *In*: Pietsch, T. W. & W. D. Anderson (Eds.). Collection Building in Ichthyology and Herpetology. American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication 3, Kansas.
- Fowler, H. W. 1948. Os peixes de água doce do Brasil. (1a. entrega). Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo 6: 1-204.
- Fowler, H. W. 1950. Os peixes de água doce do Brasil. (2a. entrega). Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo 6: 205-404.
- Fowler, H. W. 1951. Os peixes de água doce do Brasil. (3a. entrega). Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo 6: 405-628.
- Fowler, H. W. 1954. Os peixes de água doce do Brasil. (4a. entrega). Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo 9: 1-400.
- Gomes, A. L. 1946. A review of *Microglanis*, a genus of South American catfishes, with notes on related species. Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan 494: 1-19, pl.1
- Gomes, A. L. 1947. A small collection of fishes from Rio Grande do Sul, Brazil. Miscellaneous Publication, Museum of Zoology, University of Michigan 67: -39, pl.1-3.
- Gosline, W. A. 1945. Catálogo dos nematognatos de água doce da América do Sul e Central. Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia 33: 1-138.
- Gosline, W. A. 1947. Contributions to the classification of the loricariid catfishes. Arquivos do Museu Nacional 41: 77-134, pl.1-9.
- Miranda-Ribeiro, A. de 1907a. Fauna brasiliense. Peixes. Tomo I. Arquivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro 14: 25-128, 1 pl.
- Miranda-Ribeiro, A. de 1907b. Fauna brasiliense. Peixes. Tomo II. Arquivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro 14: 129-212, 19 pl.
- Miranda-Ribeiro, A. de 1909. Fauna brasiliense. Peixes. Tomo III. Arquivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro 15: 167-186, pl.
- Miranda-Ribeiro, A. de 1911. Fauna brasiliense. IV(A). Elutherobranchios Aspirophos. Arquivos do Museu Nacional 16: 1-511, pl. 22-54.
- Miranda-Ribeiro, A. de 1915. Fauna brasiliense. V. Eleutherobranchius Aspirophos. Physoclisti. Segunda Parte. Arquivos do Museu Nacional 17: [679p + ? pl].
- Miranda-Ribeiro, A. de 1918a. Fauna brasiliense. V. Eleutherobranchius Aspirophos. Physoclisti. Primeira Parte. Resenha Historica. Arquivos do Museu Nacional 21: 11-35.
- Miranda-Ribeiro, A. de 1918b. Fauna brasiliense. V. Eleutherobranchius Aspirophos. Physoclisti. Segunda Parte. Bibliographia e Indice. Arquivos do Museu Nacional 21: 37-227.
- Santos, C. L. 1978. Peixes. Pp. 61-67. *In*: Relatório Final Convênio FATMA-UFRGS. Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Núcleo Interdepartamental de Estudos Ecológicos (NIDECO), Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Paulo A. Backup
 Presidente da SBI
backup@acd.ufrj.br
 Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Museu Nacional
 Rio de Janeiro, RJ. ■

ANEXO
Carta-convite para a fundação da SBI

Rio Grande, 15 de abril de 1982

Prezado colega:

Por ocasião do IX Congresso Brasileiro de Zoologia, realizado em Porto Alegre, no período de 7 a 13 de fevereiro do corrente, foram apresentados mais de 50 trabalhos relacionados com a área da Ictiologia, tendo ficado evidenciada a necessidade de um maior intercâmbio entre os ictiólogos nacionais.

Em reuniões realizadas nos dias 10 e 11 de fevereiro, os ictiólogos presentes discutiram sobre a conveniência ou não de se formar uma entidade nacional que congregasse todos os interessados na área ictiológica. Os resultados dos debates foram lavrados em Ata, com uma Assembléia de 80 participantes. Ficou decidida a formação de uma Comissão Provisória encarregada de consultar a comunidade de ictiólogos sobre esse assunto e, no caso de que houvesse uma receptividade positiva à idéia por parte da maioria dos consultados, teria a referida Comissão autorização para elaborar um anteprojeto de estatuto de uma entidade nacional, a ser discutido e aprimorado no próximo Congresso Brasileiro de Zoologia, em assembléia envolvendo todos os interessados. Para viabilizar o trabalho dessa Comissão, foram feitas doações voluntárias que perfizeram um total de Cr\$21.000,00. A Comissão Provisória eleita pela Assembléia, que seria constituída por um Comitê Central, com sede no Rio Grande do Sul, e por Representantes Regionais, foi a seguinte:

Comitê Central: Prof.^a Leda Francisca Armani Jardim (UFRGS, Presidente), Prof. Luiz Paulo Rodrigues Cunha (FURG, Secretário-Geral), Bel. Paulo Andreas Buckup (UFRGS, Tesoureiro), e Prof. Labbish Ning Chao (FURG, membro);

Representantes Regionais: José Felipe Ribeiro Amato (UFRRJ), Luiz Roberto Barbieri (USU), José Espinhara da Silva (UFRPE), Ayda Vera Alcântara (UFS) e Hermínia de Holanda Lima (UFC).

Um dos nomes propostos na Assembléia foi o de "Associação Brasileira de Ictiologia", nome este que — entendeu-se — congregaria todos os interessados no estudo de peixes (pesca, piscicultura, aquariofilia etc), independentemente de sua formação acadêmica.

Em cumprimento às decisões da Assembléia, enviamos, em anexo, um formulário a ser preenchido pelo colega, cuja devolução solicitamos seja feita o mais breve possível. Rogamos, ainda, o seu particular empenho na divulgação do mesmo a outros interessados (fazer cópias xerográficas).

Valemo-nos da oportunidade para saudá-lo

mui atentamente

Comitê Central

QUESTIONÁRIO

1. Vê a necessidade de se constituir uma entidade associativa dos ictiólogos nacionais?
Sim () Não () Justifique _____

2. Teria interesse em associar-se a essa entidade? Sim () Não ()

3. Está de acordo com o nome "Associação Brasileira de Ictiologia"?

Sim () Não (). Tem outro a sugerir? _____

Quaisquer outras opiniões, informações e modelos de projetos de estatutos serão muito úteis à Comissão Provisória. Os resultados deste questionário serão analisados e apresentados à comunidade de ictiólogos por ocasião do X Congresso Brasileiro de Zoologia. A breve devolução do mesmo é fundamental para que você continue recebendo informações e tendo participação na organização da entidade a ser eventualmente criada.

A Sociedade Brasileira de Ictiologia 27 anos depois

Quando um grupo de ictiólogos cogitou pela primeira vez a respeito da criação de uma sociedade científica voltada exclusivamente aos assuntos de Ictiologia em fevereiro de 1982, estava assumindo um compromisso baseado em fatos que demonstravam um crescente interesse por tópicos da área frente às outras áreas de Zoologia nos congressos brasileiros. Depois da fundação oficial da Sociedade Brasileira de Ictiologia em 2 de fevereiro de 1983, durante a realização do X Congresso Brasileiro de Zoologia, em Belo Horizonte, Minas Gerais, a sociedade fortaleceu-se com a adesão de associados de todas as regiões do país. Tendo sido eleito primeiro presidente e exercido o mandato por dois biênios, é gratificante constatar o enorme progresso alcançado em todos os setores de atividade e o engajamento dos associados em todas as iniciativas tomadas pelas diretorias que se sucederam. O entusiasmo de todos durante a realização dos Encontros Brasileiros de Ictiologia, por ocasião da apresentação de trabalhos, painéis, mesas-redondas, palestras, mini-cursos e assembléias gerais é sempre contagiante.

Um marco na história da SBI foi a criação do periódico *Neotropical Ichthyology*, cogitada durante vários anos, mas finalmente concretizada principalmente pela iniciativa de ictiólogos do Museu de Ciência e Tecnologia da PUC, Porto Alegre, liderados por Luiz Roberto Malabarba, atual editor, que não mede sacrifícios para manter o periódico como uma das publicações mais conceituadas do país e em nível internacional.

É motivo de grande satisfação verificar que a SBI “deu certo” graças ao engajamento de todos os associados e aos esforços de todas as diretorias que compreenderam a atitude dos fundadores e contribuíram para que a sociedade se consolidasse e atingisse seu atual prestígio junto à comunidade científica.

Naércio A. Menezes

naercio@usp.br

Universidade de São Paulo,
Museu de Zoologia, São Paulo, SP. ■

As Publicações da Sociedade Brasileira de Ictiologia

O Boletim Informativo acompanha a Sociedade Brasileira de Ictiologia desde o primeiro ano de sua fundação, em fevereiro de 1983. O primeiro número do Boletim (Fig. 1) circulou em agosto do mesmo ano, no início com periodicidade semestral, passando a trimestral a partir de 1988. Manteve o formato pequeno (24,0 cm x 16,5 cm) até dezembro de 1996 e, embora seu principal objetivo fosse divulgar notícias, já no número 5 (1985) iniciavam-se os artigos escritos por associados. O primeiro foi de Carolus Vooren (FURG) "Painel ou Papo: reflexões de trabalhos em congressos". Ao todo, neste período, foram publicados vinte e sete artigos, a maioria abrangendo um amplo espectro de interesse. Tais contribuições forneciam ao Boletim uma função adicional que a de um simples informativo, buscando transmitir conhecimento.

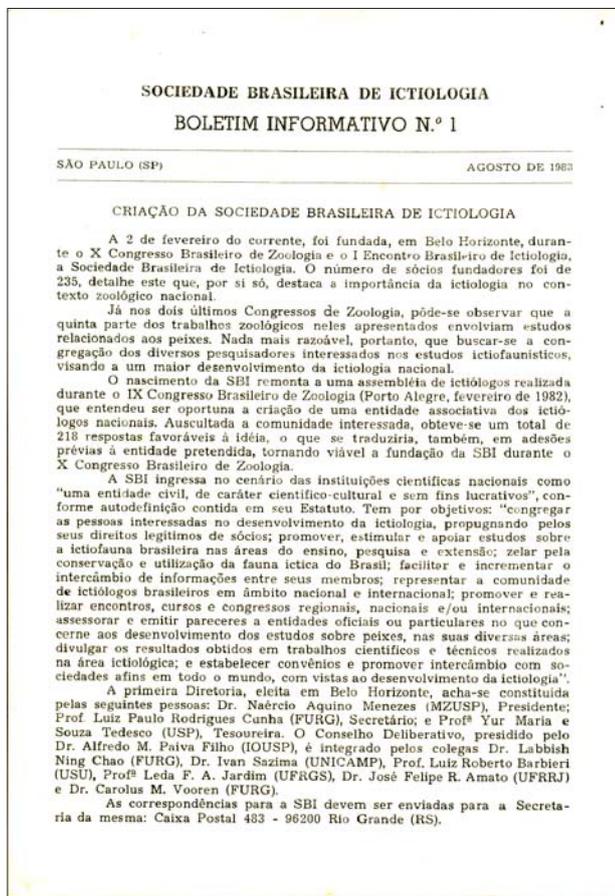


Fig. 1. Primeiro número do Boletim Informativo (atual Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia), publicado em agosto de 1983.

Foi a partir de março de 1997 (número 47) que o Boletim definitivamente começou a atender seu público com artigos mais especializados. A isto, foi associada uma profunda e marcante reformulação visual: adquiriu um formato maior (31,0 cm x 21,5 cm), teve seu número de páginas e de seções aumentadas e seu nome foi modificado para "Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia". As diversas seções receberam títulos sugestivos e apropriados, por exemplo, a seção com os novos associados chamou-se "Recrutamento"; a de

eventos "Preparando a Piracema"; a de artigos publicados pelos associados "Desovas do período..", nome este que se mantém até hoje. Uma rápida consulta aos boletins de 1997 a 2004 verifica-se que foram publicados setenta e oito artigos, 37% das áreas de Pesca, Ecologia e Biologia e 33% da área da Sistemática. Isto demonstra a clara mudança de perfil do Boletim, consequência direta da maior participação dos associados através de contribuições técnicas e do engajamento na divulgação de questões relativas ao estudo dos peixes.

Com a publicação do Boletim no formato exclusivamente eletrônico, ocorrido a partir do ano de 2005, e com as facilidades que tal procedimento facultou, a qualidade gráfica dos artigos foi melhorada e a possibilidade de publicação a cores qualificou o conteúdo dos mesmos. Nesta fase, setenta e quatro artigos foram publicados e a área da Sistemática continuou bem representada, com 32% das contribuições. Talvez mostrando uma tendência recente, surge a especialidade Manejo e Conservação com 20% dos artigos.

O Boletim, no formato impresso, recebeu seu primeiro número no ISSN (Internacional Normalizado para Publicações Seriadadas) em março de 2001 (número 62). Em 2005, o Boletim (do número 65 em diante) no formato eletrônico, recebe um novo ISSN.

Outra publicação da SBI, que teve seu primeiro número publicado em 1985 foi o Informativo Ictiológico (Fig. 2), somente dois anos após a fundação da Sociedade. Criado para incentivar o intercâmbio entre os associados, o Informativo foi inspirado, na época, na *Newsletter of Systematic Ichthyology* publicação da *California Academy of Sciences*. O Informativo Ictiológico é uma publicação anual que até 1993 foi oferecida na forma impressa. Após uma interrupção na sua distribuição, foi novamente veiculada sob o formato eletrônico a partir do ano 2000. Hoje está na sua edição número 19, trazendo um resumo dos projetos de pesquisa em andamento desenvolvidos pelos sócios e suas publicações no ano imediatamente anterior.

A série mais recente publicada pela SBI constitui-se na revista *Neotropical Ichthyology* (Fig. 3), cuja criação foi proposta no próprio Boletim da SBI em 2002 (número 69), e anunciada no editorial do mesmo Boletim em 2003 (número 70), após sua aprovação durante o XV Encontro Brasileiro de Ictiologia ocorrido em São Paulo em fevereiro de 2003, há exatos vinte anos após a fundação da Sociedade.

A revista foi publicada sob a forma impressa (ISSN 1679-6225) a partir de setembro do mesmo ano, com o escopo de constituir-se em um fórum internacional de divulgação e discussão de pesquisas de alto nível sobre diversidade da Ictiofauna Neotropical, com ênfase em Sistemática, Ecologia e Biologia Geral de peixes de água doce e marinhos. No ano seguinte, 2004, já encontrava-se disponível para consulta na íntegra no Portal de Periódicos da CAPES. A revista foi

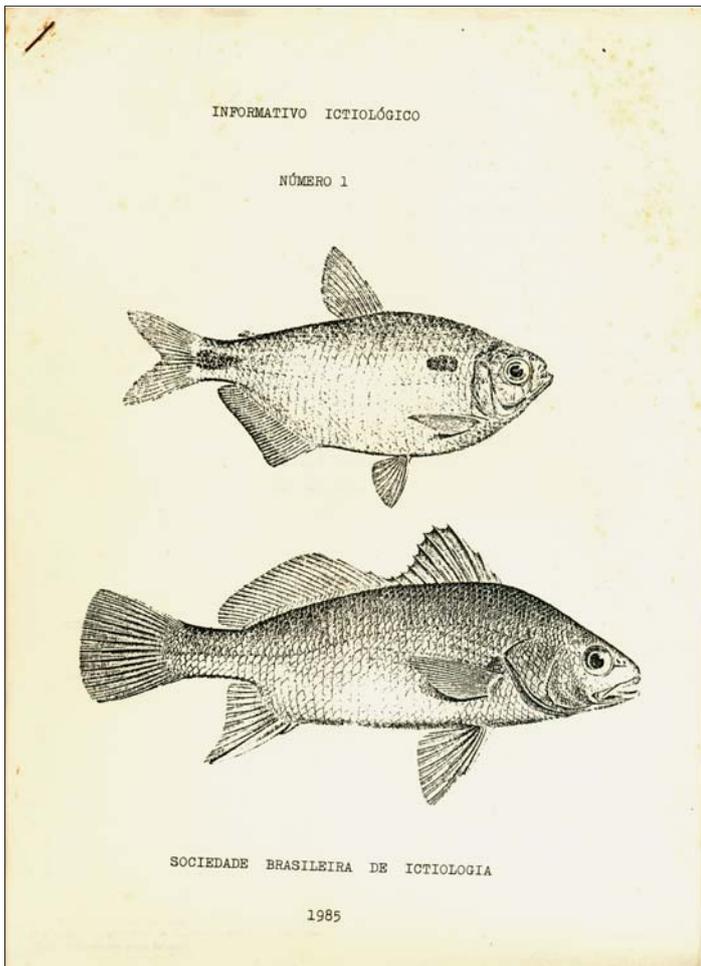


Fig. 2. Primeiro número do Informativo Ictiológico, publicado em 1985.

incorporada à coleção SciELO em 2007 (www.scielo.br/ni), sendo publicada sob a forma eletrônica em formato .pdf e .html (ISSN 1982-0224). Em 2008, todos os fascículos anteriores a 2007 foram convertidos para o sistema SciELO, estando atualmente disponível na íntegra.

A revista trabalha, desde sua criação, com um corpo editorial formado por especialistas em seis áreas: Biologia Molecular e Genética, Biologia, Bioquímica e Fisiologia, Ecologia, Etologia e Sistemática, tendo já registrado a contribuição de 22 associados nesta tarefa, além de um corpo consultivo externo formado por cinco membros e um número elevado de revisores externos dos artigos (cerca de 250 somente em 2009).

O amadurecimento científico da SBI e a demanda qualificada de um periódico para publicação de resultados inéditos de pesquisas sobre a ictiofauna refletem o sucesso e o destaque da revista. Desde 2003 foram publicados 406 artigos divididos em 28 fascículos, com contribuições de autores de quase todos os estados brasileiros e de mais de 15 países. A revista está classificada atualmente como Qualis A2 e B1 na CAPES, entre as diferentes áreas do conhecimento, obtendo bons fatores de impacto entre as revistas científicas da área de Zoologia (FI 2007 = 1,133; FI 2008 = 0,856; FI 2009 = 0,985; fonte: *Journal of Citation Reports*).

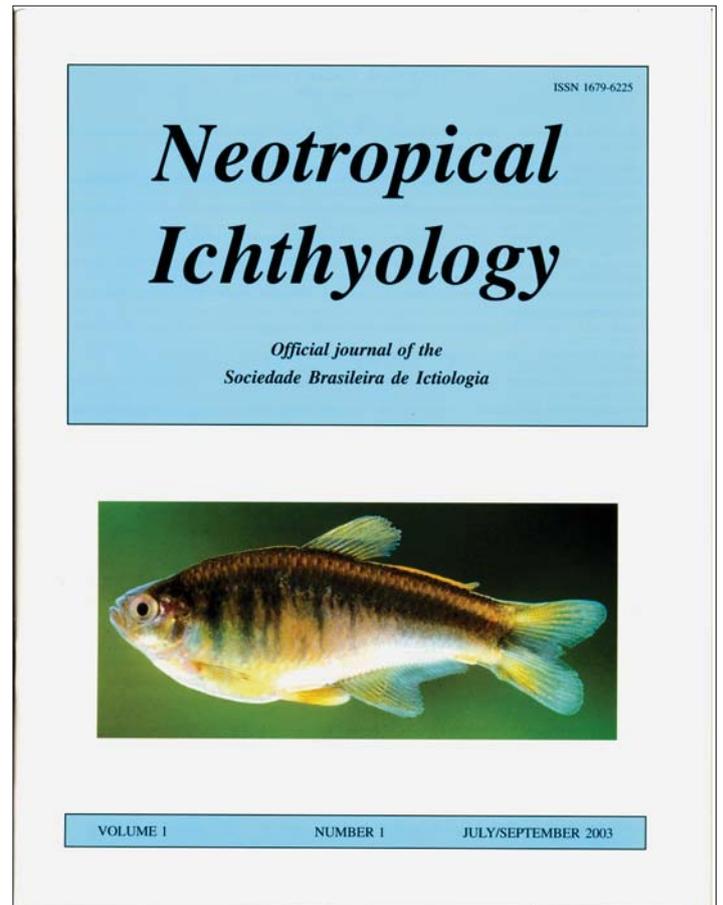


Fig. 3. Primeiro número do periódico científico da SBI, *Neotropical Ichthyology*, publicado em setembro de 2003.

Como procuramos mostrar neste texto, a SBI disponibiliza três tipos de publicações regulares, cada uma delas com suas peculiaridades e público de interesse. Todas merecedoras de nosso apoio, que pode ser feito através de contribuições e participações. Entendemos que estas publicações refletem o esforço qualificado de toda a comunidade envolvida na produção de seu conteúdo, na sua análise e publicação. Neste ritmo, certamente iremos comemorar o número 200 do Boletim tão orgulhosos quanto estamos hoje comemorando o número 100.

Luiz R. Malabarba
malabarba@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Departamento de Zoologia, Porto Alegre, RS.

Carlos A. S. Lucena
lucena@puccrs.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul,
Museu de Ciência e Tecnologia, Porto Alegre, RS. ■

Sistemática e Ictiologia: histórias, espécies e maquinistas

Fabio Di Dario

*"You're such a beautiful fish
floppin' on the summer sand
lookin' for the wave you missed
when another one is close at hand"*
Stupid girl - Neil Young & Crazy Horse, 1975

A Sistemática Filogenética ou Cladística é o paradigma atual da Sistemática e, conseqüentemente, forma o arcabouço teórico de toda a biologia comparada. Históricos de sua origem, desenvolvimento e estabelecimento como a principal escola de inferência filogenética e classificação podem ser encontrados em uma série de publicações (e.g., Hull, 1988; de Pinna, 1996; Amorim, 2002; Williams & Ebach, 2008). Diversos eventos e fatos interessantes marcaram o desenvolvimento da Sistemática Filogenética. Décadas já se passaram desde que parte destes eventos ocorreu, e muitas histórias se disseminaram tanto formalmente quanto informalmente na comunidade ictiológica. Um dos objetivos deste artigo é contar, de uma maneira resumida e informal, algumas histórias protagonizadas por ictiólogos que influenciaram o desenvolvimento da cladística em um panorama global e no Brasil. Isso é feito na primeira e segunda partes do texto. O outro objetivo deste artigo é tentar mostrar que obviamente a história não acabou, e que somos protagonistas dos eventos que estão acontecendo. Uma auto-reflexão é feita na terceira parte, ao passo que na quarta e quinta partes do texto são apresentadas algumas questões em Sistemática que talvez sejam de interesse da comunidade ictiológica brasileira.

Ictiologia e Sistemática Filogenética: co-evolução

A influência da Ictiologia no desenvolvimento da Sistemática Filogenética é provavelmente mais forte que aquela de outras áreas da Zoologia. Embora Willi Hennig fosse entomólogo, parte significativa dos pesquisadores que desenvolveram os principais conceitos da Sistemática Filogenética era formada por ictiólogos. A este mesmo grupo também pode ser creditada muita da responsabilidade pelo estabelecimento da Cladística como o paradigma atual da Sistemática. Na verdade, a comunidade ictiológica estava "pré-adaptada" para aceitar e desenvolver as idéias de Hennig. Muitos pesquisadores entendem que a publicação de Greenwood *et al.* (1966) marca o início da Sistemática ictiológica moderna. Hennig havia publicado um apanhado geral de suas idéias apenas um ano antes (Hennig, 1965), e seu livro "*Phylogenetic Systematics*" estava sendo publicado exatamente naquele ano (Hennig, 1966). Paralelamente, um dos pilares da Sistemática Filogenética era explicitamente incorporado à ideia geral sob a qual Greenwood *et al.* (1966) propuseram uma classificação de Teleostei: "...unless one wishes to abandon the principle that taxonomic

classification should reflect what can be determined of phylogeny..., taxa that are obviously polyphyletic must be broken up and a new classification must be adopted." (Greenwood *et al.*, 1966: 346). Portanto, o reconhecimento de que apenas grupos monofiléticos devem ser considerados em classificações já estava presente em Greenwood *et al.* (1966). Autores subsequentes da década de 1970, entre eles os próprios Peter Greenwood, Donn Rosen e Stanley Weitzman, em diferentes combinações e co-autorias, explicitamente adotaram a metodologia Hennigiana na formulação de suas hipóteses filogenéticas (Nelson, 1972).

Alguns "livros-de-cabeceira" da Sistemática Filogenética produzidos na década de 1980 são de autoria ou co-autoria de ictiólogos, entre eles "*Phylogenetics: the theory and practice of phylogenetic systematics*" (Wiley, 1981), "*Systematics and biogeography: cladistics and vicariance*" (Nelson & Platnick, 1981), e "*Cladistic biogeography*", (Humphries & Parenti, 1984). Colin Patterson (1933-1998), paleontólogo do *Natural History Museum*, Londres (antigo *British Museum*), publicou uma série de trabalhos influentes na Sistemática e Ictiologia. Ótimos apanhados gerais de sua carreira e análises de sua influência no desenvolvimento da cladística foram apresentados por Nelson (1998, 2000) e Bonde (1999). Mas foi em Gareth Nelson (Fig. 1) e James Steve Farris (Fig. 2) que a Sistemática Filogenética encontrou seus principais teóricos e defensores, principalmente durante as décadas de 1970 e 1980.



Fig. 1. Gareth Nelson (direita) e Lars Brundin (1907-1993) no VII Encontro da *Willi Hennig Society*, realizado em Estocolmo, Suécia, 1988. Fotografia de Chris Humphries.

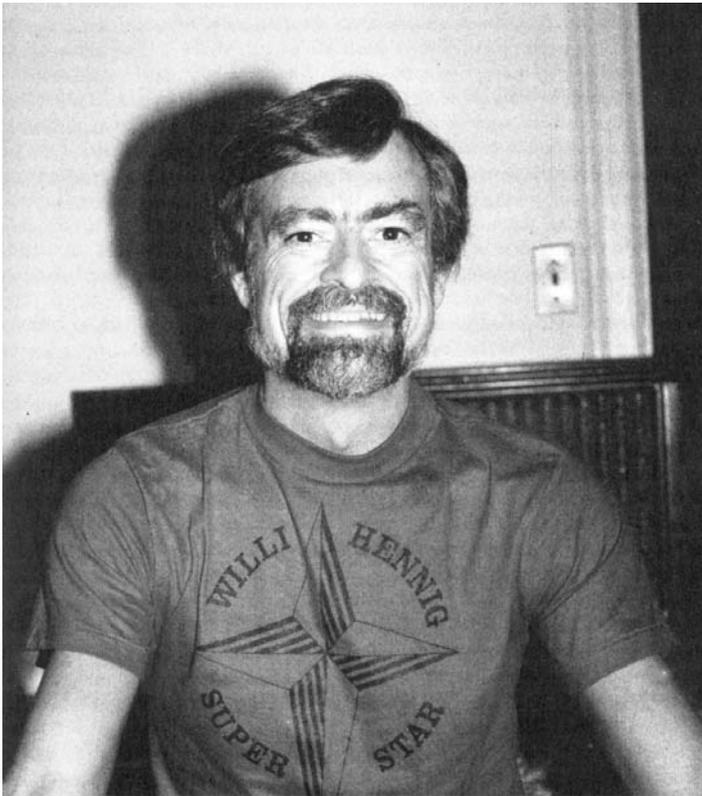


Fig. 2. James Steve Farris, um dos super-astros da *Willi Hennig Society*, em 1988. Foto originalmente publicada em Hull (1988).

Diversos artigos de G. Nelson sobre a teoria sistemática podem ser encontrados no periódico *Systematic Zoology* (atual *Systematic Biology*), que foi o principal palco de discussões nesta área até o surgimento do *Cladistics*, em 1985. A perspicácia e clareza de linguagem de Nelson são notórias, e podem ser percebidas em praticamente todos seus artigos. No entanto, é em algumas cartas trocadas entre ele e George G. Simpson (1902-1984), um dos fundadores da Síntese Moderna e oponente ferrenho da Sistemática Filogenética (Fig. 3), que podemos perceber a convicção de Nelson na integridade filosófica da teoria que estava sendo construída. Parte do episódio é relatado em Hull (1988: 169). Simpson teceu alguns comentários contra a Sistemática Filogenética em um simpósio na Áustria, em 1974. Em uma carta daquele mesmo ano, Nelson convidou Simpson para apresentar esses mesmos argumentos em um grupo de discussão no *American Museum of Natural History*, NY, onde Nelson era curador. Em um trecho marcante desta carta, Nelson diz:

“Let me assure you that I have much admiration for your past work, and that I simply would not like to see it blemished any further. I do assure you that remarks of the sort that you made at the Wenner-Gren Symposium will be personally injurious to you in their ultimate effect. And I would be shirking my own responsibilities as a scientist if I did not advise you accordingly.”

A conversa com Simpson é retomada em uma carta de 24 de maio de 1976. Nela, Nelson requisita uma autorização para usar parte da transcrição daquela mesma apresentação de Simpson em um livro que estava sendo preparado por ele. Simpson não autoriza, alegando que a conferência era restrita e que alguns de

seus comentários haviam sido sarcásticos por estarem apenas entre colegas. Ele conclui que *“the context in your proposed book will certainly not be similar, and I have good reason to think that it will not be friendly.”*. Além disso, questiona a ética de ter seus comentários divulgados fora daquele simpósio. A resposta de Nelson é direta. Além de explicar em qual contexto os comentários de Simpson seriam utilizados, ele diz:

“...I admonish you for an unwillingness to be candid before the world, for your habit of saying one thing in public and another in private, and in seeking protection in the guise of privacy. ...I deplore the sad fact that you invoke ethics in place of reasoned argument in what is basically a scientific discussion.”

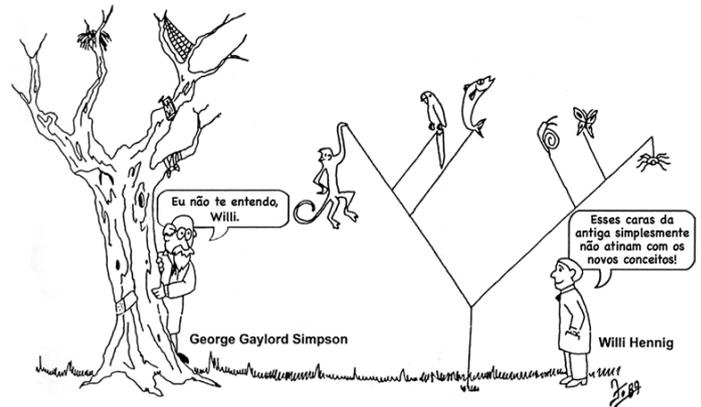


Fig. 3. Visão quadrinística de um conflito de paradigmas: George Simpson *versus* Willi Hennig. Desenho de Jorge Llorente (UNAM).

Nelson é atualmente Professor Honorário do Departamento de Botânica da Universidade de Melbourne, Austrália, e ainda contribui ativamente para o desenvolvimento do pensamento evolutivo, da Biogeografia e da Sistemática Filogenética (e.g., Nelson, 2009; Nelson & Ladiges, 2009).

Gareth Nelson é reconhecido como um especialista em Clupeomorpha ou Clupeí *sensu* Wiley & Johnson (2010), o grupo que inclui as sardinhas e manjubas. No entanto, não são muitos os que atentam para o fato de que a outra peça chave para o desenvolvimento da cladística, James S. Farris também tem uma formação em Ictiologia. Farris obteve seu Ph.D. com uma tese intitulada *“The evolutionary relationships between the species of the killifish genera Fundulus and Profundulus (Teleostei: Cyprinodontidae)”* (Farris, 1968). As figuras de estruturas anatômicas em sua tese “deixam a desejar” (Fig. 4). Por outro lado, é impressionante saber que a análise de parcimônia foi implementada em um programa computacional em 1968, décadas antes de ferramentas deste tipo se tornarem quase obrigatórias em trabalhos cladísticos. O confiante Farris de 26 anos, concordando com Camin & Sokal (1965), concluiu que (p. 9):

“Perhaps the most impressive theoretical advantage of the parsimony criterion is that it is certain to give a correct tree, provided the data consist of a sufficient array of non-convergent characters.”

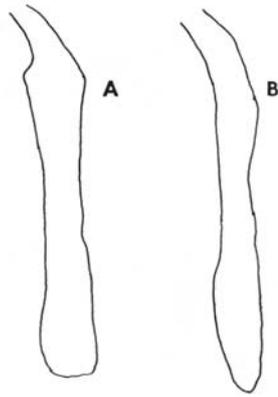


Fig. 4. Reprodução da figura 14 da tese de James S. Farris (1968) que supostamente representa o maxilar de *Fundulus confluentus* (A) e *F. similis* (B), em vista lateral. A figura não foi modificada.

A questão sobre como lidar com homoplasias em análises de parcimônia e suas influências em diferentes contextos de reconstrução filogenética vem sendo explorada por Farris até os dias de hoje. Entre os produtos desta busca por uma melhor maneira de quantificar e lidar com homoplasias estão o desenvolvimento dos índices de consistência (Kluge & Farris, 1969) e de retenção (Farris, 1989), além de técnicas de pesagem diferencial de caracteres de acordo com critérios de adequação global em cladogramas (e.g., Farris, 1969; Goloboff *et al.*, 2003). Em um determinado momento, Farris e co-autores concluíram que a contribuição positiva das homoplasias para a estruturação de árvores filogenéticas pode, na verdade, estar sendo menosprezada na prática atual da cladística (Källersjö *et al.*, 1999). As ramificações deste estudo ainda não foram totalmente exploradas, mesmo após mais de uma década de sua publicação.

Ictiologia e Sistemática Filogenética co-evoluindo no Brasil

A filosofia cladista começou a ser incorporada à prática ictiológica brasileira na década de 1970 (e.g., Menezes, 1976). Sua disseminação na Ictiologia brasileira foi concomitante à sua consolidação como o paradigma dominante na Sistemática durante a década de 1980. Além disso, a criação da Sociedade Brasileira de Ictiologia em 1982, fomentou a integração entre sistematas brasileiros, o que certamente contribuiu para o avanço da cladística no país. O segundo Informativo Ictiológico (1986), por exemplo, incluiu uma nota do atual presidente da SBI, Paulo A. Buckup (Fig. 5). Parte dela, diz:

“Terei o maior prazer em realizar todo o esforço possível para identificar todos os peixes da ordem Characiformes que me forem enviados, especialmente os da subfamília Characidiinae. [...] Em troca solicito o direito de utilizar o material em meu trabalho sistemático.”

“*Phylogenetic interrelationships and reductive evolution in Neotropical characidiin fishes (Characiformes, Ostariophysi)*” foi publicado alguns anos depois na *Cladistics* (Buckup, 1993). Outros três artigos de autoria ou co-autoria de ictiólogos brasileiros que lidam com teoria sistemática foram publicados nesta



Fig. 5. Paulo Andreas Buckup (esquerda), Roberto Esser dos Reis (centro) e Francisco de Arruda Machado (direita) na abertura do XVIII Encontro Brasileiro de Ictiologia, realizado em Cuiabá, em 2009. Fotografia de Rosana Souza Lima.

mesma revista e aproximadamente no mesmo período (de Pinna & Salles, 1990; Buckup, 1991; de Pinna, 1991). Portanto, pelo menos parte da ictiologia brasileira no início da década de 1990 havia abraçado a filosofia cladística e estava contribuindo ativamente para seu desenvolvimento. “*Concepts and tests of homology in the cladistic paradigm*”, de Mário de Pinna (Fig. 6; de Pinna, 1991), por exemplo, é uma das contribuições mais influentes na Cladística. Este artigo foi citado pelo menos 385 vezes no momento em que este texto está sendo redigido (2 de julho de 2010). Às vésperas de completar 19 anos, o número de citações de de Pinna (1991) é ascendente, com 47 registros em 2008 *versus* 16 em 1998 (*ISI Web of Knowledge*).

Ao longo das décadas de 1990 e 2000, a influência da Sistemática Filogenética na Ictiologia brasileira se consolidou e refletiu-se em uma série de trabalhos e, principalmente, dissertações e teses defendidas. Uma visita rápida em qualquer instituição de ensino e pesquisa que tradicionalmente desenvolve estudos em Sistemática mostra que o número de pós-graduandos brasileiros lidando com aspectos filogenéticos dos mais diversos grupos de peixes aumentou significativamente nos últimos anos. Isso indica que de fato estamos no caminho certo para a consolidação da Sistemática Filogenética na Ictiologia do Brasil, tendo em vista que grande parte da pesquisa nos países que se preocupam com isso é produzida na pós-graduação. Além disso, são esses estudantes que irão fundar novos grupos de pesquisas em um futuro próximo.

Quando estudantes de todos os níveis, docentes e pesquisadores são incluídos na conta, a comunidade de sistematas ictiólogos do Brasil passa a ser uma das maiores do mundo. A situação atual é promissora, mas ainda há espaço para contribuições mais amplas em Sistemática e ciências correlatas, como a Biogeografia. Uma análise superficial da produção científica em Sistemática da comunidade ictiológica brasileira indica que ela é dominada por estudos taxonômicos no nível de espécie, que em aspectos gerais podem ser considerados como sendo tradicionais. Parte dessa situação é compreensível e justificável. A imensa diversidade ictiológica do país precisa ser descrita da melhor forma e, dentro do possível, da maneira mais



Fig.6. Mário de Pinna e Frédéric Chopin (1810-1849) no Père Lachaise, Paris, em 2003.

rápida, tendo em vista as pressões cada vez maiores sobre os ecossistemas. Contribuições significativas para discussões amplas em Sistemática e Biogeografia foram feitas por ictiólogos brasileiros recentemente (e.g. Ribeiro, 2006; de Carvalho *et al.*, 2007; de Carvalho *et al.*, 2008; Ebach & de Carvalho, 2010). No entanto, considerando a associação historicamente íntima e profícua entre a Ictiologia e a teoria em Sistemática, é inevitável que de vez em quando tenhamos a sensação de que “poderíamos estar fazendo mais”. Esse tipo de reflexão é relativamente comum aos estudantes de pós-graduação, principalmente nos momentos de descontração acompanhados por bebidas que estimulam ou alteram ligeiramente a percepção sensorial, como o café, por exemplo. Em um sistema onde os prazos para a defesa de dissertações e teses é cada vez mais curto e basicamente apenas o número de publicações é valorizado, costumamos ter a sensação de que o tempo gasto nestas reflexões poderia ter sido aplicado em algo mais prático (“aquele manuscrito que eu quase acabei tantas vezes...”). Mas seriam essas reflexões realmente desnecessárias ou improdutivas?

Reflexões improdutivas?

Os principais cursos de pós-graduação do país fervilham com discussões acaloradas e de alto nível sobre os mais diversos tópicos em Sistemática e ciências correlatas. Isso é ótimo, pois o hábito irritante que certos estudantes e pesquisadores possuem de discutir “sobre qualquer coisa” quase sempre reflete-se em uma maior profundidade de escopo de seus estudos. Claro que sempre existem exceções, mas o que talvez falte aos estudantes de pós-graduação e jovens doutores de um modo geral são a confiança em ideias próprias e a identificação de caminhos adequados para que essas ideias sejam processadas, amadurecidas, e eventualmente publicadas. Uma certa insegurança é comum e saudável na maioria dos casos. Afinal de contas, ela pode evitar que erros crassos sejam cometidos desnecessariamente. Faz parte do desenvolvimento pessoal lidar com isso. O que podemos fazer, em termos institucionais, é estimular o

desenvolvimento de mecanismos adequados para a discussão e divulgação de ideias. Ideias e contribuições interessantes não são publicadas apenas na *Cladistics* ou *Systematic Biology*. Hoje em dia, existe uma miríade de publicações especializadas nos mais diversos tópicos relacionados à filosofia da ciência e ensino, por exemplo, que podem ser utilizados como canais adequados para a disseminação de ideias. Claro que não deve-se estimular que “qualquer coisa” seja publicada, mas também não devemos agir de maneira que barreiras imaginárias sejam impostas à publicação de artigos que podem contribuir para o desenvolvimento da Sistemática.

Uma possibilidade que pode ser explorada no âmbito da própria SBI é estimular a utilização do Boletim como um fórum para a discussão de teoria em Sistemática, Biogeografia e assuntos afins. Uma seção curta, aberta aos diferentes pontos de vista, seria adequada para isso. Aumentar o número de simpósios, mesas redondas e oficinas focalizados em temas mais abrangentes de Sistemática, dentro e fora dos encontros da SBI, também poderia contribuir para ampliar o escopo dos assuntos tipicamente desenvolvidos na Sistemática ictiológica brasileira. Um dos exemplos mais marcantes de atividades deste tipo foi o “*International Symposium on Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*” (Fig. 7), realizado em 1997, em Porto Alegre, RS. Encontros que extrapolem a comunidade ictiológica também poderiam ser planejados para um futuro próximo, talvez nos moldes da “*Reunión Argentina de Cladística y Biogeografía*”, que atualmente encontra-se em sua IX edição (www.racb2010.com.ar). O XVII Encontro da *Willi Hennig Society* foi realizado com sucesso no Brasil em 1998, o que mostra que desde aquela época há uma vontade de que eventos integradores deste tipo sejam realizados no país.

Alguém pode dizer que a época das grandes discussões filosóficas em Sistemática terminou quando a Cladística se consolidou como o paradigma vigente, e que, portanto, não há muito com o que contribuir. Uma rápida olhada nos títulos dos artigos recentes da *Cladistics* ou da *Systematic Biology*, entre outras revistas especializadas, deixa claro que isso não é bem assim. Grosso modo, os temas das discussões em Sistemática podem ser divididos entre aqueles que são temporalmente pontuais e outros que são objeto de discussão em praticamente toda a história da Sistemática Moderna. Exemplos de discussões “eternas” são aquelas sobre homologia e codificação de caracteres, por exemplo. Entretanto, é provável que a grande questão a ser resolvida na Sistemática e nas Ciências Biológicas como um todo seja o problema da espécie.

O problema da espécie

Muitos sistematas tem uma atitude paradoxal, quase esquizofrênica, em relação ao problema da espécie. Ao mesmo tempo em que descrevem espécies, a questão do que é exatamente uma espécie é relegada ao segundo plano. Uma das justificativas para esse tipo de atitude é o “argumento prático”. Parte dele é expressado em diferentes versões, mas basicamente quer dizer “eu



Fig.7. Foto em grupo dos participantes do “*International Symposium on Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*”, realizado em Porto Alegre, RS, em 1997. Ainda tenho minha caneca.

sei o que é uma espécie quando os caracteres me mostram que isso é uma espécie”. Outra parte desse argumento é que a diversidade precisa ser reconhecida, independente do que seja de fato uma espécie. Portanto, “não adianta investir muito tempo nessa questão filosófica”. Esse argumento é razoável em um contexto de perda acentuada da biodiversidade, mas não é suficiente para eximir os sistematas da responsabilidade de definir adequadamente um dos conceitos fundamentais da biologia.

A literatura sobre o problema da espécie é tão vasta que é difícil até mesmo entender por onde começar. Um resumo claro e conciso dessa questão, completo até aquele momento, é apresentado por de Pinna (1999). Mais recentemente, Reydon (2005) contextualizou os diversos conceitos de espécie existentes e ofereceu uma nova abordagem ao problema. Ele concluiu que existem quatro conceitos agregados em “espécie” que são totalmente incompatíveis tanto em termos de ontologia quanto em suas aplicações nas Ciências Biológicas. Esse é um ataque à visão pluralística ou conciliadora do conceito de espécie proposta por alguns autores (e.g., de Queiroz, 1999, 2007; Wiens, 2007), que por vezes é tida como sendo a solução para o problema da espécie. De acordo com Reydon (2005), espécies podem ser entendidas como categorias de classes (*class-concepts*) ou como categorias de entidades naturais limitadas no espaço-tempo (*entity-concepts*), mas nunca como as duas ao mesmo tempo. “*Evolveron*” e “*phylon*” englobam conceitos de espécies como entidades naturais. *Evolverons* são populações ou “sistemas populacionais” que participam de maneira ativa e coesa no processo evolutivo. O termo *phylon*, por sua vez, se refere a uma categoria de entidades que é o produto passivo da evolução, ou um dos “segmentos” em uma árvore filogenética. “*Class-concepts*” incluem conceitos que entendem espécies como sendo classes de organismos (*organism-kind*), ou classes de *evolverons* (*evolveron-kind*). O primeiro destes termos é facilmente compreensível, pois remete a uma concepção “estática” e quase tipológica do que é uma

espécie. O segundo conceito envolve a percepção de espécies como agrupamentos funcionais de entidades que participam ativamente do processo evolutivo, mas que podem ter origens independentes. Portanto, *evolveron-kinds* podem ser grupos polifiléticos. Essa visão de espécie é provavelmente a mais estranha à maioria dos sistematas, mas é amplamente utilizada em áreas como a Microbiologia e Ecologia Evolutiva (Reydon, 2005).

Como Reydon (2005) deixou claro, “espécie” é um termo que se refere a fenômenos biológicos diferentes, e que são percebidos de maneiras completamente distintas pelas diversas áreas das ciências biológicas. Essa conclusão, por si só, não é nova, mas a categorização dos conceitos de espécie feita por Reydon (2005) é interessante e fortemente sintonizada com a realidade da prática biológica. Além disso, fica mais claro que as discussões sobre o que é uma espécie podem estar falhando pela incapacidade de aceitar que fenômenos incompatíveis não podem ser combinados em um único conceito coerente. Mesmo entre os sistematas não há um consenso sobre como as espécies devem ser compreendidas. Por fim, se chegarmos a um consenso sobre o que são espécies, ainda teremos de resolver a questão de como delimitá-las. Quais são as implicações práticas desse tipo de discussão? Independente da resposta, o mínimo que podemos fazer é reconhecer que ainda não sabemos com o que estamos lidando quando o assunto é espécie.

Sistemática Molecular: especialistas ou apenas operadores de máquinas?

A influência das técnicas moleculares no desenvolvimento da Sistemática é um dos principais temas de discussões da atualidade. Essa questão divide os sistematas, e grupos distintos digladiam-se de maneira quase visceral defendendo pontos de vista opostos. As tecnologias que permitem o acesso a um número expressivo de dados moleculares são relativamente novas, mas sua influência na *praxis* sistemática atual é poderosa. Além de extremamente

influyente, a “filosofia molecular” pode estar alterando de maneira significativa os rumos da Sistemática. É justamente nesse ponto que há muita controvérsia. Nenhum pesquisador, em sã consciência, nega que dados de sequências nucleotídicas, por exemplo, possuem o potencial de ser tão relevantes para a Sistemática quanto qualquer outro conjunto de características herdáveis, como as anatômicas e pelo menos parte do repertório comportamental (embora alguns apregoem que dados de sequências nucleotídicas são melhores que outros tipos de caracteres!). Além disso, novas técnicas que permitem o acesso a fontes de dados comparativos são muito bem vindas na Sistemática. A definição de um protocolo eficiente que permitiu que organismos diafanizados tivessem suas cartilagens e ossos corados de maneiras distintas (Taylor & Van Dyke, 1985) gerou uma pequena revolução em estudos de Sistemática, pois permitiu o acesso, ou o refinamento do acesso, a um conjunto expressivo de informações morfológicas relevantes. Em parte, é por isso que entendemos como relativamente natural o fato de novas técnicas serem “vendidas” como a solução de questões complexas em qualquer área da Ciência. O problema identificado por muitos é que a visão de que o DNA representa uma saída mágica para a resolução das grandes questões na Biologia foi levada a um extremo exagerado, para dizer o mínimo. Ou como disse Nelson & Ladiges (2009: 40), “*today the magic of paleontology is supplanted by the magic of DNA*”. A história mostra que obviamente não existem soluções mágicas para questões complexas.

Algumas consequências de estarmos vivendo na Era da Sistemática Molecular, onde a relevância da morfologia é muitas vezes tida como secundária, foram recentemente sumarizadas por de Carvalho *et al.* (2008) e Assis (2009). Entre elas estão: (1) uma diminuição da compreensão do papel e da relevância de coleções científicas; (2) uma discrepância acentuada em termos de financiamento a favor de programas que envolvam pesquisas em Biologia Molecular; (3) uma demanda maior e consequente “sucesso” de trabalhos que lidam com questões de estatística, modelos e filogenias moleculares em detrimento daqueles que tratam de aspectos taxonômicos e morfologia; (4) uma redução no número de estudos em taxonomia alfa e de levantamentos de fauna e flora, com a consequente diminuição do ritmo de compreensão e conservação da biodiversidade; (5) um estímulo injustificado à percepção de que avanços tecnológicos necessariamente implicam em progressos conceituais; e (6) uma primazia da velocidade e automação em detrimento da compreensão da Biologia comparada e evolução dos organismos.

Para o observador casual, essas afirmações podem parecer fortes demais. Outros podem argumentar que elas se aplicam à realidade atual das pesquisas em Sistemática apenas nos Estados Unidos. Mesmo que essas observações sejam verdadeiras, podemos estar vivendo um momento historicamente crucial de redefinição dos valores básicos da Sistemática como uma atividade humana. Além disso, é inevitável que o direcionamento que for dado às pesquisas em

Sistemática em países como os Estados Unidos acabará por influenciar os rumos das pesquisas no Brasil. Na verdade, já estamos sendo influenciados. É alarmante constatar que alguns manuscritos com descrições de espécies estão sendo recusados a partir do argumento de que apenas dados morfológicos foram utilizados na caracterização dessas espécies. Ou seja, na Era Molecular não sabemos o que é uma espécie, mas algumas pessoas “sabem” que dados morfológicos não são suficientes para caracterizá-las! Poucos negariam o absurdo dessa situação.

As frases que melhor sintetizam o ponto de vista negativo (realista?) da Era Molecular são encontradas nos títulos dos artigos de de Carvalho & Ebach (2009), “*Death of the specialist, rise of the machinist*” e Mooi & Gill (2010), “*Phylogenies without synapomorphies - a crisis in fish systematics*”. Ambos artigos fazem uma análise crítica das práticas em Sistemática no paradigma molecular. Além disso, oferecem sugestões para que a pesquisa em Sistemática retome o que uma parte substancial da comunidade científica identifica como sendo o caminho correto: “*It is only by paying more attention to organisms and, consequently, less attention to molecular problems...that molecular systematists will become specialists and not 'glorified' lab technicians.*” (de Carvalho & Ebach, 2009: 468).

É inegável que o advento das técnicas moleculares contribuiu significativamente para a resolução de pelo menos algumas questões-chave em Sistemática nas últimas décadas. Uma das descobertas mais espetaculares na Zoologia moderna foi a percepção de que as famílias Mirapinnidae, Megalomycetidae e Cetomimidae, de Stephanoberyciformes, são na verdade compostas por larvas, machos e fêmeas, respectivamente, do mesmo grupo de organismos (Johnson *et al.*, 2009). As evidências iniciais que levaram a essa descoberta foram oriundas da análise de dados moleculares. Em termos de relações entre grandes grupos de Teleostei, talvez o caso mais notório seja a proposição de que Clupeomorpha e Ostariophysi são grupos irmãos, formando Otocephala (Otomorpha). Essa hipótese foi originalmente formulada por Lê *et al.* (1993) a partir de sequências parciais de RNA ribossomal, e foi subsequentemente corroborada por outros conjuntos de dados moleculares e pela morfologia (e.g., Johnson & Patterson, 1996; Inoue *et al.*, 2001; Di Dario, 2005). Mais recentemente, estudos baseados em dados moleculares encontraram suporte para a inclusão de Alepocephaloidei em Otocephala (e.g., Lavoué *et al.*, 2008). Paralelamente, Di Dario (2005) e de Pinna & Di Dario (2010) apresentaram evidências morfológicas que também indicam uma proximidade filogenética entre Argentiniformes e Otocephala.

A impressão geral é que a morfologia e estudos moleculares estão se distanciando cada vez mais em termos conceituais, técnicos e práticos. Entretanto, os casos citados acima são exemplos de uma integração filosófica coerente e positiva entre a morfologia e dados moleculares, mostrando que ainda há uma esperança de conciliação entre estas duas “visões de mundo”. Talvez Wiley & Johnson (2010: 125) estejam corretos

quando disseram que “*molecular data are of increasing importance in unraveling the evolutionary relationships of teleost fishes....However, molecular work is still in its infancy.*”. Isso não significa que as críticas em relação às práticas moleculares na Sistemática devam ser desconsideradas. Muito pelo contrário. É fundamental que cada um reflita sobre essas questões e sobre sua participação individual nesse teatro. Afinal de contas, não estamos discutindo apenas o que é feito hoje. Estamos definindo o papel e o significado da Sistemática no futuro das Ciências Biológicas.

Agradecimentos

Agradeço a M. Britto (MNRJ), C. Moreira (UNIFESP), W. Wosiacki (MPEG), M. I. Landim e M. de Pinna (MZUSP) e diversos colegas do Fórum de Sistemática e Evolução do MZUSP pelas discussões intermináveis e muito proveitosas durante meu doutorado e pós-doutorado. Agradeço também ao convite de Marcelo R. Britto para participar deste número comemorativo do Boletim da SBI. Ana C. Petry, P. Gonçalves, M. Mincarone e M. Pereira (GSE-NUPEM/UFRJ) e C. Moreira fizeram críticas e comentários úteis no manuscrito. Obviamente, as opiniões apresentadas são minhas, com as exceções que foram indicadas. Gary Nelson gentilmente cedeu a foto usada na Figura 1, e Steve Farris respondeu minha mensagem perguntando sua data de nascimento. Jorge Llorente autorizou a tradução e publicação da Figura 2. Dedicado a memória de David L. Hull, falecido no dia 11/8/2010. Apoio financeiro: FINEP (3175/06) e FAPERJ (E-26/110.605/2009).

Literatura citada

- Amorim, D. S. 2002. Fundamentos de Sistemática Filogenética. Editora Holos, Ribeirão Preto.
- Assis, L. C. S. 2009. Coherence, correspondence, and the renaissance of morphology in phylogenetic systematics. Cladistics 25: 528-544.
- Bonde, N. 1999. Colin Patterson (1933-1998): a major vertebrate palaeontologist of this century. Geologie en Mijnbouw 78: 255-260.
- Buckup, P. A. 1991. Cladogram characters: predictions, not observations. Cladistics 7:191-195.
- Buckup, P. A. 1993. Phylogenetic interrelationships and reductive evolution in Neotropical characidiin fishes (Characiformes, Ostariophysi). Cladistics 9: 305-341.
- Camin, J. H. & R. R. Sokal. 1965. A method for deducing branching sequences in phylogeny. Evolution 19: 311-326.
- de Carvalho, M. R., F. A. Bockmann, D. S. Amorim, C. R. F. Brandão, M. de Vivo, J. L. Figueiredo, H. A. Britski, M. C. C. de Pinna, N. A. Menezes, F. P. L. Marques, N. Papavero, E. M. Canello, J. V. Crisci, J. D. McEachran, R. C. Schelly, J. G. Lundberg, A. C. Gill, R. Britz, Q. D. Wheeler, M. L. J. Stiassny, L. R. Parenti, L. M. Page, W. C. Wheeler, J. Faivovich, R. P. Vari, L. Grande, C. J. Humphries, R. DeSalle, M. Ebach & G. Nelson. 2007. Taxonomic impediment or impediment to taxonomy? A commentary on systematics and the cybertaxonomic-automation paradigm. Evolutionary Biology 34: 140-143.
- de Carvalho, M. R., F. A. Bockman, D. S. Amorim & C. R. F. Brandão. 2008. Systematics must embrace comparative biology and evolution, not speed and automation. Evolutionary Biology 35: 83-91.
- de Carvalho, M. R. & M. C. Ebach. 2009. Death of the specialist, rise of the machinist. History and Philosophy of the Life Sciences 31: 467-470.
- Di Dario, F. 2005. Relações filogenéticas entre os grandes grupos de Clupeomorpha e suas possíveis relações com Ostariophysi (Actinopterygii, Teleostei). Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Ebach, M. C. & M. R. de Carvalho. 2010. Anti-intellectualism in the DNA Barcoding enterprise. Zoologia 27: 165-178.
- Farris, J. S. 1968. The evolutionary relationships between the species of the killifish genera Fundulus and Profundulus (Teleostei: Cyprinodontidae). PhD Dissertation, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.
- Farris, J. S. 1969. A successive weighting approximations approach to character analysis. Systematic Zoology 18: 374-385.
- Farris, J. S. 1989. The retention index and rescaled consistency index. Cladistics 5: 417-419.
- Goloboff, P., J. S. Farris, M. Källersjö, B. Oxelman, M. Ramírez & C. Szumik. 2003. Improvements to resampling measures of group support. Cladistics 19: 324-332.
- Greenwood, P. H., D. E. Rosen, S. H. Weitzman & G. S. Myers. 1966. Phyletic studies of teleostean fishes, with a provisional classification of living forms. Bulletin of the American Museum of Natural History 131: 339-456.
- Hennig, W. 1965. Phylogenetic systematics. Annual Review of Entomology 10: 97-116.
- Hennig, W. 1966. Phylogenetic Systematics. University of Illinois Press, Urbana.
- Hull, D. L. 1988. Science as a process: an evolutionary account of the social and conceptual development of science. The University of Chicago Press, Chicago.
- Humphries, C. J. & L. R. Parenti. 1984. Cladistic biogeography. Clarendon Press, Oxford.
- Inoue, J. G., M. Myia, K. Tsukamoto & M. Nishida. 2001. A mitogenomic perspective on the basal teleostean phylogeny: resolving higher-level relationships with longer DNA sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution 20: 275-285.
- Johnson, G. D. & C. Patterson. 1996. Relationships of lower euteleostean fishes. Pp. 251-330. *In*: Stiassny, M. L. J., L. R. Parenti & G. D. Johnson (Eds), Interrelationships of Fishes. Academic Press, San Diego.
- Johnson, G. D., J. R. Paxton, T. T. Sutton, T. P. Satoh, T. Sado, M. Nishida & M. Miya. 2009. Deep-sea mystery solved: astonishing larval transformations and extreme sexual dimorphism unite three fish families. Biology Letters 5: 235-239.
- Källersjö, M., V. A. Albert & J. S. Farris. 1999. Homoplasy increases phylogenetic structure. Cladistics 15: 91-93.

- Kluge, A. G. & J. S. Farris. 1969. Quantitative phyletics and the evolution of anurans. Systematic Zoology 18: 1-32.
- Lavoué, S., M. Myia, J. Y. Poulsen, P. R. Møller & M. Nishida. 2008. Monophyly, phylogenetic position and inter-familial relationships of the Alepocephaliformes (Teleostei) based on whole mitogenome sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution 47: 1111-1121.
- Lê, H. L. V., G. Lecointre & R. Perasso. 1993. A 28S rRNA-based phylogeny of the gnathostomes: first steps in the analysis of conflict and congruence with morphologically based cladograms. Molecular Phylogenetics and Evolution 2: 31-51.
- Menezes, N. A. 1976. On the Cynopotaminae, a new subfamily of Characidae (Osteichthyes, Ostariophysi, Characoidei). Arquivos de Zoologia, São Paulo 28: 1-91.
- Mooi, R. D. & A. C. Gill. 2010. Phylogenies without synapomorphies - a crisis in fish systematics: time to show some character. Zootaxa 2450: 26-40.
- Nelson, G. 1972. Comments on Hennig's "Phylogenetic Systematics" and its influence on ichthyology. Systematic Zoology 21: 364-374.
- Nelson, G. 1998. Obituary: Colin Patterson (1933-98). Nature 394: 626.
- Nelson, G. 2000. Ancient perspectives and influence in the theoretical systematics of a bold fisherman. In: Colin Patterson (1933-1998): a celebration of his life. The Linnean Society of London, Special Issue No 2: 9-23.
- Nelson, G. 2009. Cladistics: search for the sister group. Pp. 80-82. In: Milner, R. (Org.). Darwin's Universe: Evolution from A to Z. University of California Press, California.
- Nelson, G. & N. I. Platnick. 1981. Systematics and biogeography: cladistics and vicariance. Columbia University Press, New York.
- Nelson, G. & P. Y. Ladiges. 2009. Biogeography and the molecular dating game: a futile revival of phenetics? Bulletin de la Société Géologique de France 180: 39-43.
- de Pinna, M. C. C. 1991. Concepts and tests of homology in the cladistic paradigm. Cladistics 7: 367-394.
- de Pinna, M. C. C. 1996. Comparative biology and systematics: some controversies in retrospective. Journal of Comparative Biology 1: 3-16.
- de Pinna, M. C. C. 1999. Species concepts and phylogenetics. Reviews in Fish Biology and Fisheries 9: 353-373.
- de Pinna, M. C. C. & L. O. Salles. 1990. Cladistic tests of adaptational hypotheses: a reply to Coddington. Cladistics 6: 373-377.
- de Pinna, M. C. C. & F. Di Dario. 2010. The branchial arches of the primitive clupeomorph fish, *Denticeps clupeoides*, and their phylogenetic implication (Clupeiformes, Denticipitidae). Pp. 251-268. In: Nelson, J. S., H., -P. Schultze & M. V. H. Wilson (Org.). Origin and Phylogenetic Interrelationships of Teleosts - Honoring Gloria Arratia. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- de Queiroz, K. 1999. The general lineage concept of species and the defining properties of the species category. Pp. 49-89. In: Wilson, R. A. (Ed.). Species: New Interdisciplinary Essays. Cambridge, Massachusetts.
- de Queiroz, K. 2007. Species concepts and species delimitation. Systematic Biology 56: 879-886.
- Reydon, T. A. C. 2005. On the nature of the species problem and the four meanings of 'species'. Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences 36: 135-158.
- Ribeiro, A. C. 2006. Tectonic history and the biogeography of the freshwater fishes from the coastal drainages of eastern Brazil: an example of faunal evolution associated with a divergent continental margin. Neotropical Ichthyology 4: 225-246.
- Taylor, W. R. & G. Van Dyke. 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. Cybio 9: 107-119.
- Wiens, J. J. 2007. Species delimitation: new approaches for discovering diversity. Systematic Biology 56: 875-878.
- Wiley, E. O. 1981. Phylogenetics: the theory and practice of phylogenetic systematics. John Wiley & Sons, New York.
- Wiley, E. O. & G. D. Johnson. 2010. A teleost classification based on monophyletic groups. Pp. 123-182. In: Nelson, J. S., H., -P. Schultze & M. V. H. Wilson (Org.). Origin and Phylogenetic Interrelationships of Teleosts - Honoring Gloria Arratia. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- Williams, D. M. & M. C. Ebach. 2008. Foundations of systematics and biogeography. Springer Science+Business Media, LLC, New York.

(FDD) didario@nupem.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Sócioambiental (NUPEM), Macaé, RJ. ■

Marcadores genéticos

Claudio Oliveira

Um marcador genético é, por definição, uma sequência de DNA associada a um fenótipo, que pode ser identificada em um ensaio bioquímico. De maneira mais generalista, podemos também considerar como marcadores genéticos todas as características que são herdadas, ainda que não possamos associá-las diretamente a nenhuma sequência de DNA. Nessa definição mais ampla, podemos incluir muito mais marcadores, como os marcadores cromossômicos, morfológicos, fisiológicos, comportamentais, etc.

Os marcadores genéticos podem, e têm sido utilizados de forma quase ilimitada, com vistas à abordagem de questões que vão da distinção e histórico de desenvolvimento de linhagens até a identificação de fenótipos desejáveis ou não. Desta maneira, as análises comparativas que podem ser realizadas com marcadores genéticos abrangem todos os níveis biológicos, permitindo comparações entre células, tecidos, indivíduos, amostras (subpopulações), populações, espécies, gêneros, famílias, ordens, classes, filos e reinos. Para uma revisão geral consultar o texto de Avise (1994).

Um bom marcador genético tem que ser facilmente identificado e preferencialmente tem que estar associado a um *locus* específico. É importante também que o marcador seja polimórfico (em alguns casos, é mesmo desejável que seja muito polimórfico) uma vez que os monomórficos geram usualmente muito pouca informação que possa ser trabalhada.

Marcadores cromossômicos

Os marcadores cromossômicos constituem uma interface entre os marcadores moleculares clássicos e os marcadores morfológicos. Uma vez que os cromossomos são compostos por longas moléculas de DNA e apresentam herança Mendeliana seu uso é útil em diversos estudos comparados.

Podem-se utilizar os cromossomos tendo em vista apenas as informações contidas no cariótipo, que é, por definição, a informação a respeito do número, forma e tamanho dos cromossomos de um indivíduo. Essas informações simples podem discriminar espécies com relativa facilidade. Um exemplo ilustrativo é apresentado em Oliveira *et al.* (1993) onde amostras identificadas inicialmente como *Corydoras barbatus* apresentaram $2n=64$ e $2n=66$ cromossomos (Fig. 1). Estudos taxonômicos e sistemáticos recentes mostraram que essas duas formas correspondem a duas espécies hoje identificadas como *Scleromystax barbatus* ($2n=64$) e *S. kronei* ($2n=66$) (Britto, 2003; Fueller & Evers, 2005). Um outro exemplo bastante contundente é o descrito em cervos do gênero *Muntiacus*, que possuem fenótipos muito similares, com espécies como *M. reevesi* que apresenta $2n=46$ e *M. muntjak* que apresenta $2n=6$ (fêmeas) e $2n=7$ (machos) e evoluíram rapidamente (Wang & Lan, 2000).

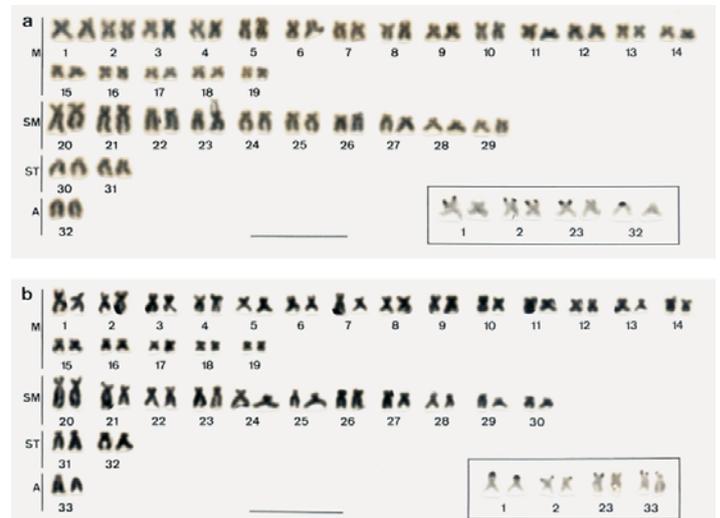


Fig. 1. Cariótipos de (a) *Scleromystax barbatus*, e (b) *S. kronei*. Os cromossomos em destaque são os portadores de Regiões Organizadoras de Nucléolo. Barra = 10 μ m.

Além dos dados obtidos com as técnicas citogenéticas usuais, atualmente, com o desenvolvimento de técnicas de identificação de segmentos de DNA por hibridação *in situ* utilizando corantes fluorescentes (FISH), o estudo citogenético vem ganhando mais importância, uma vez que seu poder de discriminação foi consideravelmente ampliado. Com essa técnica, hoje é possível identificar genes específicos nos cromossomos e nos núcleos interfásicos, permitindo até o estudo de eventos de duplicação ou deleção de genes em diferentes células de um indivíduo, o que tem sido de grande aplicabilidade no estudo do desenvolvimento de células cancerosas.

Marcadores genéticos

Para efeito de uma classificação geral, os marcadores genéticos podem ser divididos em dominantes e não-dominantes.

Nos marcadores dominantes, somente um alelo (dominante) é identificado. Dessa maneira, nos resultados obtidos não se diferenciam os genótipos AA e Aa, por exemplo. Entre as técnicas que geram marcadores dominantes, temos a análise de proteínas totais, a análise de restrição (RFLP), a técnica de AFLP, a técnica clássica de identificação individual por DNA (*DNA fingerprint*), e as técnicas de RAPD, SPAR e ISSR.

Nessas técnicas, a estimativa da frequência dos alelos é feita, geralmente, assumindo que a amostra está em equilíbrio de Hardy-Weinberg e calculando-se a proporção de homozigotos recessivos ($q=f(aa)/2$). Os dados são codificados em matrizes onde usualmente se assinala com o número "1" a presença de uma banda e como o número "0" sua ausência. Um exemplo de marcador dominante é apresentado na Figura 2.

Nos marcadores não-dominantes todos os alelos são identificados. Dessa maneira, nos resultados obtidos se

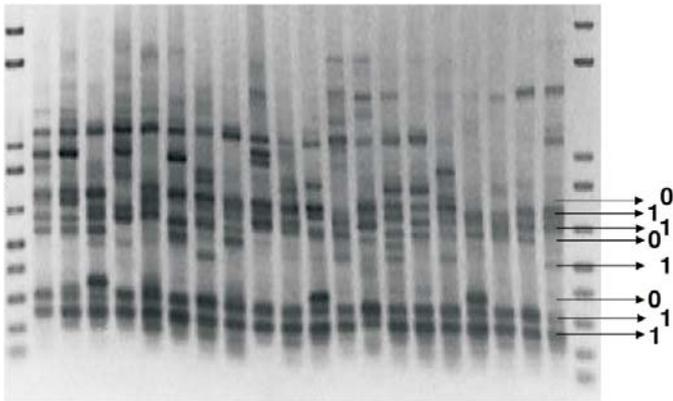


Fig. 2. Gel de agarose mostrando o resultado parcial de uma análise de RAPD em uma amostra de lambaris do rio Paranapanema.

diferenciam os genótipos AA, Aa e aa, por exemplo. Em relação aos marcadores dominantes, esses marcadores permitem uma melhor análise das frequências gênicas nas amostras, permitindo inclusive a avaliação da ocorrência ou não de equilíbrio de Hardy-Weinberg. Entre as técnicas que geram marcadores não-dominantes temos a análise de isozimas e de microsatélites. Os dados são codificados em matrizes onde cada alelo é identificado por um código (alfanumérico), como mostra o exemplo da Fig. 3.

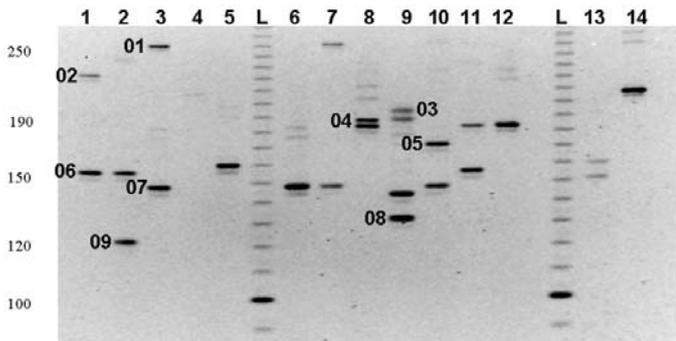


Fig. 3. Gel de poliacrilamida mostrando o resultado de uma análise de microsatélites de uma amostra de curimatás do rio Paranapanema.

Isozimas

Entre os marcadores co-dominantes mais extensivamente estudados estão as isozimas. As isozimas, também conhecidas como isoenzimas, são enzimas que diferem na sequência de aminoácidos, mas catalisam a mesma reação química. As isozimas foram descritas pela primeira vez por Hunter & Markert (1957), que as definiram como variantes diferentes da mesma enzima, tendo função idêntica e estando presente no mesmo indivíduo. Essas enzimas usualmente apresentam diferentes parâmetros cinéticos ou diferentes propriedades regulatórias. Em muitos casos, elas são codificadas por genes homólogos que divergiram com o tempo.

Muitas isozimas são monômeros (codificadas por um único *locus*) e assim cada indivíduo pode apresentar no máximo dois alelos. Por outro lado, existem isozimas formadas por dímeros, tetrâmeros, etc. Nesse caso, cada indivíduo pode apresentar, respectivamente, até quatro, oito ou mais alelos.

As isozimas são distinguidas por ensaios bioquímicos e os diferentes alelos são identificados em géis de amido-de-milho ou agarose. Para a identificação de isozimas é feita uma extração total das proteínas de um tecido em um tampão de extração. Nesse ponto é fundamental notar que as isozimas devem ter todas suas propriedades funcionais, o que só é possível realizando a extração das proteínas de tecidos recém coletados de organismos vivos ou de material preservado em nitrogênio líquido (-170°C). A seguir, os componentes do extrato obtido são separados, de acordo com seu peso molecular e carga elétrica, através de uma eletroforese em gel. Como todas as proteínas estão no gel, uma isozima particular só pode ser identificada através de um ensaio no qual sua função é associada a uma reação de coloração. Um exemplo de um gel obtido na análise de uma isozima (GPI) é apresentado na Fig. 4.



Fig. 4. Gel de amido mostrando diferentes alelos encontrados na enzima GPI.

As isozimas foram o principal marcador genético utilizado em estudos populacionais durante até a década de 1980. Depois disso, surgiram os marcadores de DNA que acabaram substituindo os estudos com isozimas. Entre as vantagens no estudo das isozimas estão: o baixo custo, a simplicidade de realização e a existência de um grande número de sistemas disponíveis (Pasteur *et al.* 1987). As desvantagens estão associadas ao seu baixo polimorfismo e, principalmente, a necessidade de tecidos preservados em condições muito restritas para as análises.

Análise de proteínas totais

As proteínas totais podem ser analisadas através de um gel em um sistema convencional de eletroforese ou, alternativamente, podem ser fracionadas através da técnica denominada de isoeletrofocalização. Esta última é uma técnica de eletroforese onde a separação das proteínas é feita em um gradiente de pH estabelecido entre os dois eletrodos (Bjellqvist *et al.*, 1982). A estabilidade do pH entre os eletrodos é produzida pela inclusão de uma mistura de carregadores de baixo peso molecular. Esses carregadores são sintéticos e formados por ácidos poliaminopolicarboxílicos cujo potencial isoeletrico individual cobre uma variação de pH selecionada. Assim, por exemplo, pode-se trabalhar com uma mistura com gradiente de pH entre 3 e 10 ou também

em faixas estreitas como entre 7 e 8. Essa variação de pH produz uma separação bastante precisa das proteínas totais, muito melhor do que as técnicas convencionais antes utilizadas.

A separação das subunidades individuais de cada proteína é usualmente realizada com o auxílio do detergente iônico SDS (*sodium dodecyl sulphate*) e essas unidades são separadas em géis de poliácridamida (*polyacrylamide gel electrophoresis* ou PAGE). A técnica SDS-PAGE permite uma rápida análise da composição de misturas de proteínas e assim é extremamente útil para as análises comparadas e para monitorar a pureza de amostras de proteína durante processos de purificação.

As técnicas de análise de proteínas totais geram um grande número de bandas em géis (Fig. 5), que podem ser analisadas como marcadores dominantes. As comparações podem ser feitas em diversos níveis, porém usualmente essa técnica tem sido empregada na identificação de linhagens e de híbridos. Um exemplo da aplicação da técnica de isoeletrofocalização na identificação de híbridos é apresentado por Daniel & Kahle (1982). Nesse trabalho os autores fracionaram proteínas de duas espécies parentais e de um híbrido e puderam seguramente identificar esse híbrido.

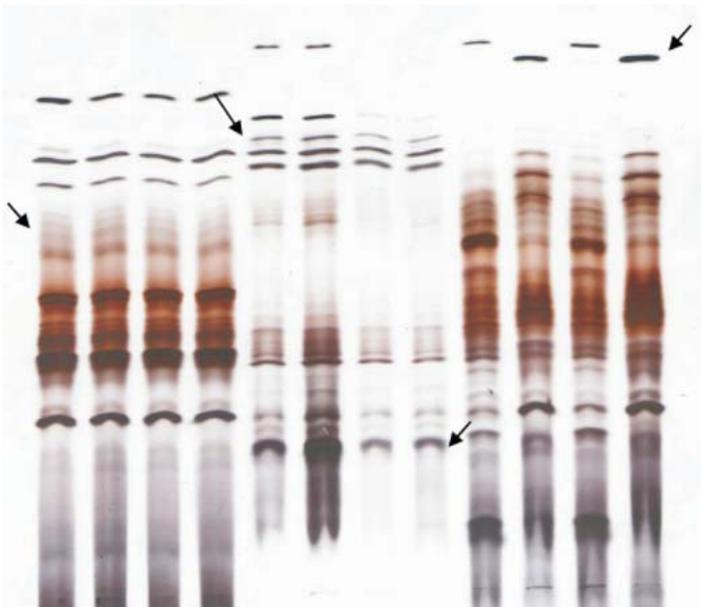


Fig. 5. Gel de isoeletrofocalização para identificação de híbridos de pacu e tambaqui.

Análise de restrição

A técnica de análise de restrição, também chamada de RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*) gera marcadores dominantes. Nessa técnica, o DNA total (genômico ou mitocondrial) é cortado com enzimas de restrição e fracionado em géis. As bandas são observadas após coloração convencional com brometo de etídio ou outro agente similar ou o DNA pode ser analisado com o uso da técnica de *Southern blot* para identificação de sequências específicas do DNA.

Considerando que as enzimas de restrição são específicas para determinadas sequências de DNA, mutações que modificam as sequências de DNA levam à perda ou ganho de sítios de clivagem, criando diferenças entre indivíduos ou linhagens. A digestão do DNA com

enzimas de restrição leva a produção de fragmentos de diferentes tamanhos que podem ser separados em géis de agarose (0,6 a 2,0%), que separam bem fragmentos entre 300 e 20000 pares de bases, ou de poliácridamida (3,5 a 20%), que separam bem fragmentos entre 10 e 1000 pares de bases.

Essa técnica pode ser executada com DNA altamente purificado, isolado de fontes particulares (como as mitocôndrias), fragmentado, separado em gel e analisado após coloração com brometo de etídio ou nitrato de prata. Uma outra maneira de executar a técnica é iniciar com DNA não-purificado (total). Esse DNA é cortado com uma ou mais enzimas de restrição e fracionado em gel. Para identificação de uma sequência de interesse, o DNA fracionado é transferido para uma membrana de *nylon* (ou similar) e hibridado com DNA contendo a região de interesse (por exemplo, o DNA mitocondrial) marcado de alguma maneira (com biotina, por exemplo). Após a hibridação, os sítios de ligação podem ser visualizados em filmes de raio-X (Avisé, 1994).

A técnica de RFLP com DNA mitocondrial foi utilizada para caracterizar cinco espécies de peixes do gênero *Astyanax* (Moysés & Almeida-Toledo, 2002). Os resultados mostraram que duas entre dez enzimas testadas apresentaram padrões de restrição espécie-específicos para todas as espécies. Além disso, foi identificada a ocorrência de amplo polimorfismo entre e dentro das populações analisadas permitindo o estudo detalhado das relações entre populações de algumas espécies (Moysés & Almeida-Toledo, 2002). Um exemplo do uso da técnica de RFLP no estudo populacional foi publicado por Hilsdorf *et al.* (2002). Nesse estudo, a técnica de RFLP utilizando DNA mitocondrial foi empregada para estudar a estrutura genética de populações naturais e cultivadas de *Brycon opalinus* da bacia do rio Paraíba do Sul (Hilsdorf *et al.*, 2002). Os resultados obtidos com o emprego de 24 enzimas de restrição permitiram a identificação de 27 haplótipos. A diversidade nucleotídica observada foi baixa (0,825%). A análise de variância molecular (AMOVA) mostrou que a maior variância estava presente dentro das populações (70,84%) enquanto 28,16% do total da diversidade era devido à variância interpopulacional, sugerindo a existência de diferenciação genética entre as populações de *B. opalinus*, o que representa uma importante informação para a conservação genética da espécie.

Uma maneira mais simples de aplicar a técnica de RFLP é combiná-la com a técnica de PCR. Assim, segmentos de DNA conhecidos são amplificados via PCR e depois fragmentados com o auxílio de enzimas de restrição. Essa técnica, PCR-RFLP, foi, por exemplo, aplicada em um estudo realizado em espécies de plantas do gênero *Abies* (Pinaceae) (Parducci & Szmidi, 1999). Segmentos DNA de cloroplasto, pertencentes às regiões codificadoras e não-codificadoras, foram amplificados com o uso de dez pares de *primers* e depois digeridos com diferentes combinações de enzimas de restrição. O resultado obtido mostrou a existência de um considerável polimorfismo, permitindo a identificação de marcadores diagnósticos para quatro entre as dez espécies analisadas. Além disso, foi verificada a existência de uma

variação genética intra-específica não esperada em quatro das espécies analisadas (Parducci & Szmidi, 1999).

A identificação de mutações em um único nucleotídeo, técnica conhecida como SNP (*single nucleotide polymorphism*, pronuncia-se “snip”), tem se mostrado muito importante nos estudos comparados de populações ou amostras. Dentro de uma população os SNPs podem ser caracterizados como um alelo de frequência pequena, ou seja, a presença desse alelo carregando uma mutação em um base é usualmente $\geq 1\%$ (ou 0,5% etc.). Um dado interessante é que os SNPs correspondem a cerca de 90% da variação genética em humanos, com a ocorrência, em média, de uma mutação a cada 100 a 300 pares de bases.

Um método bastante conveniente para identificar os SNPs é justamente a técnica de RFLP (SNP-RFLP). Se um alelo contém um sítio de reconhecimento para uma enzima de restrição que não está presente no outro, a digestão do DNA com essa enzima de restrição resulta em fragmentos de tamanhos diferentes. Outras técnicas de detecção têm sido desenvolvidas (Landegren *et al.*, 1998; Buetow *et al.*, 2001; Gibbs, 2005) e hoje, para humanos, se utiliza a técnica conhecida como *Microarray* para testar de uma só vez a presença de milhares de SNPs no genoma de um indivíduo.

DNA fingerprint

A técnica de *DNA fingerprint* ou identificação individual através do DNA foi proposta inicialmente por Jeffreys *et al.* (1985), e estava baseada na identificação de sequências de DNA identificadas como minissatélites. Os minissatélites são sequências de DNA moderadamente repetitivas, de 10 a 100 pares de bases de comprimento (usualmente ao redor de 30 pares de bases), arranjadas em cadeias de até 25 mil pares de bases (kb).

Na forma inicial de aplicação da técnica de *DNA fingerprint*, o DNA genômico dos indivíduos era extraído, digerido com enzimas de restrição (como na técnica de RFLP), fracionado em géis de agarose e transferido para membranas de *nylon*. O DNA dessas membranas era então hibridado com sequências de minissatélites isoladas previamente. As sequências mais empregadas são as sequências identificadas como 33.6 e 33.15, isoladas por Jeffreys *et al.* (1985) de humanos, mas utilizadas com resultados satisfatórios em estudos com vários outros grupos animais. O resultado obtido mostra um número bastante grande de bandas que são interpretadas como alelos dominantes.

Estudos conduzidos nas espécies de preguiças *Bradypus torquatus* (uma população) e *B. variegatus* (duas populações) mostraram que os índices de similaridade genética variaram de $0,34 \pm 0,07$ a $0,87 \pm 0,04$. Esses valores são considerados baixos e, até então, só haviam sido verificados em populações de mamíferos isolados ou grupos de indivíduos aparentados (Moraes *et al.*, 2002). Segundo os autores, ainda que esses valores possam ser características das populações ou espécies estudadas eles também podem ser indicativos da ocorrência de redução drástica no tamanho das populações originais e efeitos de fundadores.

Um empecilho para a ampla aplicação dessa técnica é que, assim como a técnica de RFLP, usualmente são necessárias grandes quantidades de DNA total (por volta de 5 μg), o que muitas vezes é difícil de se obter. Além disso, a padronização das etapas de digestão enzimática e hibridação são também pontos críticos na aplicação da técnica. Por outro lado, como são analisados um grande número de *locus*, a informação genética que pode ser extraída dos géis é bem maior que a obtida com outros marcadores genéticos.

Hoje, para contornar principalmente o problema da quantidade de DNA requerida, os estudos de *DNA fingerprint* são realizados com sequências de microssatélites, técnica que será descrita logo adiante.

Microssatélites

Os microssatélites, também conhecidos na literatura como SSR (*Simple Sequence Repeats*) ou STR (*Short Tandem Repeat*), são sequências muito curtas de DNA, usualmente entre 2 e 9 pares de bases (ou entre 1 e 10 pares de bases), repetidas diversas vezes em uma determinada posição no cromossomo (*locus*) e dispersas pelo genoma nuclear de procaríotos e eucaríotos (Tautz & Renz, 1984; Litt & Luty, 1989; Tautz, 1989). Os microssatélites têm sido considerados marcadores adequados em estudos de variabilidade genética por apresentarem altas taxas de mutação (e assim apresentarem um número grande de alelos nas populações), por serem abundantes, por serem marcadores co-dominantes, por serem seletivamente neutros e por poderem ser analisados via PCR (*Polimerase Chain Reaction*), onde quantidades pequenas de DNA são necessárias (Wright & Bentzen, 1995).

Apesar de serem considerados como marcadores neutros, estudos recentes têm postulado algumas funções para essas sequências repetitivas, que poderiam estar envolvidas na organização da cromatina, na regulação de processos metabólicos do DNA ou ainda poderiam influenciar a regulação da atividade gênica (Goldstein & Schlotterer, 1999; Li *et al.*, 2002). Alguns microssatélites também estão associados a doenças genéticas, como a síndrome do X-frágil e a distrofia miotônica (Sutherland & Richards, 1995).

Apesar da evidente vantagem que a análise de microssatélites exhibe sobre outras técnicas, ela ainda tem seu uso limitado devido à ausência de estudos básicos que procurem identificar sequências polimórficas flanqueadas por sequências únicas (O'Reilly & Wright, 1995; Wright & Bentzen, 1995). Deve-se lembrar que diferente de técnicas como o RAPD que utiliza *primers* inespecíficos, a técnica de microssatélites requer o desenvolvimento de *primers* que são normalmente de uso restrito a uma espécie, gênero ou família (O'Reilly & Wright, 1995; Wright & Bentzen, 1995).

Apesar de algumas limitações metodológicas, os marcadores microssatélites vêm sendo empregados com sucesso em uma ampla gama de estudos, incluindo: estrutura genética de populações e padrões de fluxo gênico (Zardoya *et al.*, 2004), análise de parentesco (Kellogg *et al.*, 1995), mapeamento genômico e identificação de QTL (*Quantitative Trait Loci*) (Lee & Kocher, 1996), estudos forenses e de conservação

(Bruford & Wayne, 1993; Goossens *et al.*, 2005). Além disso, os microssatélites têm revelado polimorfismo em muitas espécies que apresentaram pouca ou nenhuma variação com outros marcadores (Taylor *et al.*, 1994).

RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA)

A técnica de RAPD, descrita por Williams *et al.* (1990) e por Welsh & McClelland (1990), representa uma metodologia eficiente e econômica na qual o uso de pequenas quantidades de DNA permite acessar diversas regiões anônimas do genoma (Hadrys *et al.*, 1992). Essa técnica é baseada no uso da reação de PCR, que é realizada utilizando *primers* curtos (geralmente de 10 pares de bases), que amplificam segmentos aleatórios de DNA. Outra diferença importante é que utiliza apenas um *primer* ao invés de dois, usualmente utilizados nas reações de PCR. Esse é um marcador genético dominante e cada banda visualizada nos géis é interpretada como representante de um *locus*.

Essa técnica tem sido utilizada com grande sucesso no estudo de muitos grupos. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Liu *et al.* (1999) com *Ictalurus punctatus* (bagre americano de canal) em que os autores testaram a utilização de 100 sondas e encontraram que 42 delas produziam padrões altamente polimórficos de DNA, 33 produziram padrões pouco polimórficos de DNA e 25 produziram padrões insatisfatórios de DNA. Entre as 75 sondas com melhor resultados, estas geraram 462 bandas polimórficas, representando uma média de 6,1 bandas por sonda (Liu *et al.*, 1999).

Alternativamente, Gupta *et al.* (1994) propuseram uma técnica similar à de RAPD, com o diferencial que os *primers* utilizados são sequências curtas repetidas (como os microssatélites). Essa técnica tem sido denominada SPAR (*Single Primer Amplification Reaction*) ou ISSR (*Inter-simple Sequence Repeat*). Opcionalmente, uma sequência ancoradora 5' ou 3' formada por 1 a 3 nucleotídeos pode ser adicionada à sequência do *primer*, o que reduz a formação de artefatos causados por *strand-slippage* (Zietkiewicz *et al.*, 1994).

Tanto a técnica de RAPD como a técnica de SPAR apresentam diversas vantagens, como a necessidade de pouco DNA, poucos reagentes, uso de equipamentos relativamente simples, hipervariabilidade de padrões de bandas, facilidade de análise das bandas e quantidade ilimitada de possíveis *primers* para se trabalhar. Por outro lado, essas técnicas têm como limitações a necessidade de um DNA bastante limpo, de concentrações de DNA similares entre as amostras, necessidade de otimizações das reações iniciais e o fato das bandas serem interpretadas como marcadores dominantes. Deve-se ressaltar que a dificuldade na padronização da técnica torna quase impossível a comparação de dados obtidos em laboratórios diferentes e, às vezes, mesmo por diferentes pesquisadores de um mesmo laboratório.

AFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism)

A técnica de AFLP ou AFLP-PCR foi originalmente descrita por Zabeau & Vos (1993), e é protegida por direito de patente. Uma revisão geral é apresentada por Mueller & Wolfenbarger (1999). Várias empresas

comercializam *kits* com todos os reagentes necessários ao desenvolvimento do processo.

Na técnica de AFLP, o DNA genômico é isolado e digerido com duas enzimas de restrição simultaneamente. As enzimas utilizadas são usualmente EcoRI (sítio de reconhecimento com 6 bases) e MseI (sítio de reconhecimento com 4 bases). O uso dessas duas enzimas gera fragmentos de tamanho pequeno (menos de 1 kb). Após a denaturação das enzimas de restrição por aquecimento, os fragmentos de DNA são ligados a adaptadores constituídos por sequências que servirão de sítios de ligação de *primers* específicos. Assim, pode-se aumentar a quantidade de sequências alvo sem necessidade de conhecimento prévio do genoma. A seguir, duas reações de PCR são realizadas. Na primeira, chamada de pré-amplificação, o DNA genômico é amplificado com um *primer* MseI contendo um nucleotídeo adicional (N+1) e um *primer* EcoRI sem nenhum nucleotídeo adicional (N+0). O produto desse PCR é diluído e serve como molde para uma amplificação seletiva utilizando *primers* MseI contendo três nucleotídeos adicionais (N+3) e um *primer* EcoRI com dois nucleotídeos adicionais (N+2). Um desses *primers* pode ser marcado com compostos fluorescentes ou radioativos. Após o segundo PCR, o produto obtido é separado em géis de poliacrilamida ou em sistemas de leitura automatizados (sequenciadores de DNA). O uso desses dois passos de amplificação usualmente resulta em padrões de bandas mais claros e reproduzíveis. Várias alterações podem ser introduzidas nesses passos, incluindo o uso de outras enzimas e outras combinações de adaptadores. São produzidas muitas bandas em cada gel, que são interpretadas como *locus* independentes e dominantes.

Essa técnica tem sido utilizada extensivamente no estudo de plantas. Assim, por exemplo, no trabalho de Lenachan *et al.* (2000), a técnica de AFLP foi utilizada para triagem de vários táxons de diversos gêneros de plantas. Os autores encontraram diferenças marcantes a nível inter- e intra-específico, que podem ser utilizadas nos estudos de evolução e biogeografia dos grupos estudados. Além disso, os autores sugerem que o sequenciamento de alguns fragmentos (técnica conhecida como SCAR - *Sequence-characterized Amplified Region*) pode também ser muito útil nesses estudos.

No caso dos animais, a técnica de AFLP ainda não tem sido extensivamente empregada. Entretanto, o estudo de amostras de lagartos do gênero *Anolis*, realizado por Ogden & Thorpe (2002), utilizando a técnica de AFLP, mostrou que com esse marcador era possível distinguir com segurança as espécies investigadas. A separação ficou mais clara com o aumento no número de pares de *primers* utilizados. Por outro lado, a discriminação intra-específica não foi tão resolutiva, a despeito do uso de várias ferramentas estatísticas de análise, merecendo futuras análises, segundo os pesquisadores.

Sequenciamento de DNA

Este procedimento é o processo realizado para determinar a ordem dos nucleotídeos em um dado fragmento de DNA. Atualmente, quase todos os procedimentos de sequenciamento de DNA são

realizados utilizando a técnica de incorporação de dideoxinucleotídeos desenvolvida por Sanger *et al.* (1977). Porém, diversas novas metodologias estão sendo testadas, algumas já com resultados bastante promissores, como a técnica de pirosequenciamento (Shendure *et al.*, 2004). Nessa técnica, o produto obtido é uma sequência de nucleotídeos (Fig. 6).

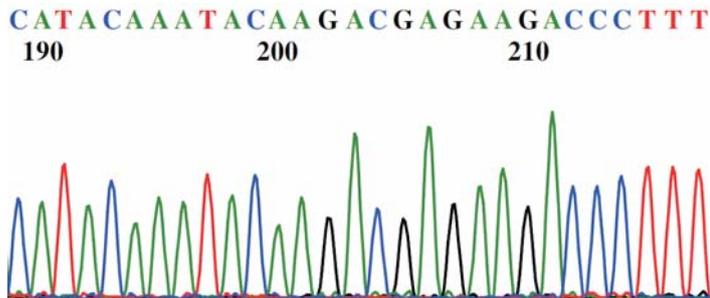


Fig. 6. Sequência de nucleotídeos obtidas em um seqüenciador automático de DNA.

Os dados obtidos com sequenciamento têm muitas aplicações, em praticamente todos os ramos da Biologia. Uma grande vantagem dessa técnica é gerar dados absolutos sobre a composição de bases de segmentos da molécula de DNA. A única desvantagem é ainda o alto custo das análises, principalmente em relação às demais técnicas disponíveis.

A utilidade do emprego de sequências de DNA como marcadores genéticos pode ser vista em diversos estudos, principalmente na identificação de genes. Alguns estudos são bastante extensivos, como o produzido por Gregory *et al.* (2006), no qual mais de cem pesquisadores trabalharam para detalhar a sequência completa da molécula de DNA do cromossomo 1 humano. Nesse estudo, foram encontrados 3.141 genes e 991 pseudogenes e foram identificados padrões de variação de sequências que sugerem a ocorrência de seleção recente em genes específicos, que podem contribuir para a aptidão humana, e também em regiões sem função evidente.

Como marcadores moleculares, as sequências são também muito utilizadas em estudos filogenéticos e biogeográficos. Um exemplo interessante é o extenso estudo realizado na família Felidae, por Johnson *et al.* (2006). Nesse trabalho, os autores analisaram sequências de todas as espécies recentes com o uso de sequências de genes autossômicos, ligados aos cromossomos sexuais e genes mitocondriais para produzir uma filogenia bastante robusta que explica a possível origem e distribuição dos membros da família, inclusive com hipóteses sobre os tempos de divergência do grupo.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos Drs. Eduardo Galhardo (UNESO/Assis) e Cláudio H. Zawadzki (NUPELIA) pela cessão das figuras 4 e 5, respectivamente. Nossos trabalhos têm sido financiados pela FAPESP, CNPq e CAPES.

Literatura citada

Avise, J. C. 1994. Molecular markers, natural history and evolution. Chapman & Hall, New York.

- Bjellqvist, B., K. Ek, P. G. Righetti, E. Gianazza, A. Gorg, R. Westermeier & W. Poste. 1982. Isoelectric focusing in immobilized pH gradients: principle, methodology and some applications. Journal of Biochemistry and Biophysics Methods 6: 317-339.
- Britto, M. R. 2003. Phylogeny of the subfamily Corydoradinae Hoedeman, 1952 (Siluriformes: Callichthyidae), with a definition of its genera. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 153: 119-154.
- Bruford, M. W. & R. K. Wayne. 1993. Microsatellites and their application to population genetic studies. Current Opinions in Genetic Development 3: 939-943.
- Buetow, K. H., M. Edmonson, R. MacDonald, R. Clifford, P. Yip, J. Kelley, D. P. Little, R. Strausberg, H. Koester, C. R. Cantor & A. Braun. 2001. High-throughput development and characterization of a genomewide collection of gene-based single nucleotide polymorphism markers by chip-based matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry. Proceedings of the National Academy of Sciences 98: 581-584.
- Daniel, W. L. & E. J. Kahle. 1982. Arylsulfatase and beta-glucuronidase expression in green sunfish, bluegill, and their reciprocal interspecific hybrids. Biochemical Genetics 27: 176-181.
- Fuller, I. A. M. & H. G. Evers. 2005. Identifying Corydoradinae catfish. Ian Fuller Enterprises, Offenbach, Germany.
- Gibbs, R. 2005. Deeper into the genome. Nature 437: 1233-1234.
- Goldstein, B. D. & C. Schlotterer. 1999. Microsatellites: Evolution and Applications. Oxford University Press, Inc., Oxford.
- Goossens, B., L. Chikhi, F. Jalil, M. Ancrenaz, I. Lackman-Ancrenaz, M. Mohamed, P. Andau & M. W. Bruford. 2005. Patterns of genetic diversity and migration in increasingly fragmented and declining orangutan (*Pongo pygmaeus*) populations from Sabah, Malaysia. Molecular Ecology 14: 441-456.
- Gregory, S. G., K. F. Barlow & K. E. McLay. 2006. The DNA sequence and biological annotation of human chromosome 1. Nature 441: 315-321.
- Gupta, M., Y. -S. Chyi, J. Romero-Severson & J. L. Owen. 1994. Amplification of DNA markers from evolutionary diverse genomes using single primers of simple-sequence repeats. Theoretical Applications in Genetics 89: 998-1006.
- Hadrys, H., M. Balik & B. Schierwater. 1992. Applications of random amplified polymorphic DNA (RAPD) in molecular ecology. Molecular Ecology 1: 55-63.
- Hilsdorf, A. W. S., A. M. L. Azeredo-Espin, M. H. Krieger & J. E. Krieger. 2002. Mitochondrial DNA diversity in wild and cultured populations of *Brycon opalinus* (Cuvier, 1819) (Characiformes, Characidae, Bryconinae) from the Paraíba do Sul Basin, Brazil. Aquaculture 214: 81-91.
- Hunter, R. L. & C. L. Merkert. 1957. Histochemical demonstration of enzymes separated by zone electrophoresis in starch gels. Science 125: 1294-1295.
- Jeffreys, A. J., V. Wilson & S. L. Thein. 1985. Hypervariable minisatellite regions in human DNA. Nature 314: 67-73.

- Johnson, W. E., E. Eizirik, J. Pecon-Slattey, W. J. Murphy, A. Antunes, E. Teeling, S. J. O'Brien. 2006. The Late Miocene radiation of modern Felidae: a genetic assessment. Science 311: 73-76.
- Kellogg, K. A., J. A. Markert, J. R. Stauffer & T. D. Kocher. 1995. Microsatellite variation demonstrates multiple paternity in lekking cichlid fishes from Lake Malawi, Africa. Proceedings of the Royal Society of London B 260: 79-84.
- Landegren, U., M. Nilsson & P. -Y Kwok. 1998. Polymorphism analysis reading bits of genetic information: methods for single-nucleotide. Genome Research 8: 769-776.
- Lee, W. J. & T. D. Kocher. 1996. Microsatellite DNA markers for genetic mapping in *Oreochromis niloticus*. Journal of Fish Biology 49: 169-171.
- Lenachan, P. A. M., K. Stöckler, R. C. Winkworth, K. M. Breen, S. Zauner & P. J. Lockhart. 2000. Markers derived from amplified fragment length polymorphism gels for plant ecology and evolution studies. Molecular Ecology 9: 1899-1903.
- Li, Y. C., A. B. Korol, T. Fahima, A. Beiles & E. Nevo. 2002. Microsatellites: genomic distribution, putative functions and mutational mechanisms: a review. Molecular Ecology 11: 2453-2465.
- Litt, M. & J. A. Luty. 1989. A hypervariable microsatellite revealed by in vitro amplification of a dinucleotide repeat within the cardiac muscle actin gene. American Journal of Human Genetics 44: 397-401.
- Liu, Z. J., P. Li, B. J. Argue & R. A. Dunham. 1999. Random amplified polymorphic DNA markers: usefulness for gene mapping and analysis of genetic variation in catfish. Aquaculture 174: 59-68.
- Moraes, N., J. S. Morgante & C. Y. Miyaki. 2002. Genetic diversity in different populations of sloths assessed by DNA fingerprinting. Brazilian Journal of Biology 62: 503-508.
- Moysés, C. B. & L. F. Almeida-Toledo. 2002. Restriction fragment length polymorphisms of mitochondrial DNA among five freshwater fish species of the genus *Astyanax* (Pisces, Characidae). Genetics and Molecular Biology 25: 401-407.
- Mueller, U. G. & L. L. Wolfenbarger. 1999. AFLP genotyping and fingerprinting. Trends in Ecology and Evolution 14: 389-394.
- Ogden, R. & R. S. Thorpe. 2002. The usefulness of amplified fragment length polymorphism markers for taxon discrimination across graduated fine evolutionary levels in Caribbean Anolis lizards. Molecular Ecology 11: 437-445.
- Oliveira, C., L. F. Almeida-Toledo, L. Mori & S. A. Toledo-Filho. 1993. Cytogenetic and DNA content studies on armoured catfishes of the genus *Corydoras* (Pisces, Siluriformes, Callichthyidae) from the southeast coast of Brazil. Revista Brasileira de Genética 16: 617-629.
- O'Reilly, P. & J. M. Wright. 1995. The evolving technology of DNA fingerprint and its application to fisheries and aquaculture. Journal of Fish Biology 47: 29-55.
- Parducci, L. & A. E. Szmidt. 1999. PCR-RFLP analysis of cpDNA in the genus *Abies*. Theoretical Applied Genetics 98: 802-808.
- Pasteur, N., G. Pasteur, F. Bonhome, J. Catalan & J. Britton-Davidian. 1987. Manuel technique de genétique par électrophorèse des protéines. Technique et documentation (Lavoisier), Paris.
- Sanger, F., S. Nicklen & A. R. Coulson. 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 74: 5463-5467.
- Shendure, J., R. D. Mitra, C. Varma & G. M. Church. 2004. Advanced sequencing technologies: methods and goals. Nature Reviews Genetics 5: 335-344.
- Sutherland, G. R. & R. I. Robert. 1995. Simple tandem DNA repeats and human genetic disease (fragile X syndrome/trinucleotide repeats/chromosomal fragile sites/spinocerebellar ataxias/myotonic dystrophy). Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 92: 3636-3641.
- Tautz, D. 1989. Hypervariability of simple sequence repeats as a general source for polymorphic DNA markers. Nucleic Acids Research 17: 6463-6471.
- Tautz, D. & M. Renz. 1984. Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes. Nucleic Acids Research 12: 4127-4138.
- Taylor, A.C., W. B. Sherwin & R. K. Wayne. 1994. Genetic variation of simple sequence loci in a bottlenecked species: the decline of the hairy-nosed wombat (*Lasiorhinus krefftii*). Molecular Ecology 7: 357-363.
- Wang, W. & H. Lan. 2000. Rapid and parallel chromosomal number reductions in muntjac deer inferred from mitochondrial DNA phylogeny. Molecular Biology and Evolution 17: 1326-1333.
- Welsh, J. & M. McClelland. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. Nucleic Acids Research 18: 213-218.
- Williams, J. G. K., A. R. Kubelik, J. Livak, J. A. Rafalski, & S. V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Research 18: 6531-6535.
- Wright, J. M. & P. Bentzen. 1995. Microsatellites: genetic markers for the future. In: Carvalho, G. R. & T. J. Pitcher (Eds.). Molecular genetics in fisheries. Chapman & Hall, TJ Press (Padstow) Ltd, Padstow, Cornwall, Great Britain.
- Zabeau, M & P. Vos. 1993. Selective restriction fragment amplification: a general method for DNA fingerprinting. European Patent Office, publication 0 534 858 A1, bulletin 93/13.
- Zardoya, R., R. Castilho, C. Grande, L. Favre-Krey, S. Caetano, S. Marcato, G. Krey & T. Patarnello. 2004. Differential population structuring of two closely related fish species, the mackerel (*Scomber scombrus*) and the club mackerel (*Scomber japonicus*), in the Mediterranean sea. Molecular Ecology 13: 1785-1798.
- Zietkiewicz, E., A. Rafalski & D. Labuda. 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. Genomics 20: 176-183.

(CO) claudio@ibb.unesp.br

Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Morfologia, Botucatu, SP. ■

Paleoictiofauna marinha das bacias costeiras do Brasil e comentários sobre a paleoictiofauna cronocorrelata da margem oeste da África

Valéria Gallo, Francisco J. de Figueiredo & Marise Sardenberg Salgado de Carvalho

As bacias das margens leste brasileira e oeste africana têm sua origem relacionada ao rompimento do Gondwana Ocidental a partir do Neojurássico, que culminou com a formação da crosta oceânica do Atlântico Sul no Eocretáceo. Devido a similaridades relativas à evolução tectônica e ao arcabouço estratigráfico, é possível estabelecer correlação entre certas unidades litoestratigráficas dessas bacias. Com relação à evolução tectônica, a margem continental pode ser dividida em diversos domínios: segmento transformante da margem equatorial; segmento transversal (passagem da margem equatorial para a margem nordeste); e segmentos divergentes das margens nordeste, leste, sudeste e sul.

No Brasil, a margem equatorial está relacionada às bacias da Foz do Amazonas, Pará-Maranhão, Barreirinhas, Piauí-Camocim, Ceará-Mundaú e Potiguar; a margem nordeste abarca as bacias de Pernambuco, Paraíba, Sergipe-Alagoas e Jacuípe; e as margens leste, sudeste e sul relacionam-se às bacias de Camamu-Almada, Jequitinhonha, Cumuruxatiba, Mucuri, Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas.

A evolução geodinâmica das bacias da margem leste brasileira pode ser dividida em distintos estágios. O estágio rifte está diretamente relacionado com a ruptura e seu início ocorreu no Eocretáceo, entre o Berriasiano e o Valanginiano (145-135 Ma). Nas bacias da margem equatorial, o rifteamento ocorreu mais tardiamente, entre o Barremiano e o final do Albiano (130-100 Ma).

Durante o processo de separação das placas sul-americana e africana, formou-se um golfo estreito e alongado, correspondente ao Protoatlântico Sul. Neste golfo, ocorreu periódico influxo de águas marinhas, marcando o início do chamado estágio transicional. Este influxo foi controlado pela cadeia de Rio Grande-Walvis que hoje se estende entre o litoral sul do Brasil e a costa da Namíbia, na África. Esta cadeia funcionou como uma barreira, impedindo o contato entre o Oceano Atlântico Sul e o golfo Brasil-África (Souza-Lima & Hamsi Jr., 2003).

Nas bacias da margem leste, o estágio transicional ocorreu no Aptiano, mais cedo do que nas bacias da margem equatorial, que se deu no final do Aptiano e o Cenomaniano. Com relação à formação da margem leste brasileira, a hipótese tradicionalmente aceita considera que a abertura do Oceano Atlântico Sul propagou-se de sul para norte, sendo a Bacia de Pelotas, a primeira a ser formada, a partir de um forte magmatismo basáltico de idade barremiana ($124 \pm 8,6$ Ma, K-Ar; Mizusaky *et al.*, 1998). Em contraposição, Souza-Lima (2006) propôs que a distensão crustal do Gondwana Ocidental e a formação do Protoatlântico Sul ocorreram a partir do final do Jurássico, inicialmente na região onde se encontram as bacias de Sergipe-Alagoas, Camamu, Almada e

Cumuruxatiba, posteriormente abrindo-se para norte (Bacia de Pernambuco) e para sul (bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas).

A abertura do Oceano Atlântico e sua conexão com o Mar de Tethys durante o Cretáceo são eventos de grande importância para a biogeografia de várias assembleias de peixes marinhos. Flutuações no nível do mar em diferentes períodos desde o Jurássico até o Cretáceo também indicam que o continente africano esteve ocupado por ambientes de sedimentação marinhos.

No presente artigo, fornecemos uma lista comentada da ictiofauna marinha representativa das bacias sedimentares da margem leste brasileira (*i.e.*, Pelotas, Santos, Sergipe-Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Potiguar, São Luís e Pirabas; Fig. 1), acrescida de dados sobre a ictiofauna cronocorrelata do oeste africano.

Bacias Sedimentares da Margem Leste Brasileira

Bacia de Pelotas

A Bacia de Pelotas (Fig. 1) é uma bacia marginal do tipo passiva, situada entre o alto de Florianópolis, limite com a Bacia de Santos, e o alto de Polônio, no Uruguai

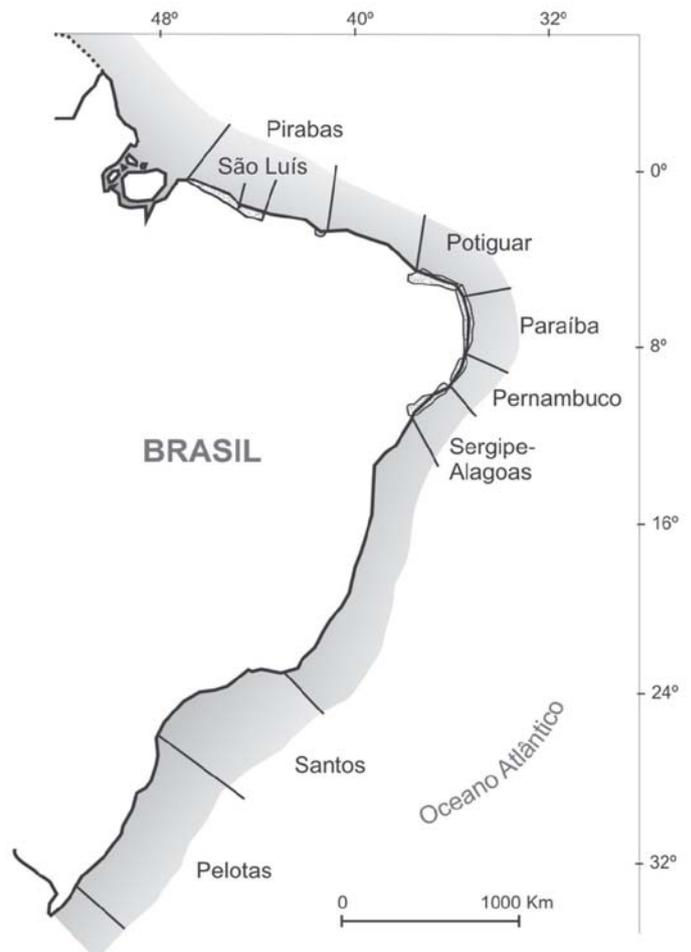


Fig. 1. Bacias sedimentares da margem leste brasileira.

(Bueno *et al.*, 2007). Em território brasileiro, compreende uma área de aproximadamente 260.000 km², dos quais apenas 15% são áreas emersas.

Trabalhos mais antigos apontam a presença de fósseis na bacia somente a partir do Mioceno, incluindo foraminíferos, bivalvíos e mamíferos (*e.g.*, Brito, 1979; Hessel, 1982). Na década de 1990, através de perfurações realizadas pela Petrobras, foram identificados os primeiros fósseis cretáceos. Estas sondagens atingiram a Formação Cassino, de idade aptiana, com ocorrência de fragmentos de peixes. Posteriormente, outros poços perfurados e testemunhados atingiram a Formação Atlântida, a cerca de 4.000 m de profundidade, rica em peixes e moluscos (*e.g.*, Figueiredo *et al.*, 1996, 1997).

A Formação Atlântida, que de fato preservou a paleoictiofauna, é constituída por uma espessa seção de folhelhos cinza-escuros, margas e siltitos, depositados num ambiente nerítico, de plataforma externa (Bueno *et al.*, 2007). É datada como neoalbiana a eoturoniana, com base em nanofósseis calcários e palinórfos (Dias *et al.*, 1994). O nível fossilífero com a paleoictiofauna é datado como Eoturoniano, com base em bivalvíos inoceramídeos, além dos grupos citados (Gallo *et al.*, 2006).

A paleoictiofauna é representada por Chondrichthyes ?Lamniformes e Osteichthyes †Pycnodontidae, Clupeomorpha e Euteleostei indeterminados, †Dercetidae, †Enchodontidae e Holocentridae (Fig. 2; Gallo-da-Silva & Figueiredo, 1999; Figueiredo *et al.*, 2001; Figueiredo & Gallo, 2006; Gallo *et al.*, 2006).

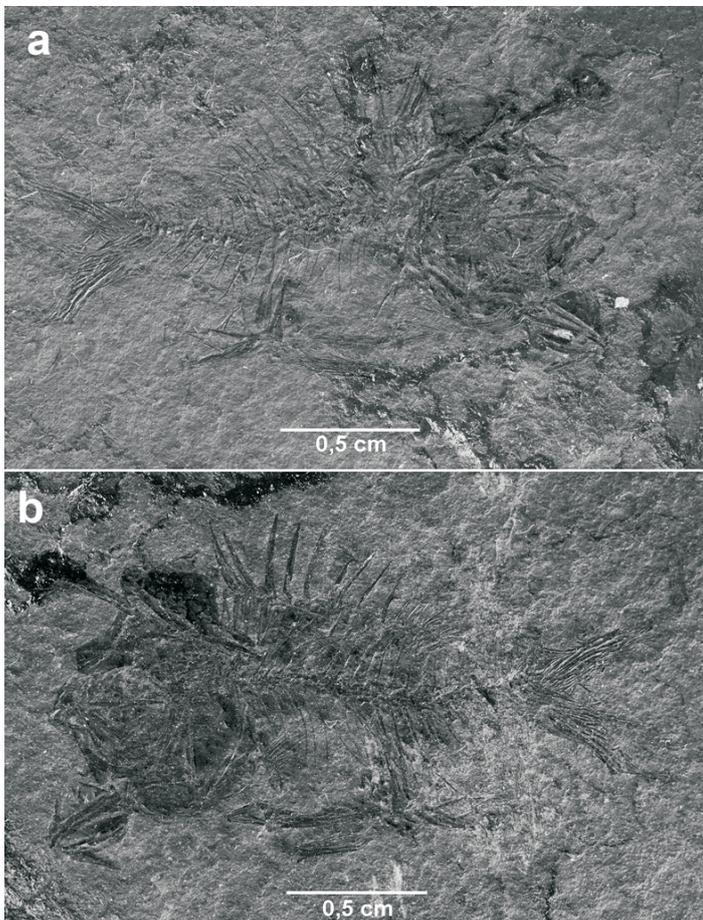


Fig. 2. *Pelotius hesselae* Gallo-da-Silva & Figueiredo, 1999, em (a) parte e (b) contraparte.

Há registros de peixes fósseis no litoral do Rio Grande do Sul (Richter, 1987, 2002), provenientes de depósitos emersos retrabalhados, referidos como sequências marinhas e datados, com dúvida, no Neopleistoceno/Eo-holoceno. As formas mais abundantes são Chondrichthyes, incluindo Hexanchidae, Odontaspidae, Lamnidae, Carcharhinidae e Myliobatiformes indeterminado. Os Osteichthyes compreendem Ariidae e Sciaenidae.

Bacia de Santos

A Bacia de Santos (Fig. 1) localiza-se na porção sudeste da margem continental, sendo limitada ao norte com a Bacia de Campos no alto de Cabo Frio, e ao sul com a Bacia de Pelotas na plataforma de Florianópolis. É uma bacia de margem passiva, gerada no Neocomiano por processos tectônicos da fragmentação do Gondwana Ocidental (Souza *et al.*, 2007).

São reconhecidas três fases no seu desenvolvimento: rifte, transicional e margem passiva. Na fase rifte, os registros vão do Hauteriviano ao Aptiano (Pereira & Feijó, 1994), sendo representada por um magmatismo basal recoberto por uma sequência depositada em ambiente fluviolacustre, com folhelhos, carbonatos e depósitos de leques aluviais. A fase de transição é composta por uma espessa seção de rochas evaporíticas, depositadas durante o Aptiano num ambiente marinho restrito. Sobre estes evaporitos instalou-se, no Eoalbiano, uma ampla plataforma carbonática, com sistemas de leques aluviais, iniciando a fase de margem passiva que perdura até hoje (Pereira *et al.*, 1986).

O registro paleoictiológico é escasso (Miller *et al.*, 2002) e carece de uma datação precisa, sendo a amplitude temporal do Albiano ao Recente. Inclui Chondrichthyes Triakidae, Carcharhinidae, Ginglymostomatidae, ?Lamnidae e Scyllorhinidae; e Osteichthyes Myctophidae, Sternoptychidae e dentes indeterminados de Teleostei.

Bacia de Sergipe-Alagoas

A Bacia de Sergipe-Alagoas (Fig. 1), em sua porção emersa, ocupa uma estreita faixa na porção costeira dos estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe, com uma porção submersa além dos limites da estreita plataforma continental. Internamente, é diferenciada em quatro sub-bacias (Cabo, Alagoas, Sergipe e Jacuípe) (Souza-Lima, 2008).

Esta bacia possui uma das mais extensas e a mais completa sucessão sedimentar dentre as bacias da margem continental leste brasileira, com registros sedimentares do Paleozoico, da fase pré-rifte no Jurássico, da fase rifte no Eocretáceo e as sucessões sedimentares mais recentes relacionadas à fase drifte. Os sedimentos da fase rifte representam uma sequência continental, caracterizada por intercalações de folhelhos e arenitos, possivelmente de origem deltaica em ambiente lacustre, e conglomerados polimíticos (Asmus & Porto, 1972). Compreendem as formações Barra de Itiúba, Penedo, Rio Pitanga, Coqueiro Seco, Morro do Chaves e Ponta Verde (Azambuja-Filho *et al.*, 1998; Souza-Lima *et al.*, 2002).

A Formação Morro do Chaves apresenta a mais abundante e diversificada paleoictiofauna com

Osteichthyes actinoptérgios e sarcopterérgios. Os primeiros incluem †Semionotidae, Elopomorpha, Clupeomorpha *sensu lato* e †Paraclupeidae, Gonorynchiformes, Salmoniformes, †Cimolichthyoidei *incertae sedis* (Fig. 3) e †Enchodontidae (Fig. 4). Os sarcopterérgios estão representados por †Mawsoniidae (Gallo, 2000; Melo *et al.*, 2001; Gallo & Coelho, 2008; Figueiredo, 2009a; Miguel & Gallo, 2009). Esta unidade é constituída por conglomerados e arenitos intercalados por calcilutitos e coquinas. Ostracodes não-marinhos e palinórfos dataram-na no Eoaptiano (andares locais Jiquiá e Alagoas), entretanto palinórfos neobarremianos (Eojiquiá) foram encontrados (Antonioli *et al.*, 2009). O paleoambiente é lacustre (*e.g.*, Maffizzoni, 2002; Queiroz-Neto, 2005), mas a presença de †Enchodontidae sugere certo contato com águas marinhas (Gallo & Coelho, 2008). A hipótese de Souza-Lima (2006) sobre a formação do Protoatlântico Sul a partir das bacias de Sergipe-Alagoas, Camamu, Almada e Cumuruxatiba daria suporte a esta possível invasão marinha no Neobarremiano.

Ainda no Eocretáceo, foram depositadas sequências evaporíticas relacionadas à fase transicional, das formações Muribeca e Maceió, sendo que a primeira não possui afloramentos conhecidos (Souza-Lima *et al.*, 2002). A Formação Maceió, de idade aptiana, é composta por conglomerados e arenitos, com intercalações de folhelhos, e camadas de anidrita e de folhelhos betuminosos, incluindo uma escassa paleofauna de Osteichthyes †Aspidorhynchidae, †Cladocyclidae, Chanidae e Clupeidae (Jordan, 1910; Schaeffer, 1947; Brito, 1997; Leal & Brito, 2004; Malabarba *et al.*, 2004; Brito & Amaral, 2008).

A Formação Riachuelo representa a franca sedimentação marinha que ocorreu na bacia a partir do final do Aptiano. É subdividida nos membros Taquari, Maruim e Angico, sendo o registro paleoictiológico mais significativo e melhor preservado no primeiro (Souza-Lima *et al.*, 2002). Este é representado por uma alternância cíclica de margas e folhelhos, contendo Osteichthyes †Pycnodontidae, †Aspidorhynchidae, †Cladocyclidae, Clupeomorpha, Euteleostei *incertae sedis* (Fig. 5), †Pachyrhizodontidae, Chanidae, †Notelopidae e Characiformes *incertae sedis* (Silva-Santos, 1985a; Figueiredo & Silva-Santos, 1991; Figueiredo & Gallo, 2004).

A Formação Cotinguiba foi depositada durante um processo marinho transgressivo, em paleoambiente de nerítico a batial superior, do Eocenomaniano ao Mesoconiaciano (Souza-Lima *et al.*, 2002). Os registros paleoictiológicos, apesar de escassos, são excelentes indicadores de paleoambiente marinho aberto, compreendendo Chondrichthyes †Rhombodontidae e †Ptychodontidae; e Osteichthyes †Pycnodontidae, †Amiidae, Teleostei *incertae sedis*, Albulidae, †Dercetidae e †Enchodontidae (Fig. 6; Löfgren & Oliveira, 1943; Silva-Santos & Salgado, 1969; Carvalho & Gallo, 2002; Gallo *et al.*, 2007).

A Formação Calumbi é composta por folhelhos, arenitos e siltitos. A unidade abrange rochas do Santoniano ao Recente, embora apenas camadas neocampanianas estejam expostas (Souza-Lima *et al.*, 2002), nas quais foram registrados Chondrichthyes Hexanchidae, †Cretoxyrhinidae, Odontaspidae, †Anacoracidae, †Sclerorhynchidae e Rhinobatidae; e Osteichthyes †Pycnodontidae, Albulidae, †Enchodontidae, Xiphiidae e Latimeriidae (Lima *et al.*, 2002).

Bacia de Pernambuco

A Bacia de Pernambuco (Fig. 1) é limitada a sul pelo alto de Maragogi, que a separa da Bacia de Alagoas, e a norte pela zona de cisalhamento de Pernambuco, onde contata a Bacia da Paraíba. Compreende, em sua porção emersa, uma estreita e alongada faixa sedimentar com depósitos do Aptiano ao Turoniano ou Santoniano (Lima-Filho *et al.*, 2005; Barbosa & Lima-Filho, 2006; Tomé *et al.*, 2006). Atualmente, é considerada separada do conjunto Bacia de Pernambuco-Paraíba pelo lineamento de Pernambuco (*e.g.*, Rand, 1967; Neumann, 1991; Barbosa & Lima-Filho, 2006; Barbosa *et al.*, 2007).

Há citações frequentes de microfósseis, palinórfos e moluscos (Lima & Pedrão, 1989, 1994; Muniz, 1993; Lima-Filho & Santos, 2001) e raras ocorrências de Osteichthyes †Paraclupeidae e Chanidae nos folhelhos de idade aptiana-albiana da Formação Cabo (Silva-Santos, 1990; Figueiredo, 2006).

A Formação Estiva, de provável idade cenomaniana-turoniana, é composta por depósitos carbonáticos, representantes de três pulsos transgressivos marcados por níveis de folhelhos e arenitos calcíferos (Lima-Filho & Santos, 2001). O registro ictiológico consta de dentes de peixe picnodontídeo (Barbosa *et al.*, 2008).

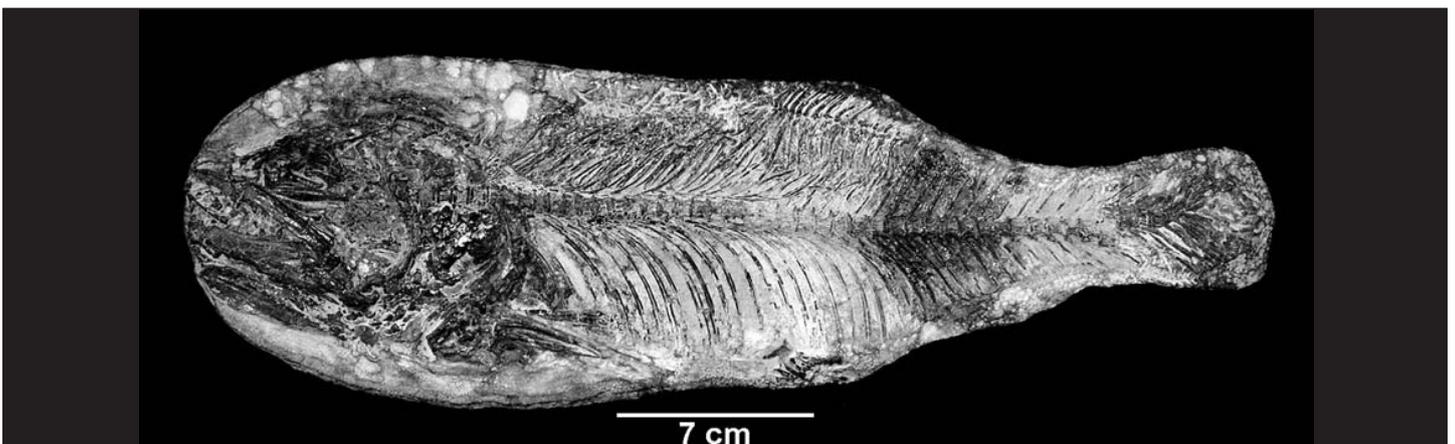


Fig. 3. *Atolvorator longipectoralis* Gallo & Coelho, 2008.

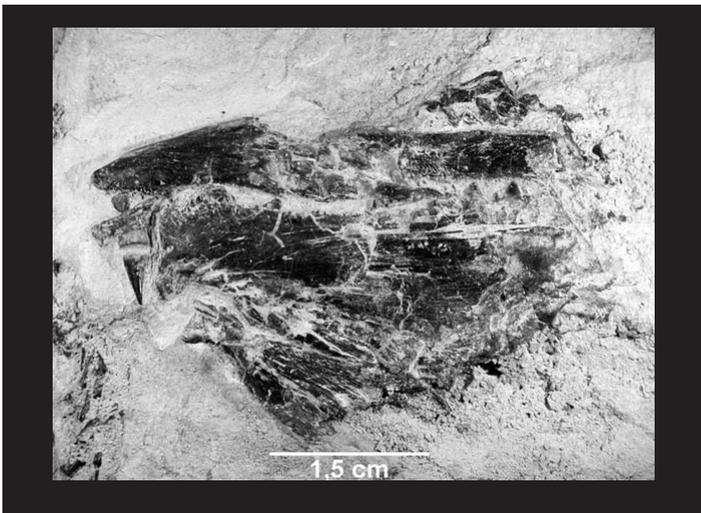


Fig. 4. Porção das maxilas de *Enchodus* sp.

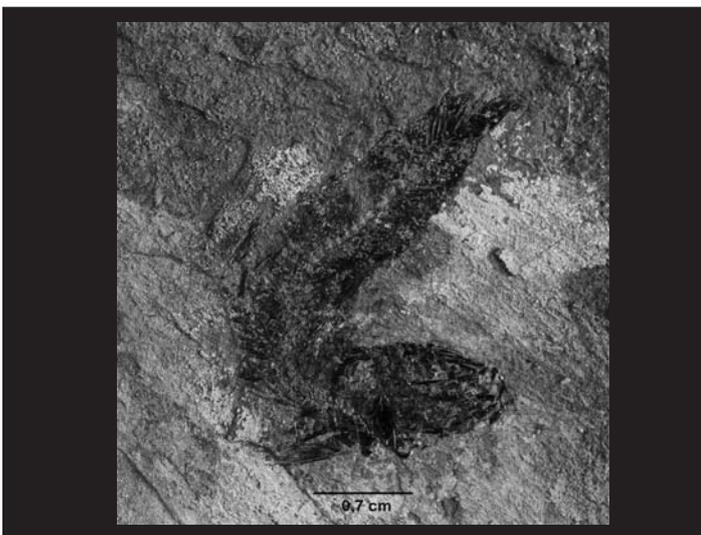


Fig. 5. *Beurlenichthys ouricuriensis* Figueiredo & Gallo, 2004.

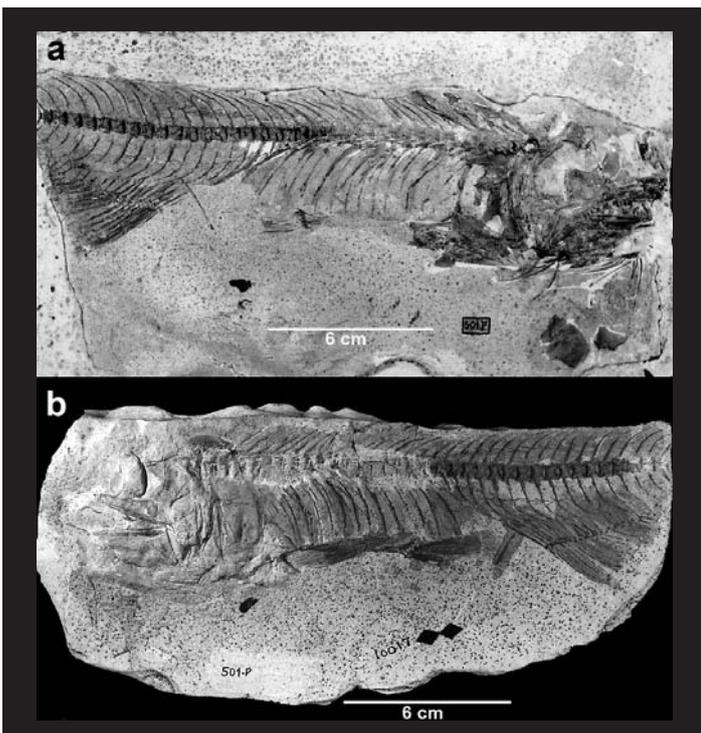


Fig. 6. *Enchodus longipectoralis* (Schaeffer, 1947), em (a) parte e (b) contraparte.

Bacia da Paraíba

A Bacia da Paraíba (Fig. 1) ocupa, em sua porção emersa, uma faixa costeira estreita com cerca de 8.000 km², estendendo-se por uma área de 130 km entre o lineamento de Pernambuco ao sul e o alto de Mamanguape ao norte (Barbosa & Lima-Filho, 2006). Compreende as formações Beberibe, Itamaracá, Gramame, Maria Farinha e Barreiras (e.g., Beurlen, 1967; Mabesoone & Alheiros, 1993; Barbosa *et al.*, 2003), não sendo registradas ocorrências de peixes nas formações Beberibe e Barreiras até o momento.

A Formação Itamaracá foi depositada do Mesocampaniano ao Eomaastrichtiano, sendo desta última idade os calcários recristalizados com siliciclastos e os arenitos calcíferos previamente considerados como base da Formação Gramame. A paleoictiofauna compreende os Chondrichthyes †Ptychodontidae, Hexanchidae, †Cretoxyrinidae, Ginglymostomatidae, Odontaspidae, †Anacoracidae, Mitsukurinidae e †Rhombodontidae; e os Osteichthyes †Pycnodontidae, †Saurodontidae e †Enchodontidae (Rebouças & Silva-Santos, 1956; Silva-Santos & Figueiredo, 1987; Silva *et al.*, 2007).

A Formação Gramame, do Maastrichtiano, alterna sequências de lamitos e margas, ricas em foraminíferos planctônicos. A unidade representa uma deposição em plataforma rasa, sob baixa à média energia (Barbosa *et al.*, 2003, 2006). Os Chondrichthyes incluem †Cretoxyrinidae, †Anacoracidae e †Rhombodontidae, e Osteichthyes, †Pycnodontidae, †Enchodontidae e Diodontidae (Fig. 7; Silva-Santos & Figueiredo, 1987; Silva *et al.*, 2007; Gallo *et al.*, 2009).

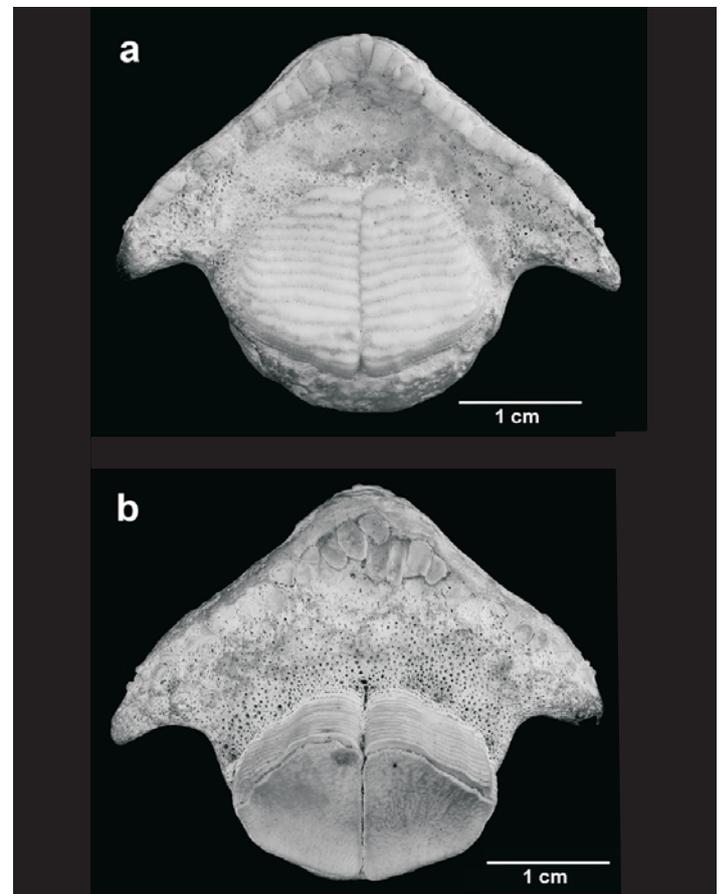


Fig. 7. Maxila superior e placa dentária de *Diodon* sp., em vistas (a) ventral e (b) dorsal.

A Formação Maria Farinha, datada do Paleoceno, caracteriza-se por uma sequência de calcários fossilíferos detríticos. Esta, juntamente com as formações Gramame e Beberibe, constituem um ciclo transgressivo-regressivo, com transgressão acelerada seguida por um período relativamente estável e por uma lenta regressão (Gallo *et al.*, 2001; Albertão & Martins Jr., 2006). O principal afloramento da Formação Maria Farinha encontra-se na pedreira Poty, município de Paulista (PE), tendo em vista seu rico conteúdo fossilífero, bem como a presença de uma sequência quase completa da transição K-Pg (Cretáceo-Paleógeno), apresentando inclusive anomalia de irídio (Albertão & Martins Jr., 2006). A paleoictiofauna contém Chondrichthyes Hexanchidae, Odontaspidae, †Cretoxyrhinidae e Myliobatidae; e Osteichthyes †Pycnodontidae indeterminado, Albulidae (Fig. 8), Ariidae, †Enchodontidae e Serranidae (Silva-Santos & Gomes, 1987; Gallo *et al.*, 2001; Gallo & Figueiredo, 2002; Silva *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2007).

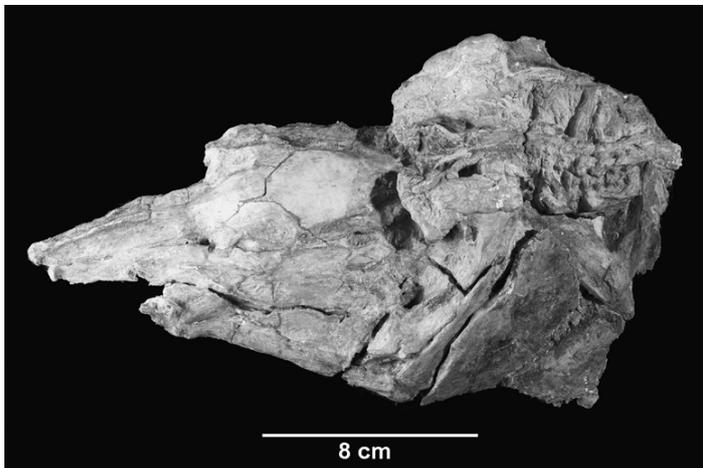


Fig. 8. Crânio de *Farinichthys gigas* Gallo & Figueiredo, 2002, em vista lateral esquerda.

Bacia Potiguar

Localizada na porção mais oriental do nordeste do Brasil, a Bacia Potiguar (Fig. 1) abrange em suas porções emersa (22.500 km²) e submersa (26.500 km²) parte dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará e suas respectivas plataformas continentais. Esta bacia tem limites a sul, leste e oeste com rochas do embasamento cristalino, ao norte com o Oceano Atlântico e a noroeste com o alto de Fortaleza, que a separa da Bacia do Ceará. Seu preenchimento sedimentar está relacionado com as fases de sua evolução tectônica: rifte (formações Pendência e Pescada); transicional (Formação Alagamar); e de deriva continental a partir do Albiano, constituída pelas sequências fluviomarinhas transgressiva (formações Açú, Ponta do Mel, Quebradas e Jandaíra) e regressiva (formações Ubarana, Guamaré, Tibau e Barreiras) (Soares *et al.*, 2003), cujo auge ocorreu na passagem do Cenomaniano para o Turoniano, marcado pela implantação de uma ampla plataforma carbonática (Formação Jandaíra).

A Formação Jandaíra apresenta, em sua parte aflorante, quatro faixas sedimentares de idades diferentes e associações fossilíferas de composição

variada, datadas do Eoturoniano ao Neocampaniano. Os fósseis refletem uma deposição em ambientes de planície de maré e laguna, embora em alguns locais existam indícios de sedimentação sob águas mais agitadas (Soares *et al.*, 2003). A paleoictiofauna está representada por Osteichthyes nas formações Açú e Jandaíra. Na primeira, ocorre Chanidae, e na segunda †Pycnodontidae e †Semionotidae (Duarte & Silva-Santos, 1962; Silva-Santos, 1963; Gallo & Brito, 2004; Machado & Brito, 2006).

Bacia de São Luís

A Bacia de São Luís (Fig. 1) é uma bacia costeira do tipo rifte, localizada ao norte do Estado do Maranhão. Seus principais afloramentos ocorrem ao longo da baía de São Marcos e incluem a Formação Alcântara, datada do Neobíbiano ao Eocenomaniano. Esta unidade consiste numa sequência de arenitos, argilitos e calcários, formados em ambientes marinhos rasos a transitórios (Rossetti, 2003; Santos & Carvalho, 2009).

No Cenomaniano, as faunas bentônicas marinhas, apresentando gêneros de ampla distribuição, e os peixes de água doce são indicativos de ambiente litorâneo e de conexão entre as bacias brasileiras e africanas. Este é o último evento associado ao desenvolvimento da margem continental, rompendo certas barreiras geográficas para as faunas marinhas do Atlântico (Brasil e África). As afinidades existentes entre as bacias da margem leste do Brasil e da margem ocidental da África são derivadas da expansão do Tethys (Santos & Carvalho, 2009).

A paleoictiofauna da Formação Alcântara inclui os Chondrichthyes †Hybodontidae, Myliobatidae e †Sclerorhynchidae; e os Osteichthyes †Semionotidae e formas indeterminadas de †Semionotiformes, Lepisosteidae, Amiiformes, †Pycnodontidae, †Mawsoniidae, Ceratodontidae e Dipnoiformes *incertae sedis* (Cunha & Ferreira, 1980; Carvalho & Silva, 1992; Dutra & Malabarba, 2001; Marques da Silva & Medeiros 2003; Castro *et al.*, 2004; Toledo *et al.*, 2005; Pereira & Medeiros, 2007, 2008; Santos & Carvalho, 2009).

Bacia de Pirabas

A Bacia de Pirabas (Fig. 1) estende-se descontinuamente pelos estados do Pará, Maranhão e Piauí, com ocorrência em superfície e subsuperfície. A principal unidade aflorante é a Formação Pirabas, reconhecida como uma das unidades cenozoicas mais fossilíferas do Brasil. Ocupa uma área de 12.000 km², tendo seus limites desde o rio Guamá ao sul, até o curso inferior do rio Gurupi (a leste) e a baía de Marajó (a oeste). É constituída por calcários cinzentos intercalados por calcarenitos e folhelhos negros, depositados em ambiente marinho de águas rasas e quentes, durante o Eomioceno (Costa *et al.*, 1993; Távora *et al.*, 2002).

A paleoictiofauna contém Chondrichthyes Ginglymostomatidae, Lamnidae (Fig. 9), Hemigaleidae, Carcharhinidae, Sphyrnidae e Myliobatidae *incertae sedis*. Os Osteichthyes incluem Ariidae, Sphyrnaeidae, Sparidae e Diodontidae (Silva-Santos & Travassos, 1960; Silva-Santos & Salgado, 1971; Reis, 2005; Oliveira *et al.*, 2008).

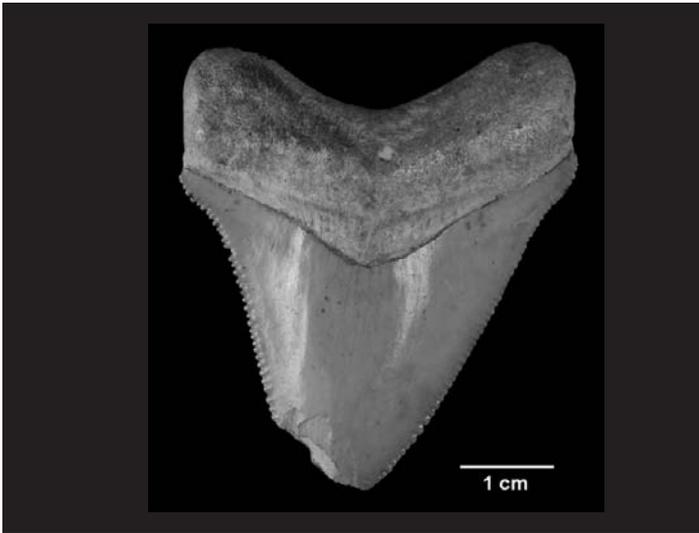


Fig. 9. Dente de *Procarcharodon megalodon* (Agassiz, 1835), em face interna.

Paleoictiofauna Cronocorrelata da Margem Oeste Africana

Durante o processo de abertura do Atlântico Sul, o tectonismo, que na África Ocidental levou à formação de bacias transtensionais e de uma zona de cisalhamento na África Central, contribuiu para a formação das bacias da Nigéria e do Sudão. Com esta abertura, ocorreu um intercâmbio de componentes das faunas marinhas que viviam nas plataformas continentais da América do Sul e África. As transgressões marinhas também contribuíram para a formação de conexões entre o Mar de Tethys e o Oceano Atlântico, via norte da África.

Três localidades senonianas são conhecidas na Bacia de Cabinda (República Democrática do Congo): Vonso, Mongo n'Tandu e Tumuna (Manha Metadi). A fauna de Chondrichthyes, baseada em dentes, é similar em todas estas localidades e também à fauna de lembe, Angola (Antunes, 1962). A fauna de Vonso foi depositada do Mesosantoniano ao Eocampaniano (Taverne, 1970), com destaque para o Clupeidae †*Audenaerdia casieri*, posicionado como o mais antigo membro conhecido do grupo (Taverne, 1973, 1977). O †Enchodontidae *Enchodus elegans* foi reportado em lembe.

Na Série Kwango, aflorante na localidade de Vonso, próximo à Cabinda, ocorre uma assembleia marinha santoniana, na qual se destaca †*Audenaerdia casieri*, um dos quatro Clupeomorpha encontrados em depósitos marinhos da África. Os outros provêm do Cenomaniano de Kipala, também República Democrática do Congo: †*Kwangoclupea dartevellei*, †*Nolfia kwangoensis* e †*Eoknightia caheni*. Desses, †*N. kwangoensis* possui um correspondente no Brasil: †*Nolfia brasiliensis*, ocorrente na Formação Riachuelo, Aptiano da Bacia de Sergipe-Alagoas (Figueiredo, 2009b). A Série Kwango contém ainda Elopomorpha (†*Kipalelops lepersonnei*), Osteoglossomorpha (†*Paradercetis kipalaensis*), Gonorynchiformes (†*Charitosomus hermani*) e †Dercetidae (*Cyranichthys ornatissimus*, *Kwangodercetis verbeeki*) (Taverne, 1976). Os dercetídeos são bons indicadores de ambiente marinho. Figueiredo & Gallo (2006) descreveram †*Brazilodercetis* procedente de estratos turonianos da Bacia de Pelotas e

revisaram as relações filogenéticas dos dercetídeos (Gallo *et al.*, 2005), verificando que †*Cyranichthys* é grupo-irmão de †*Brazilodercetis*.

A maioria dos Chondrichthyes do Neocretáceo do Norte da África também está presente na Bacia do Congo, em localidades mastrichtianas da República Democrática do Congo, Gabão e Angola. Nestas áreas, também ocorrem os teleósteos †*Enchodus bursauxi* e †*Stephanodus libycus* (Arambourg, 1952) e †*Eodiaphyodus lerichei* (Estes, 1969). Em duas localidades em Angola (Barra do Dande e Mossamedes) e duas em Cabinda (Massabe-Chibuet e Kama m'Bote), há registro de dentes de tubarões e raias (Casier, 1957). Outras evidências de peixes possivelmente mastrichtianos são conhecidas da província Sokoto, no norte da Nigéria (White, 1934), em camadas também atribuídas ao Neosenoniano, Campaniano e Eodaniano, compreendendo dentes isolados e fragmentos ósseos (picnodontídeos indeterminados e †*Stephanodus libycus*).

Jebel Tselfat é uma importante localidade fossilífera marinha do Cenomaniano do Marrocos, reunindo representantes com correspondentes transatlânticos, como †Dercetidae e †Enchodontidae, particularmente aqueles ocorrentes no Turoniano da Bacia de Pelotas. Além desses táxons, ocorre o otocéfalo †*Clupavus maroccanus*, cujo equivalente na América do Sul, †*C. brasiliensis*, é encontrado em estratos de origem continental da Formação Marizal, Nordeste do Brasil (Silva-Santos, 1985b). Quando associados a *Lusitanichthys* e *Clupavichthys*, o padrão tetiano revela-se mostrando uma significativa expansão para o Atlântico meridional.

Na localidade de Goulmima, também no Marrocos, ocorrem depósitos marinhos datados como turonianos, de onde foram descritos os elopocéfalos *Goulmimichthys arambourgi* (Cavin, 1995) e *Araripichthys corythophorus* (Cavin, 1997a), além de fragmentos de ictiodectiformes (Cavin, 1997b). Entretanto, suas relações espaço-temporais ainda não estão bem esclarecidas.

Agradecimentos

Os autores desejam expressar seus sinceros agradecimentos a Marcelo R. Britto pelo convite para a elaboração desse capítulo. Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Literatura citada

- Albertão, G. A. & P. P. Martins Jr.. 2006. Limestones strata of Poty Quarry (Paulista), State of Pernambuco - evidences of a catastrophic event on the first geological record of the K-T boundary in South America. In: Winge, M., C. Schobbenhaus, M. Berbert-Born, E. T. Queiroz, D. A. Campos, C. R. G. Souza & A. C. S. Fernandes (Eds.). *Geological and Palaeontological Sites of Brazil*. Disponível em <http://www.unb.br/ig/sigep>
- Antonioli, L., R. Dino & V. Gallo. 2009. Palinomorfos barremianos e peixes associados em sedimentos da

- Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas, Nordeste do Brasil. Pp. 22. *In: XXI Congresso Brasileiro de Paleontologia: A paleontologia e os eventos globais*. Livro de Resumos, SBP, Belém.
- Antunes, M. T. 1962. Sur la faune de vertébrés du Crétacé de lembe (Angola). *Comptes-Rendus Hebdomadaires des. Scéances de l'Académie des Sciences* 253: 513-514.
- Arambourg, C. 1952. Les vertébrés fossiles des gisements de phosphates (Maroc-Algérie-Tunisie). *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc* 92: 1-372.
- Asmus, H. E. & R. Porto. 1972. Classificação das bacias sedimentares segundo a tectônica de placas. Pp. 67-90. *In: XXVI Congresso Brasileiro de Geologia*. Anais, SBG, v. 2, Belém.
- Azambuja-Filho, N. C., L. M. Arenite & F. E. G. Cruz. 1998. *Guidebook to the rift-drift Sergipe-Alagoas passive margin Basin, Brazil*. AAPG International Conference & Exhibition, Petrobras, Rio de Janeiro (formato digital).
- Barbosa, J. A. & M. F. Lima-Filho. 2006. Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife-Natal: observações em dados de poços. *Boletim de Geociências da Petrobras* 14: 287-306.
- Barbosa, J. A., E. M. Souza, M. F. Lima-Filho & V. H. Neumann. 2003. A estratigrafia da Bacia da Paraíba: uma reconsideração. *Estudos Geológicos* 13: 89-108.
- Barbosa, J. A., M. S. S. Vianna & V. H. Neumann. 2006. Paleoambientes e icnofácies da seqüência carbonática da Bacia da Paraíba (Cretáceo-Paleogeno), nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências* 36: 73-90.
- Barbosa, J. A., V. H. Neumann, M. Lima-Filho, E. M. Souza & M. A. Moraes. 2007. Estratigrafia da faixa costeira Recife-Natal (Bacia da Paraíba e Plataforma de Natal), NE Brasil. *Estudos Geológicos* 17: 3-30.
- Barbosa, J. A., P. J. F. Pereira & M. Lima-Filho. 2008. Dente de um picnodontiforme (Actinopterygii, Neopterygii) da Formação Estiva, Cenomaniano-Turoniano da Bacia de Pernambuco, NE do Brasil. *Gaea Journal of Geoscience* 4: 43-48.
- Beurlen, K. 1967. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia* 16: 73-79.
- Brito, I. M. 1979. *Bacias sedimentares e formações pós-paleozóicas do Brasil*. Interciência, Rio de Janeiro.
- Brito, P. M. 1997. Révision des Aspidorhynchidae (Pisces, Actinopterygii) du Mésozoïque: ostéologie, relations phylogénétiques, données environnementales et biogéographiques. *Geodiversitas* 19: 681-772.
- Brito, P. M. & C. R. L. Amaral. 2008. An overview of the specific problems of *Dastilbe* Jordan, 1910 (Gonorynchiformes: Chanidae) from the Lower Cretaceous of western Gondwana. Pp. 279-294. *In: Arratia, G., H. -P. Schultze & M. V. H. Wilson (Eds). Mesozoic Fishes 4. Homology and Phylogeny*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- Bueno, G. V., A. A. Zacharias, S. G. Oreiro, J. A. Cupertino, F. U. H. Falkenhein & M. A. M. Neto. 2007. Bacia de Pelotas. *Boletim de Geociências da Petrobras* 15: 551-559.
- Carvalho, M. S. S & V. Gallo. 2002. The presence of *Ptychodus* (Chondrichthyes, Hybodontioidea) in the Cotinguiba Formation, Upper Cretaceous of the Sergipe-Alagoas Basin, Northeastern Brazil. Pp. 307-309. *In: VI Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, II Simposio sobre el Cretácico de America del Sur*. Boletim dos Resumos, SBP, São Pedro.
- Carvalho, M. S. S. & V. G. Silva. 1992. Ocorrência de escamas de *Lepidotes* (Pisces) na Formação Itapecuru, Cretáceo da Bacia de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 64: 419.
- Casier, E. 1957. Les faunes ichthyologiques du Crétacé et du Cénozoïque de l'Angola et de l'enclave de Cabinda. Leurs affinités paléobiogéographiques. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 38: 269-290.
- Castro, D. F., C. E. V. Toledo, E. P. Sousa & M. A. Medeiros. 2004. Novas ocorrências de *Asiatoceratodus* (Osteichthyes, Dipnoiformes) na Formação Alcântara, Eocenomaniano da bacia de São Luís, MA, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 7: 245-248.
- Cavin, L. 1995. *Goulmimichthys arambourgi* n. g., n. sp., un Pachyrhizodontidae (Actinopterygii, Teleostei) d'une nouvelle localité à nodules fossilifères du Turonien inférieur marocain. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 321: 1049-1054.
- Cavin, L. 1997a. Nouveaux Teleostei du gisement Turonien inférieur de Goulmima (Maroc). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 325: 719-724.
- Cavin, L. 1997b. *Les actinoptérygiens du Turonien de Goulmima (Maroc) et l'évolution des ichthyofaunes actinoptérygiennes entre le Jurassique supérieur et le Paléocène*. Tese de Doutorado, Université de Paris.
- Costa, J. B. S., M. S. Borges, R. L. Bemerguy, J. M. G. Fernandes, P. S. Costa-Junior & M. L. Costa. 1993. Evolução Cenozóica da Região de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará. *Geociências* 12: 373-396.
- Cunha, F. L. S. & C. S. Ferreira. 1980. Um Dipnoi na Formação Itapecuru (Cenomaniano), Maranhão, Brasil. Pp. 1-9. *In: II Congresso Latinoamericano de Paleontologia, 1978*. Actas, v. 2, Buenos Aires.
- Dias, J. L., A. R. E. Sad, R. L. Fontana & F. J. Feijó. 1994. Bacia de Pelotas. *Boletim de Geociências da Petrobras* 8: 235-245.
- Duarte, L. & R. Silva-Santos. 1962. Fósseis do Arenito Açú. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 34: 57-74.
- Dutra, M. F. A. & M. C. S. L. Malabarba. 2001. Peixes do Albiano-Cenomaniano do Grupo Itapecuru no estado do Maranhão, Brasil. Pp. 191-208. *In: Rossetti, D. F., A. M. Góes & W. Truckenbrodt. (Coords.). O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- Estes, R. 1969. Studies on fossil phylodont fishes: Interrelationships and evolution in the Phyllodontidae (Albuloidei). *Copeia* 2: 317-331.

- Figueiredo, F. J. 2006. Morfologia e sistemática de peixes teleósteos do Cretáceo e do Terciário do nordeste do Brasil atribuídos aos Clupeomorpha. Tese de Doutorado, Museu Nacional. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2 v.
- Figueiredo, F. J. 2009a. A new clupeiform fish from the Lower Cretaceous (Barremian) of Sergipe-Alagoas Basin, northeastern Brazil. Journal of Vertebrate Paleontology 29: 993-1005.
- Figueiredo, F. J. 2009b. A new marine clupeoid fish from the Lower Cretaceous of the Sergipe-Alagoas Basin, northeastern Brazil. Zootaxa 2164: 21-32.
- Figueiredo, F. J. & V. Gallo. 2004. A new teleost fish from the Early Cretaceous of Northeastern Brazil. Boletim do Museu Nacional, Nova série, Geologia 73: 1-23.
- Figueiredo, F. J. & V. Gallo. 2006. A new decertid fish (Neoteleostei: Aulopiformes) from the Turonian of the Pelotas basin, Southern Brazil. Paleontology 49: 445-456.
- Figueiredo, F. J. & R. Silva-Santos. 1991. Picnodontes da Formação Riachuelo, Membro Taquari, Estado de Sergipe, Nordeste do Brasil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 63: 369-379.
- Figueiredo, F. J., V. Gallo-da-Silva, R. Silva-Santos & J. R. Aires. 1996. Cretaceous fishes of the Pelotas Basin, Brazil. Journal of Vertebrate Paleontology 16: 33A.
- Figueiredo, F. J., V. Gallo-da-Silva & J. R. Aires. 1997. First occurrence of a holocentrid fish (Actinopterygii, Acanthomorpha) from the Upper Cretaceous of Pelotas Basin, Southern Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 69: 437.
- Figueiredo, F. J., V. Gallo & P. M. Coelho. 2001. First occurrence of *Rharbichthys* (Teleostei: Enchodontidae) in the Upper Cretaceous of Pelotas Basin (Atlântida Formation), Southern Brazil. Boletim do Museu Nacional, Nova série, Geologia, 61: 1-8.
- Gallo, V. 2000. First occurrence of *Lepidotes* (Actinopterygii: Semionotiformes: Semionotidae) in the Coqueiro Seco Formation, Early Aptian of the Sergipe-Alagoas Basin, northeastern Brazil. Boletim do Museu Nacional, Geologia 51: 1-14.
- Gallo, V. & P. M. Brito. 2004. An overview of Brazilian semionotids. Pp. 253-264. *In*: Arratia, G & A. Tintori (Eds.). Mesozoic Fishes, 3. Munchen, Ed. Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Gallo, V. & P. M. Coelho. 2008. First occurrence of an aulopiform fish in the Barremian of the Sergipe-Alagoas Basin, northeastern Brazil. Pp. 351-371. *In*: Arratia, G., H. -P. Schultze & M. V. H. Wilson (Eds.). Mesozoic Fishes 4 - Homology and Phylogeny. Verlag Dr. Friederich Pfeil, München.
- Gallo, V. & F. J. Figueiredo. 2002. *Farinichthys gigas*, a new albulid fish (Teleostei: Elopomorpha) from the Paleocene of the Pernambuco-Paraíba Basin, Northeastern Brazil. Journal of Vertebrate Paleontology 22: 747-758.
- Gallo, V., F. J. Figueiredo, L. B. Carvalho & S. A. K. Azevedo. 2001. Vertebrate assemblage from the Maria Farinha Formation after the K-T boundary. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 219: 261-284.
- Gallo, V., F. J. Figueiredo & H. M. A. Silva. 2005. Análise filogenética dos Dercetidae (Teleostei: Aulopiformes). Arquivos do Museu Nacional 63: 329-352.
- Gallo, V., F. J. Figueiredo & P. M. Coelho. 2006. Paleioictiofauna da Formação Atlântida, Cretáceo Superior da Bacia de Pelotas, sul do Brasil. Pp. 113-131. *In*: Gallo, V., P. M. Brito, H. M. A. Silva & F. J. Figueiredo (Eds.). Paleontologia de Vertebrados: grandes temas e contribuições científicas. Interciência, Rio de Janeiro.
- Gallo, V., H. M. A. Silva & E. J. Andrade. 2007. New fish records from the Turonian of the Sergipe Basin, Northeastern Brazil. Arquivos do Museu Nacional 65: 385-393.
- Gallo, V., M. S. S. Carvalho & A. A. Souto. 2009. A possible occurrence of Diodontidae (Teleostei, Tetraodontiformes) in the Upper Cretaceous of the Paraíba Basin, northeastern Brazil. Cretaceous Research 30: 599-604.
- Gallo-da-Silva, V. & F. J. Figueiredo. 1999. *Pelotius hesselae* gen. et sp. nov. (Teleostei: Holocentridae) from the Cretaceous (Turonian) of Pelotas Basin, Brazil. Journal of Vertebrate Paleontology 19: 263-270.
- Hessel, M. H. R. 1982. Curso Prático de Paleontologia Geral. Editora da Universidade, UFRGS, Porto Alegre.
- Jordan, D. S. 1910. Description of a collection of fossil fishes from the bituminous shales at Riacho Doce, State of Alagoas, Brazil. Annals of the Carnegie Museum 7: 23-34.
- Leal, M. E. C. & P. M. Brito. 2004. The ichthyodectiform *Cladocycclus gardneri* (Actinopterygii: Teleostei) from the Crato and Santana formations, Lower Cretaceous of Araripe Basin, north-eastern Brazil. Annales de Paléontologie 90: 103-113.
- Lima, M. R. & E. Pedrão. 1989. Análise palinológica de sedimentos da Bacia do Cabo, Cretáceo do Estado de Pernambuco, Brasil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 61: 73-84.
- Lima, M. R. & E. Pedrão. 1994. The Cabo Basin. Pp. 232-244. *In*: Beurlen, G., D. A. Campos & M. C. Viviers (Eds.). Stratigraphic range of mega and microfossils of Brazil. UFRJ, Rio de Janeiro.
- Lima, R. S., M. Richter, P. Buckup & W. Souza-Lima. 2002. Os fósseis da bacia de Sergipe-Alagoas. Os peixes marinhos. Phoenix 41: 1-4.
- Lima-Filho, M. & P. R. S. Santos. 2001. Biocronoestratigrafia da Bacia PE: implicações ambientais e paleogeográficas. Revista Brasileira de Paleontologia 2: 84.
- Lima-Filho, M. F., J. A. Barbosa, V. H. Neumann & E. M. Souza. 2005. Evolução estrutural comparativa da Bacia de Pernambuco e da Bacia da Paraíba. Pp. 45-47. *In*: X Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Boletim de Resumos Expandidos, SBG, Curitiba.
- Löfgren, A. & P. E. Oliveira. 1943. Fósseis cretáceos de Aracaju, Sergipe (Sondagem em Ponta da Atalaia). Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia 106: 1-54.

- Mabesoone, J. M. & M. M. Alheiros. 1993. Evolution of the Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin and the problem of the South Atlantic connection. Geologie en Mijnbouw 71: 351-362.
- Machado, L. P. C. & P. M. Brito. 2006. The new genus *Potiguara* (Actinopterygii: Pycnodontiformes) from the Upper Cretaceous of Northeast Brazil. Journal of Vertebrate Paleontology 26: 1-6.
- Maffizzoni, A. F. 2002. Alguns aspectos da paleoictiofauna e do paleoambiente do Aptiano Inferior da bacia de Sergipe-Alagoas. Arquivos do Museu Nacional 60: 121-126.
- Malabarba, M. C. S. L., D. A. Carmo, I. Gomez-Perez & J. V. Queiroz-Neto. 2004. A new clupeomorph fish from the Cretaceous Maceió Formation, Alagoas Basin, NE Brazil. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 233: 255-274.
- Marques-da-Silva, M. A. & M. A. Medeiros. 2003. Ocorrência de *Tribodus* no Eocenomaniano do Maranhão. Pp. 276-277. In: XVIII Congresso Brasileiro de Paleontologia. Boletim de Resumos, UNB, SBP, Brasília.
- Melo, R., V. Gallo, F. J. Figueiredo & A. Maffizzoni. 2001. A possible elopomorph fish from the Coqueiro Seco Formation, Early Aptian of the Sergipe-Alagoas Basin. Pp. 134. In: XVII Congresso Brasileiro de Paleontologia. Boletim de Resumos, UFAC/SBP, Rio Branco.
- Miguel, R. & V. Gallo. 2009. Paleoictiofauna da Formação Morro do Chaves (Bacia de Sergipe-Alagoas) e sua correlação com o Barremiano-Aptiano das bacias do nordeste do Brasil e noroeste da África. Pp. 201. In: XXI Congresso Brasileiro de Paleontologia. Boletim de Resumos, SBP, Belém.
- Miller, C. G., M. Richter & D. A. Carmo. 2002. Fish and ostracod remains from the Santos Basin (Cretaceous to Recent), Brazil. Geological Journal 37: 297-316.
- Mizusaky, A. M. P., A. Thomaz-Filho & P. Césero. 1998. Ages of the magmatism and the opening of the South Atlantic Ocean. Revista Pesquisa, 25: 47-57.
- Muniz, G. C. B. 1993. Novos moluscos da Formação Gramame, Cretáceo Superior dos estados da Paraíba e de Pernambuco, nordeste do Brasil. Publicação Especial do Departamento de Geologia [UFPE] 1: 1-203.
- Neumann, V. H. M. L. 1991. Problemas geomorfológicos do litoral pernambucano. Pp. 363-366. In: XIV Simpósio de Geologia do Nordeste. Atas, SBG, Recife.
- Oliveira, S. F. C. C., P. M. Toledo & S. A. R. F. Costa. 2008. Escamas de tubarões (Pisces: Chondrichthyes) da Formação Pirabas (Eomioceno), Pará, Brasil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais 3: 241-254.
- Pereira, A. A. & M. A. Medeiros. 2007. A new Elasmobranchii form from the Alcântara Formation (Itapecuru deposits; Eocenomanian of Brazil). Pp. 18. In: XX Congresso Brasileiro de Paleontologia. Anais, UFRJ, SBP, Armação de Búzios.
- Pereira, A. A. & M. A. Medeiros. 2008. A new Sclerorhynchiform (Elasmobranchii) from the Middle Cretaceous of Brazil. Revista Brasileira de Paleontologia 11: 207-212.
- Pereira, M. J. & F. J. Feijó. 1994. Bacia de Santos. Boletim de Geociências da Petrobras 8: 219-234.
- Pereira, M. J., C. M. Barbosa, J. Agra, J. B. Gomes, L. G. F. Aranha, M. Saito, M. A. Ramos, M. D. Carvalho, M. Stamato & O. Bagni. 1986. Estratigrafia da Bacia de Santos. Análise das seqüências, sistemas deposicionais e revisão litoestratigráfica. Pp. 65-79. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia. Anais, SBG, v. 1, Goiânia.
- Queiroz-Neto, J. V. 2005. Taxonomia, paleoecologia e correlação bioestratigráfica de ostracodes não marinhos do Membro Morro do Chaves, Formação Coqueiro Seco, Eoaptiano, Bacia de Alagoas, NE-Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília.
- Rand, H. M. 1967. Estudos geofísicos na faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia 16: 87-99.
- Rebouças, J. C. & R. Silva-Santos. 1956. Fauna ictiológica do Fosfato de Pernambuco. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia 162: 1-29.
- Reis, M. A. F. 2005. Chondrichthyan fauna from the Pirabas Formation, Miocene of Northern Brazil, with comments on paleobiogeography. Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ 28: 35-62.
- Richter, M. 1987. Osteichthyes e Elasmobranchii (Pisces) da Bacia de Pelotas, Quaternário do Rio Grande do Sul, Brasil. Paula-Coutiana 1: 17-37.
- Richter, M. 2002. Peixes fósseis do Rio Grande do Sul. Pp. 162-175. In: Holz, M. & L. F. de Ros (Eds.). Paleontologia do Rio Grande do Sul. Edição CIGO/UFRGS, Porto Alegre.
- Rossetti, D. F. 2003. Bacia de São Luís-Grajaú. Phoenix 58: 1-8.
- Santos, M. E. C. M. & M. S. S. Carvalho. 2009. Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís. Reconstituições Paleobiológicas. CPRM Serviço Geológico do Brasil-DGM/DIPALE, Rio de Janeiro.
- Schaeffer, B. 1947. The Cretaceous and Tertiary actinopterygian fishes from Brazil. American Museum of Natural History Bulletin 89: 1-40.
- Silva, E. M., V. Gallo, A. P. Quintans & S. A. K. Azevedo. 2002. New occurrence of Myliobatiformes (Chondrichthyes: Batoidea) in the Maria Farinha Formation, Paleocene of the Pernambuco-Paraíba basin, northeastern Brazil. Boletim do Museu Nacional, N.S., Geologia 65: 1-11.
- Silva, M. C., A. M. F. Barreto, I. S. Carvalho & M. S. S. Carvalho. 2007. Vertebrados e paleoambientes do Neocretáceo-Daniano da bacia da Paraíba, Nordeste do Brasil. Estudos Geológicos 17: 85-122.
- Silva-Santos, R. 1963. Peixes do Cretácico do Rio Grande do Norte. Anais da Academia Brasileira de Ciências 35: 67-74.
- Silva-Santos, R. 1985a. A ictiofauna da Formação Riachuelo, Estado de Sergipe. Pp. 141-145. In: Campos, D. A., C. S. Ferreira, I. M. Brito & C. F. Viana (Orgs.). Coletânea de Trabalhos Paleontológicos.

- Departamento Nacional da Produção Mineral, Brasília.
- Silva-Santos, R. 1985b. *Clupavus brasiliensis* n.sp. (Teleostei, Clupeiformes) do Cretáceo Inferior - Formação Marizal, estado da Bahia. Pp. 155-159. In: Campos, D. A., C. S. Ferreira, I. M. Brito & C. F. Viana (Orgs.). Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. Departamento Nacional da Produção Mineral, Brasília.
- Silva-Santos, R. 1990. Clupeiformes e Gonorhynchiformes do Cretáceo Inferior (Aptiano) da Formação Cabo, Nordeste do Brasil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 62: 261-268.
- Silva-Santos, R. & F. J. Figueiredo. 1987. Sobre um Saurocephalidae da Formação Gramame (camada de Fosfato), Estado de Pernambuco. Pp. 7-19. In: X Congresso Brasileiro de Paleontologia. Anais, SBP, v. 1, Rio de Janeiro.
- Silva-Santos, R. & U. L. Gomes. 1987. Chondrichthys (Hypotremata) da formação Maria Farinha, estado de Pernambuco. Pp.37-53. In: X Congresso Brasileiro de Paleontologia. Anais, SBP, v. 1, Rio de Janeiro.
- Silva-Santos, R. & M. S. Salgado. 1969. *Enchodus longipectoralis* (Schaeffer) um Teleostei do Cretáceo de Sergipe. Anais da Academia Brasileira de Ciências 41: 381-392.
- Silva-Santos, R. & M. S. Salgado. 1971. Contribuição à paleontologia do estado do Pará - Novos restos de peixes da Formação Pirabas. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova série, Geologia 16: 1-13.
- Silva-Santos, R. & H. Travassos. 1960. Contribuição à paleontologia do estado do Pará - Peixes fósseis da Formação Pirabas. Monografia Divisão de Geologia e Mineralogia 16: 1-35.
- Soares, U. M., E. L. Rossetti & R. C. T. Cassab. 2003. Bacias sedimentares brasileiras - Bacia Potiguar. Phoenix 56: 1-4.
- Souza, I. A., H. D. Ebert, J. C. Castro & G. H. T. Silva. 2007. A influência das falhas de transferência na porção norte da Bacia de Santos na formação de armadilhas capazes de conter hidrocarbonetos. Pp. 1.1.0063-1 1-1.1.0063-1 10. In: IV Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás. Anais, ABPG, Campinas.
- Souza-Lima, W. 2006. Litoestratigrafia e evolução tectono-sedimentar da bacia de Sergipe-Alagoas. Phoenix 89: 1-10.
- Souza-Lima, W. 2008. Seqüências evaporíticas da bacia de Sergipe-Alagoas. Pp. 230-249. In: Mohriak, W. U., P. Sztamari & S. M. C. Anjos (Eds.). Sal: Geologia e Tectônica. Editora Beca, Petrobras, São Paulo.
- Souza-Lima, W. & G. P. Hamsi Jr. 2003. Bacias sedimentares brasileiras. Bacias da margem continental. Phoenix 50: 1-4.
- Souza-Lima, W., E. J. Andrade, P. Bengtson & P. C. Galm. 2002. A bacia de Sergipe-Alagoas: Evolução geológica, estratigrafia e conteúdo fóssil/The Sergipe-Alagoas Basin: geological evolution, stratigraphy and fossil content. Phoenix, Edição especial 1, Aracaju.
- Taverne, T. 1970. Les poissons fossiles et quelques dents de reptiles récoltés par C.R Hoffmann dans le Crétacé supérieur de Vonso (Bas-Congo). Annales de la Musée Royal de l'Afrique Centrale 70: 1-44.
- Taverne, L. 1973. A propos de *Audenaedia casieri* gen. nov., Clupéidé Crétacé du Zaïre, précédemment décrit dans le genre *Clupavus*. Revue Zoologique et Botanique Africaine 87: 808-814.
- Taverne, L. 1976. Les téléostéens fossiles du Crétacé moyen de Kipala (Kwango, Zaïre). Annales du Musée Royal de l'Afrique centrale, Série 8, 79: 1-50.
- Taverne, L. 1977. Ostéologie de *Clupavus maroccanus* (Crétacé supérieur du Maroc) et considerations sur la position systématique et les relations des Clupavidae au sein de l'ordre des Clupeiformes stricto sensu (Pisces, Teleostei). Geobios 10: 697-722.
- Távora, V. A., N. Mesquita, S. R. Souza, A. S. M. Cacela & S. G. Teixeira. 2002. Sistemática e tafonomia dos crustáceos decápodes da ecofácies Capanema da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará. Revista Brasileira de Geociências 32: 223-230.
- Toledo, C. E. V., R. J. Bertini, E. P. Sousa & M. A. Medeiros. 2005. First occurrence of *Protopterus humei* (Dipnoiformes) in South America. Pp. 262-263. In: II Congresso Latino-americano de Paleontologia de Vertebrados. Boletim de Resumos, Rio de Janeiro.
- Tomé, M. E. T. R., M. Lima-Filho & V. H. Neumann. 2006. Análise estratigráfica do Albiano-Turoniano da Bacia de Pernambuco: considerações sobre a paleogeografia e geração de hidrocarbonetos. Geociências 25: 49-58.
- White, E. I. 1934. Fossil fishes of Sokoto Province. Bulletin of the Geological Survey of Nigeria 14: 1-78.

(VG) gallo@uerj.br

(FJF) fjfig@globo.com

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Zoologia, Rio de Janeiro, RJ.

(MSSC) marise.sardenberg@gmail.com

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Rio de Janeiro, RJ. ■

Pesquisa sobre reprodução de populações naturais de peixes no Brasil (2001-2010): um breve panorama sobre tendências e lacunas

Fernando Gertum Becker, Lucas C. C. de Fries, Tais F. R. Guimarães & Bruna A. Meneses

A ictiofauna Neotropical é tida como uma das mais ricas do planeta, com uma estimativa de cerca de 6.000 espécies existentes (Reis *et al.*, 2003). Essa riqueza taxonômica implica em uma diversidade de histórias de vida também elevada, em parte porque a diversidade de habitats e extensão geográfica é também ampla, produzindo ampla variabilidade em atributos reprodutivos (Winemiller *et al.*, 2008). Por exemplo, certas características, como pequeno tamanho corporal e ciclos de vida extremamente curtos em ambientes efêmeros, são comuns na família Rivulidae (“peixes anuais”; Costa, 2002). Em outro extremo, ciclos de vida mais longos, grandes tamanhos corporais e migrações por centenas de quilômetros são apresentados por organismos de táxons muito distintos, como os bagres migradores da Amazônia (Siluriformes), e peixes caraciformes, como o dourado (*Salminus*) ou curimatás (*Prochilodus*). Há ainda espécies com complexos padrões comportamentais de corte ou cuidado de prole (em Cichlidae, Glandulocaudinae e várias espécies de Loricariidae), geralmente com casos conhecidos a partir de observações empíricas, porém pouco estudados ou documentados cientificamente. Adicionalmente, características reprodutivas bastante díspares são exibidas por espécies que habitam o mesmo habitat, demonstrando que diferentes estratégias podem ser eficientes para persistência no ambiente (e.g., Winemiller, 1989).

Apesar de toda essa diversidade biológica, os ictiólogos tendem a concentrar seus estudos em uma espécie, ou grupo de espécies, de forma que o conhecimento sobre peixes em grande parte consiste de informações dispersas (Pauly, 1998). Importantes compilações descritivas dessa diversidade (e.g., Breder & Rosen, 1966) e tentativas de buscas de padrões e organização teórica (e.g., Balon, 1975; Lowe-McConnell, 1987; Winemiller, 1989; Vazzoler & Menezes, 1992; Winemiller *et al.*, 2008) já foram realizadas, não sendo esse o intuito do presente trabalho. Nosso objetivo é apresentar um panorama da pesquisa sobre reprodução de populações naturais de peixes no Brasil, abrangendo principalmente os últimos 10 anos (avaliação para um período mais abrangente está em andamento). Procuramos caracterizar o universo do conhecimento gerado quanto a aspectos temáticos e metodológicos. Além disso, buscamos identificar eventuais tendências e aspectos que necessitariam maior atenção, seja do ponto de vista de contribuição à questões teóricas da história de vida (e.g., Winemiller, 1989) ou macroecologia (Brown, 1995), seja para questões de aplicação em conservação, pesca e impactos de degradação ambiental.

Métodos

Para essa avaliação, realizamos uma pesquisa nas principais bases de dados bibliográficos disponíveis e utilizando uma expressão de busca por palavras-chave pré-definida. As bases pesquisadas foram *Web of Science* e *Scopus*, empregando a expressão de busca [*fish AND Brazil AND (reproduct* OR breeding OR spawning OR fecundity)*]. O símbolo “*” significa que qualquer termo contendo “reproduct” e seus derivativos (*reproductive, reproduction, etc.*) é incluída na busca. Trabalhos realizados especificamente com fins de aquicultura não foram considerados. Tampouco foram consideradas espécies exclusivamente marinhas ou estuarinas. Os resultados apresentados estão limitados ao período 2001-2010. Futuramente incluiremos resultados de consulta à base SciELO (<http://www.scielo.br>) e com escopo temporal até a década de 1980.

Uma vez realizado o levantamento, os títulos e resumos de todos os trabalhos foram examinados, de forma a tabular dados sobre os seguintes temas:

Taxonomia. Tendo por referência Reis *et al.* (2003), tabulamos as espécies citadas nos artigos, conforme ordem, famílias e subfamílias, e buscamos caracterizar a representatividade dos estudos de reprodução frente à diversidade de táxons existentes.

Tamanho das espécies. As espécies citadas nos artigos foram classificadas em três classes de comprimento (<10 cm; 10 a 50 cm; > 50 cm). Além disso, buscamos estabelecer um comparativo com o universo de tamanhos das espécies neotropicais, obtendo dados de comprimento para 93% das espécies constantes em Reis *et al.* (2003). Parte dos dados de comprimento foi obtida na base de dados *on-line* FishBase (Froese & Pauly, 2000).

Atributos reprodutivos analisados. Consideramos os principais aspectos necessários à caracterização das estratégias reprodutivas de peixes (Winemiller, 1989; Vazzoler & Menezes, 1992): tamanho de primeira maturação, duração do período reprodutivo, fecundidade, tipo de desova, cuidado parental e tamanho da prole. Além disso, registramos dados sobre tipo e substrato de desova, habitat de desova, modo de fertilização (interna ou externa) e dimorfismo sexual secundário (exceto distribuições de frequência por classe de comprimento).

Tipo de Habitat. Estabelecemos seis categorias principais de habitat (grandes rios com planície de inundação, rios, riachos, lagos, reservatórios, outros) e tabulamos o número de artigos que os incluem nas amostragens.

Delineamento amostral dos estudos. Levantamos dados sobre a extensão dos períodos de amostragem,

frequência temporal da obtenção das amostragens e número de habitats incluídos nas amostragens.

Espécies de interesse. Classificamos as espécies constantes nos artigos em função do tipo de interesse associado a elas. As categorias de interesse correspondem àquelas que são comumente solicitadas em programas de inventário de fauna de interesse para conservação pelo Ministério do Meio Ambiente brasileiro. Assim, definimos previamente as seguintes categorias de interesse: espécies ameaçadas de extinção (MMA, 2008), de importância para pesca comercial, ornamentais, migratórias, introduzidas e outras. A categoria “espécies introduzidas” inclui tanto espécies originárias de outras regiões biogeográficas, quanto espécies neotropicais que se enquadrassem como espécies introduzidas fora de sua bacia hidrográfica original. Não foram discriminadas espécies endêmicas ou raras.

Abordagem do estudo. Interpretamos a abordagem predominante em cada estudo, conforme depreendida dos resumos. Para tanto, consideramos a abordagem descritiva sempre que o artigo deixasse de expor explicitamente um enfoque aplicado (e.g., à pesca, à conservação, ao estudo de respostas a impactos ambientais). Por exemplo, estudos sobre ciclo reprodutivo de espécie pesqueiras só foram considerados como “aplicados à pesca” quando seu delineamento ou objetivo fossem expressamente direcionados a questões relativas à pesca. Não foram levados em consideração estudos em laboratório sobre o efeito de poluentes e/ou com espécies não neotropicais.

Resultados

O levantamento bibliográfico resultou em um total de 152 artigos científicos publicados em revistas indexadas nas bases *ISI-Web of Science* e *Scopus* no período de 2001-2010, abrangendo 184 espécies nominais.

Taxonomia. Apesar do número considerável de espécies investigadas, a representatividade dos estudos de reprodução em relação aos grupos taxonômicos de peixes neotropicais foi desproporcional no universo analisado. Considerando um total de 24 ordens (Reis *et al.*, 2003), foram realizados estudos sobre reprodução para apenas nove delas. Além disso, temos alguma informação para somente 34 (37,4%) dos 91 dos táxons supragenéricos (família, subfamília) utilizados em Reis *et al.* (2003) para classificação das espécies. Por outro lado, a distribuição de frequência das espécies estudadas tende a ser proporcional ao número de espécies em cada ordem (Fig. 1), exceto pelo fato de que, entre as duas ordens mais diversas, houve uma tendência de maior concentração de estudos em Characiformes.

Tamanho das espécies. Em que pese a maior proporção das espécies neotropicais apresentar pequeno porte (ca. 60% com comprimento padrão < 10 cm), a maior parte dos artigos sobre reprodução teve como alvo as espécies de médio e grande porte (Fig. 2a).

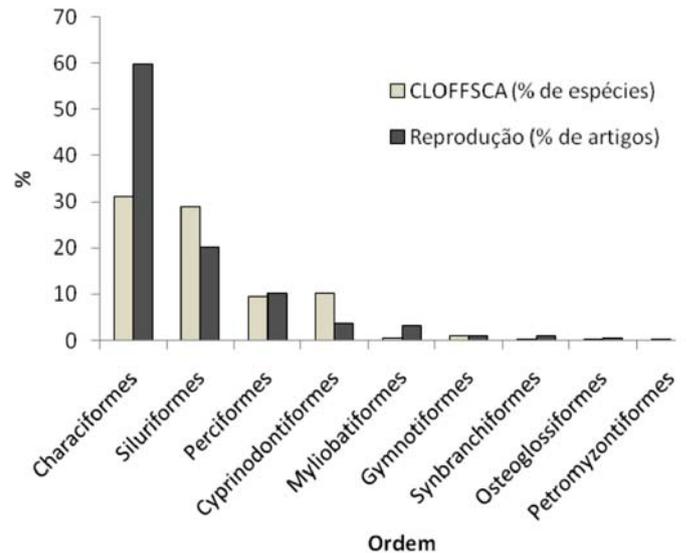


Fig. 1. Distribuição relativa de espécies de peixes Neotropicais em nível de ordem (CLOFFSCA, Reis *et al.*, 2003; n = 4475) e distribuição relativa de artigos sobre reprodução. Ordens sem registro de estudos sobre reprodução não estão representadas na figura.

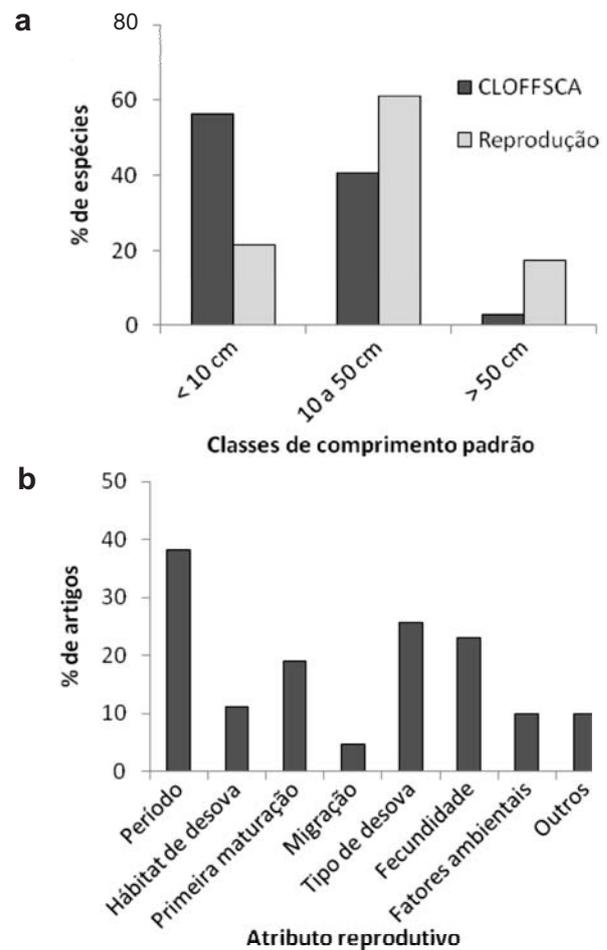


Fig. 2. (a) Distribuição relativa das espécies de peixes neotropicais por classe de comprimento padrão e representatividade dessas espécies em estudos sobre reprodução; (b) Frequência de atributos reprodutivos nos artigos analisados (n=152). “Outros” inclui dados sobre substrato de desova, cuidado de prole, modo de fertilização e dimorfismo sexual secundário.

Atributos reprodutivos. Quatro atributos reprodutivos apareceram em cerca de 20 a 40% dos estudos sobre reprodução: período reprodutivo, fecundidade, tipo de desova e tamanho de primeira maturação (Fig. 2b). Porém, nem sempre esses atributos foram determinados para cada espécie estudada. Em cada artigo e para cada espécie, geralmente há informação apenas sobre um ou dois dos atributos, de forma que na prática não se consegue uma caracterização suficiente da reprodução de boa parte das espécies investigadas. Além disso, características importantes como cuidado de prole, o hábitat e substrato onde é feita a desova foram muito pouco documentados.

Tipo de Hábitat. Houve uma relativa uniformidade na distribuição dos estudos em diferentes hábitats (Fig. 3a), porém chama a atenção o pequeno conhecimento sobre espécies de riachos e a maior proporção de estudos feitos em reservatórios. Houveram raros estudos sobre reprodução de peixes em outros ambientes, como banhados, cavernas, poças temporárias e canais artificiais.

Delineamento amostral dos estudos. Os estudos sobre reprodução de peixes tendem a ser limitados em seu escopo espacial e temporal. A maior parte do conhecimento resulta de amostragens realizadas em apenas um tipo de hábitat, por períodos inferiores a dois anos (quase sempre 12 meses) e com frequência mensal de obtenção das amostras (Figs. 3b,c,d).

Espécies de interesse e enfoque do estudo. Cerca de 40% dos estudos tratavam de espécies que não puderam ser enquadradas em qualquer das categorias de interesse predefinidas (Fig. 4a). Destaca-se ainda o pequeno conhecimento sobre a reprodução de espécies ameaçadas, ornamentais e não-nativas (a maioria sobre *Cichla* spp). Porém, há uma proporção razoável de estudos sobre reprodução de espécies migratórias e/ou de interesse para pesca (em boa parte dos casos há sobreposição entre essas categorias). É importante destacar que a maioria dos artigos sobre espécies migratórias e de importância pesqueira aborda um pequeno número de espécies (e.g., *Prochilodus*; dados não apresentados). Além disso, ainda que várias das espécies estudadas tivessem importância conhecida sob algum aspecto (Fig. 3a), a maior parte dos artigos apresenta enfoque descritivo (Fig. 3b). Em outras palavras, os estudos geralmente não têm objetivos expressos de avaliar reprodução sob a perspectiva de manejo das espécies (pesca, conservação, ornamentais) ou de efeitos da degradação ambiental (barragens, poluição). Cerca de 30% dos artigos não puderam ser enquadrados em alguma das categorias analisadas, sendo omitidos (Fig. 3b). Boa parte está relacionada a barragens, porém não conseguimos determinar (por meio do título e do resumo) se possui objetivo aplicado ou se descreve simplesmente aspecto reprodutivo de espécies encontradas em reservatórios e rios com barramentos.

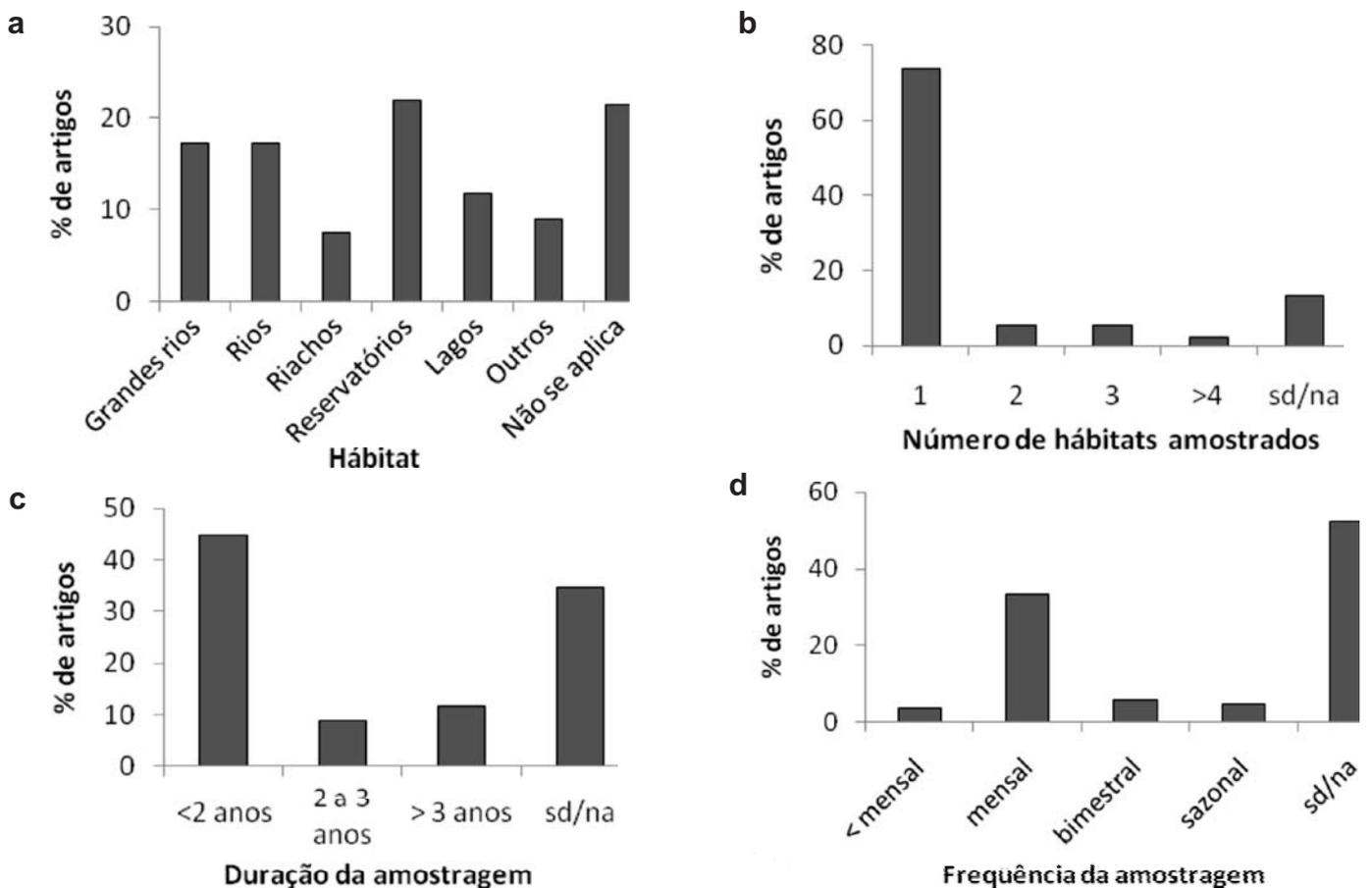


Fig. 3. Características dos estudos sobre reprodução de peixes no Brasil quanto a hábitats e periodicidade de amostragem. (a) Tipo de hábitat onde foi realizado o estudo; (b) número de hábitats amostrado em cada estudo; (c) período total em que foi realizada a amostragem; (d) periodicidade de obtenção das amostras. sd/na = sem definição/não se aplica.

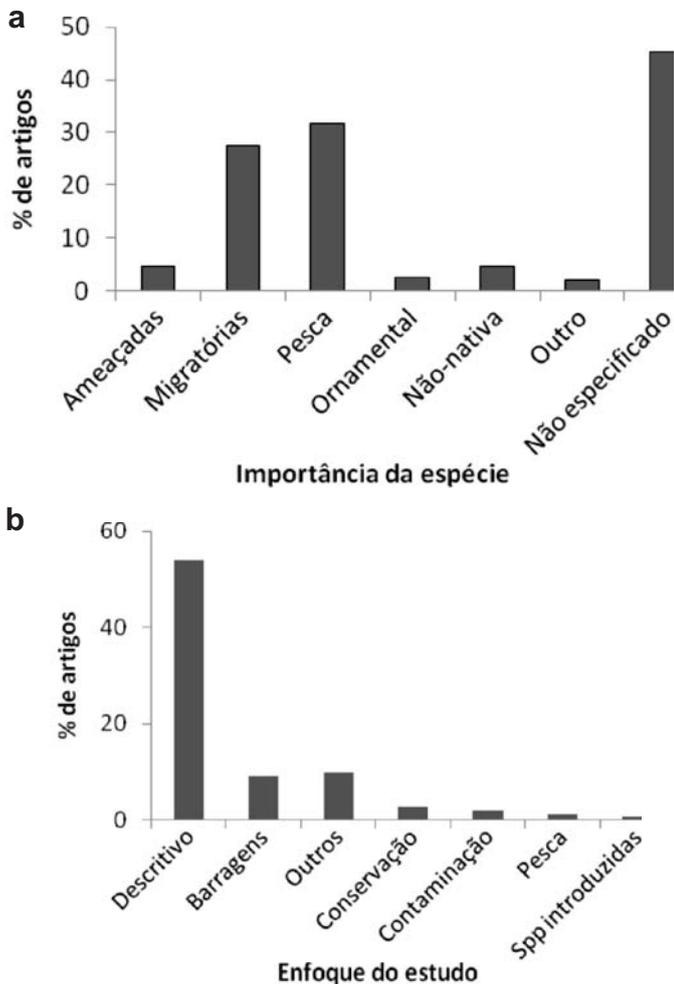


Fig. 4. Classificação dos artigos sobre reprodução de peixes no Brasil, segundo (a) espécies de interesse especial; e (b) enfoque dos estudos (para cerca de 30% dos artigos não foi possível definir o enfoque).

Discussão

O levantamento nas bases bibliográficas internacionais certamente representa apenas uma amostra parcial dos trabalhos científicos brasileiros sobre reprodução de peixes em populações naturais. O número de artigos é certamente inferior ao existente, uma vez que diversas revistas brasileiras, onde trabalhos sobre peixes neotropicais são publicados, não estão indexadas (ou estão apenas parcialmente) nas bases consultadas. A mesma pesquisa realizada na base SciELO Br produziu cerca de 30 referências adicionais e não listadas nas bases internacionais para o período 2000-2010 (dados não incorporados aqui). Certas distorções ocorrem simplesmente por conta de que determinados temas não costumam ser publicados em revistas científicas, mas em livros ou outros meios não indexados. Além disso, em estudos sobre pesca, os aspectos reprodutivos geralmente são analisados em contexto mais amplo e podem ter escapado à estratégia de busca aqui empregada. Este é o caso de diversos artigos sobre pesca realizados na bacia do Paraná-Paraguai (e.g., Agostinho *et al.*, 2004). Entretanto, os 152 artigos aqui examinados são provavelmente uma amostra representativa do universo de pesquisa brasileira mais diretamente voltada à reprodução de peixes em ambiente natural nos últimos 10 anos.

A análise dos artigos indica que o conhecimento sobre reprodução em populações naturais de peixes no Brasil, tal qual refletido pela produção científica nos últimos 10 anos, é bastante amplo, mas apresenta diversas lacunas. Segundo Pauly (1998), os ictiólogos tendem a concentrar seus estudos em uma espécie, ou grupo de espécies, de forma que o conhecimento sobre peixes em grande parte consiste de informações dispersas. O panorama parcial aqui apresentado sugere um cenário semelhante para a pesquisa em reprodução de populações naturais de peixes no Brasil, acrescentando que há ainda tendenciosidade quanto ao tamanho dos organismos, quanto aos atributos reprodutivos investigados e quando à forma de amostragem.

Um ponto importante do acúmulo de conhecimento gerado pela pesquisa científica em biodiversidade é a possibilidade de identificar padrões gerais, propor e testar hipóteses e modelos e desenvolver teorias e aplicações. Por exemplo, uma abordagem macroecológica (Brown, 1995) com atributos de história de vida pode ser utilizada para tentar prever que espécies são mais propensas à extinção (Parent & Schriml, 1995; Jager *et al.*, 2008) ou investigar sinal filogenético e conservação filogenética de nicho (Losos, 2008; Wiens, 2008) em atributos reprodutivos. Entretanto, os resultados aqui apresentados sugerem um conhecimento fragmentado e concentrado sobre reprodução em alguns grupos taxonômicos e proporcionalmente mais representativo de espécies de médio porte. O tamanho corporal é uma das características mais importantes dos organismos e influencia as interações com outros organismos, características de história de vida (e.g., espécies maiores tendem a ser mais longevas) e mesmo características da dinâmica populacional (Pauly, 1998). Logo, a maior proporção de estudos sobre espécies de médio porte provavelmente subestima a diversidade de padrões reprodutivos das espécies de pequeno porte. Adicionalmente, há uma insuficiente representação de peixes de riachos, hábitat que concentra uma grande proporção da riqueza de espécies. Nesse sentido, a diversidade de modos reprodutivos provavelmente é ainda pobremente conhecida, diminuindo a capacidade de encontrar padrões gerais.

Um exemplo de questão geral foi colocada por Winemiller *et al.* (2008): “De que forma as estratégias reprodutivas estão relacionadas com a variação e dinâmica de hábitat (...)?”. Para responder a essa questão é necessário, no mínimo, que os estudos sobre biologia de peixes, mesmo que descritivos e direcionados a uma única espécie, produzam informação sobre os atributos reprodutivos mais importantes (tamanho de primeira maturação, duração do período reprodutivo, fecundidade, tipo de desova, cuidado parental, tamanho da prole; Winemiller, 1989). Mais ainda, devem relacionar a variabilidade desses atributos com a dinâmica de características ambientais como regime hidrológico e temperatura. Entretanto, estudos com essas características representaram apenas 10% do universo analisado (Fig. 2).

O desconhecimento sobre o uso do hábitat em fases críticas do ciclo de vida de peixes tropicais, sobre variações populacionais sazonais e interanuais, e o simples fato de que a história de vida básica da maioria das espécies não foi estudada, já foi destacado por diversos autores (Vazzoler & Menezes, 1992; Winemiller *et al.*, 2008). Os resultados aqui apresentados mostram que a maioria dos estudos sobre reprodução foi realizada em apenas um tipo de hábitat, privilegiando, portanto, as espécies que realizam todo o ciclo de vida em um único hábitat, ou representando apenas parcialmente sua história de vida (exceção feita aos grandes migradores, que vêm progressivamente recebendo mais atenção; Carosfeld *et al.*, 2003). Logo, a falta de estudos de médio e longo prazo e o baixo número de hábitats amostrados impedem que se tenha noção sobre padrões reprodutivos mais complexos e suas variações inter-hábitat e interanuais.

Finalmente, a maior parte dos artigos apresenta enfoque descritivo, mesmo quando tratando de espécies de interesse especial (e.g. ameaçadas ou de importância para pesca). Praticamente nada se sabe sobre como a reprodução das espécies é afetada em águas poluídas, algo que parece fundamental, dada a quantidade de hábitats impactados pela urbanização e poluição industrial. Tampouco foram investigadas características da biologia reprodutiva de boa parte das espécies ameaçadas.

A grande riqueza de espécies existente obviamente torna inviável que se pretenda conhecer todos os aspectos da reprodução de peixes neotropicais. Porém, a evolução do conhecimento e a busca de padrões, sínteses e aplicações pode se beneficiar a partir de uma estratégia de produção científica que tente ser representativa da diversidade taxonômica, de tamanhos corporais e de hábitats. Além disso, há necessidade de um aumento de estudos que relacionem explicitamente reprodução a manejo pesqueiro, espécies ornamentais, a conservação de espécies ameaçadas, e ao efeito de degradação ambiental.

Literatura citada

Agostinho, A. A., L. C. Gomes, S. Veríssimo & E. K. Okada. 2004. Flood regime, dam regulation and fish in the upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 14: 11-19.

Balon, E. K. 1975. Reproductive guilds of fishes – proposal and definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 32: 821-864.

Breder, C. M. & D. E. Rosen. 1966. *Modes of Reproduction in Fishes*. T.F.H. Publications, Jersey City, NJ.

Brown, J. H. 1995. *Macroecology*. University of Chicago Press, Chicago.

Carosfeld, J., B. Harvey, C. Ross & A. Baer. 2003. *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*. World Fisheries Trust, British Columbia, Canada.

Costa, W. J. E. M. 2002. *Peixes anuais brasileiros: diversidade e conservação*. Editora da UFPR, Curitiba.

Froese, R. & D. Pauly. 2000. *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines. Disponível em <http://www.fishbase.org/search.php>

Jager, H. I., K. A. Rose & A. Vila-Gispert. 2008. Life history correlates and extinction risk of capital-breeding fishes. *Hydrobiologia* 602: 15-25

Losos, J.B. 2008. Phylogenetic niche conservatism, phylogenetic signal and the relationship between phylogenetic relatedness and ecological similarity among species. *Ecological Letters* 11: 995-1003.

Lowe-McConnell, R. H. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press, Cambridge.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2008. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. (A. B. M. Machado, G. M. Drummond & A. P. Paglia, Eds.). MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Departamento de Conservação da Biodiversidade, Brasília.

Parent, S. & L. M. Schriml. 1995. A model for the determination of fish species at risk based upon life-history traits and ecological data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 1768-1781.

Pauly, D. 1998. Tropical fishes: patterns and propensities. *Journal of Fish Biology* 53(Supplement A): 1-17.

Reis, R. E., S. O. Kullander & C. J. Ferraris, Jr. 2003. *Checklist of the freshwater fishes of South and Central America*. EDIPUCRS, Porto Alegre.

Vazzoler, A. E. & N. A. Menezes. 1992. Síntese de conhecimento sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). *Revista Brasileira de Biologia* 52: 627-640.

Wiens, J. J. 2008. Commentary on Losos (2008): Niche conservatism déjà vu. *Ecological Letters* 11: 1004-1005.

Winemiller, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia* 81: 225-241.

Winemiller, K. O., A. A. Agostinho & E. P. Caramaschi. 2008. Fish ecology in tropical streams. Pp.107-146. *In: Dudgeon, D. (Ed.) Tropical stream ecology*. Academic Press, San Diego.

(FGB) fgbecker@ufrgs.br
(LCCF) lucas.defries@yahoo.com.br
(TFRG) taisfrg@yahoo.com.br
(BAM) brunameneses@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Ecologia, Porto Alegre, RS. ■

Associações alimentares do tipo nuclear-seguidor entre peixes e outros animais em Fernando de Noronha

Cristina Sazima, João Paulo Krajewski, Roberta M. Bonaldo & Ivan Sazima

Os recifes são os locais de maior riqueza de espécies e de interações no ambiente marinho. Entre os variados tipos de interações que envolvem organismos recifais, o comportamento de seguir outros animais em atividade de forrageamento é comumente observado em peixes (Strand, 1988; Lukoschek & McCormick, 2000; Sazima *et al.*, 2007). Neste tipo de associação alimentar interespecífica, as espécies “nucleares” perturbam o substrato enquanto se alimentam, atraindo peixes “seguidores” que aproveitam organismos expostos pelo nuclear, como pequenos invertebrados e peixes (Fricke, 1975; Lukoschek & McCormick, 2000; Sazima *et al.*, 2007).

A associação entre nucleares e seguidores está registrada para várias espécies de peixes de diversas famílias, além de outros grupos animais, em diversas regiões (e.g., Lukoschek & McCormick, 2000; Sazima *et al.*, 2007). Peixes são os nucleares mais comuns, porém polvos, estrelas-do-mar e tartarugas, também agem como nucleares (Diamant & Shpigel, 1985; Gibran, 2002; Sazima *et al.*, 2004). Entre os peixes recifais, a maioria das espécies nucleares é carnívora, mas também há espécies herbívoras (principalmente Acanthuridae e Labridae). Em geral, os seguidores são carnívoros ou onívoros e oportunistas, mas alguns herbívoros aproveitam as partículas orgânicas em suspensão ou porções de algas arrancadas/desprendidas do fundo devido à ação do nuclear ou dos próprios seguidores (Sazima *et al.*, 2006, 2007).

No arquipélago oceânico de Fernando de Noronha, cerca de 350 km da costa nordeste do Brasil, foram observadas 27 espécies de peixes recifais, duas de invertebrados e uma de tartaruga agindo como nucleares e 26 espécies de peixes recifais, como seguidoras (Sazima *et al.*, 2007). Das cerca de 170 espécies de peixes recifais registradas para o arquipélago, aproximadamente 20% tomam parte neste tipo de associação alimentar, atuando como nuclear ou seguidor.

Nas associações registradas entre peixes em Fernando de Noronha, carnívoros que perturbam o substrato ao forragear representam a maioria (74%) das espécies na função de nuclear, ao passo que carnívoros vagueadores ou sedentários representam a maioria (72%) das espécies na função de seguidores (Sazima *et al.*, 2007). O saramunete *Pseudupeneus maculatus* (Mullidae) é o nuclear mais frequente nas interações, tendo sido observado em 258 interações de um total de 531 registradas. O saramunete tem a lista mais extensa de espécies de seguidores (17), incluindo peixes herbívoros como cirurgiões e peixes-papagaio (Sazima *et al.*, 2006, 2007). Por outro lado, os seguidores mais frequentes em Fernando de Noronha são o budião-bindalo *Halichoeres radiatus* (Labridae) e a piraúna

Cephalopholis fulva (Epinephelidae), presentes em 187 e em 117 interações, respectivamente, associadas a uma grande variedade de espécies nucleares (Sazima *et al.*, 2007).

Quatro tipos de peixes nucleares (Figs. 1 e 2) podem ser considerados como representativos das interações alimentares interespecíficas, do tipo nuclear-seguidor, em Fernando de Noronha (Sazima *et al.*, 2007). O saramunete *P. maculatus* é uma espécie escavadora muito comum e ativa, podendo forragear solitário ou em grupos. Essa amplitude de comportamentos alimentares do saramunete, somada à sua constante atividade de forrageamento, atrai um grande e diverso séquito de espécies seguidoras de variadas classes de tamanho e, certamente, contribui para que este mulídeo seja a espécie nuclear mais frequente neste tipo de interação. Adicionalmente, o saramunete é representativo deste tipo de interação no arquipélago, pois possui a lista mais extensa de espécies seguidoras registrada para uma dada espécie nuclear até agora em qualquer região do mundo, ainda que Fernando de Noronha não apresente uma alta riqueza de espécies (Sazima *et al.*, 2007). Moréias e enguias não são especialmente frequentes nas associações registradas no arquipélago, mas por explorarem reentrâncias e fendas nos recifes ao se alimentarem, expõem presas que não estariam, de outro modo, disponíveis aos seguidores mesmo através da atividade de outras espécies nucleares. Espécies que escavam o substrato (e.g., corcorocas e xiras) ou raspam algas e outros animais incrustantes do fundo (e.g., peixes-papagaio) são conspícuas entre os peixes recifais e atuam como importantes nucleares para algumas espécies de seguidores. Adicionalmente, estas espécies nucleares defecam nuvens de partículas, avidamente exploradas pelos budiões-de-Noronha *Thalassoma noronhanum* (Labridae). A arraia-prego, *Dasyatis americana* (Dasyatidae), provoca grandes perturbações em fundos de areia ao forragear, levantando extensas nuvens de sedimentos, o que atrai diversas espécies de seguidores. O polvo *Octopus insularis* entra em fendas e reentrâncias, além de explorar, com os tentáculos, interstícios do recife ao procurar alimento, comportamento que faz com que seja regularmente seguido por carnívoros oportunistas.

Entre os seguidores, o budião-de-Noronha se destaca das demais espécies no arquipélago, pois se alimenta de partículas desprendidas do substrato, partículas expelidas e partículas defecadas, além de agir como limpador das espécies que segue (C. Sazima *et al.*, 2005). Ao limpar o nuclear, o budião-de-Noronha se alimenta de parasitas que retira do corpo das espécies nucleares (C. Sazima *et al.*, 2005). Este labrídeo acompanha diversas espécies de peixes, mas o maior volume de interações registrado para ele está

concentrado em quatro espécies de nucleares: os peixes-papagaio *Sparisoma frondosum*, *S. axillare*, *S. amplum* (Labridae) e a cambeba *Haemulon parra* (Haemulidae).

Os golfinhos-rotadores (*Stenella longirostris*) de Fernando de Noronha também são acompanhados por diversas espécies de peixes recifais que aproveitam os dejetos expelidos pelos golfinhos (Sazima *et al.*, 2003). Nesta associação, o cangulo *Melichthys niger*

(Balistidae) é um dos mais assíduos comedores de fezes e vômitos, que formam nuvens de partículas na coluna d'água aos serem expelidos. Os golfinhos adotam posturas corporais características antes de se aliviarem, o que é reconhecido pelos cangulos, que convergem rapidamente em direção ao golfinho prestes a defecar ou vomitar, seguindo-o por alguns metros até que os dejetos sejam expelidos.

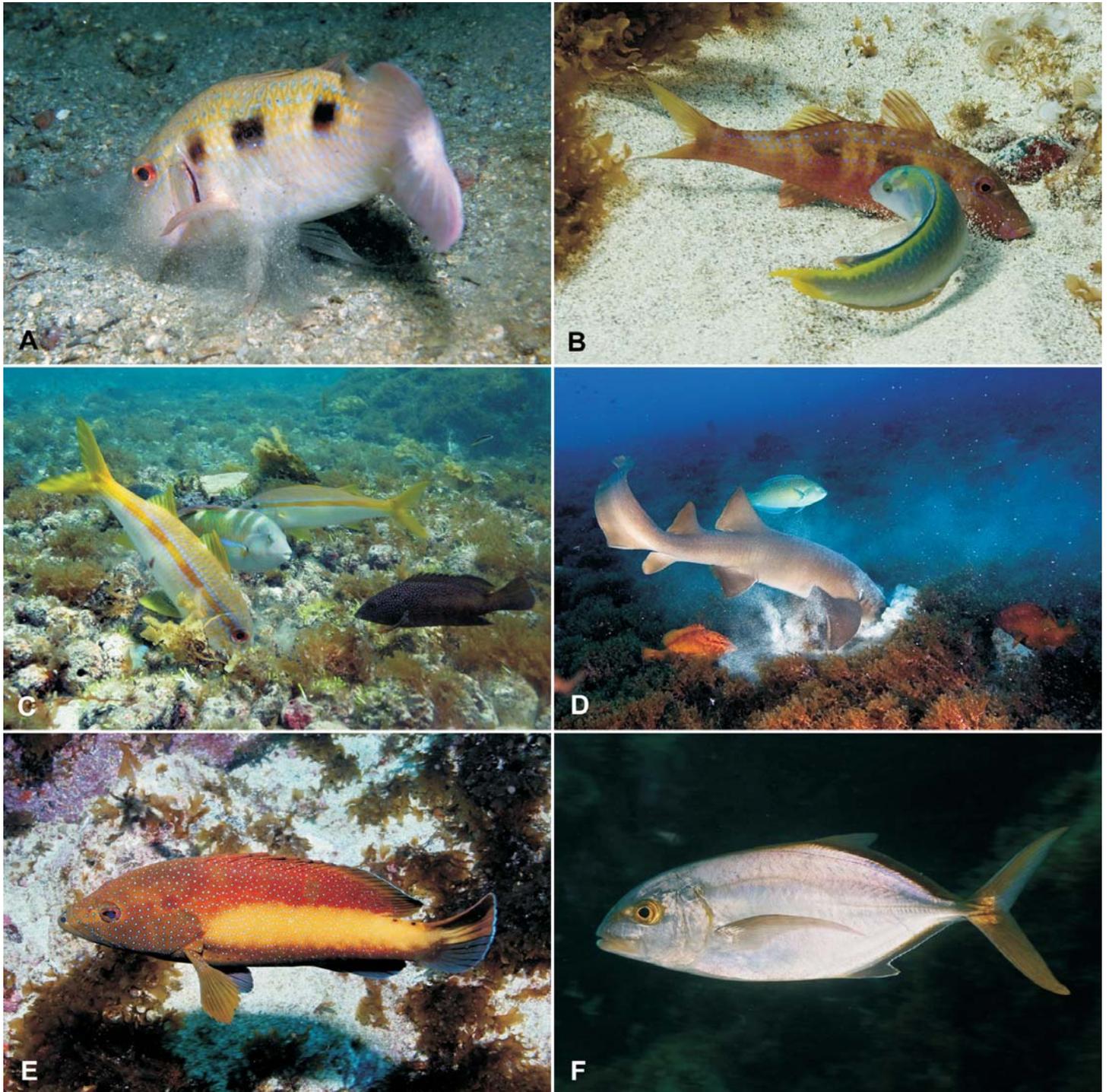


Fig. 1. Nucleares e seguidores em Fernando de Noronha. **A.** O saramunete (*Pseudupeneus maculatus*) levanta nuvens de partículas ao seu redor, enquanto escava fundos arenosos em busca de pequenos peixes e invertebrados. **B.** A nuvem de aréa produzida pela escavação do saramunete funciona como uma pista visual que logo atrai seguidores, como o budião-bindalo (*Halichoeres radiatus*). **C.** A piraúna (*Cephalopholis fulva*) e o budião-bindalo também são atraídos pela atividade alimentar de saramunetes-de-coroa (*Mulloidichthys martinicus*), escavadores por excelência. **D.** Algumas espécies de tubarões que forrageiam em busca de alimento no fundo, como o tubarão-lixo (*Ginglymostoma cirratum*), atraem espécies oportunistas como a piraúna e o budião-bindalo. **E.** Nas interações entre nuclear e seguidor, a piraúna é uma espécie comumente registrada, associando-se a diversas espécies de peixes, assim como a invertebrados. **F.** Espécies carnívoras vagueadoras, como a guarajuba (*Caranx bartholomaei*), também podem ser atraídas pela atividade de espécies nucleares.

Metade das espécies registradas nas associações alimentares entre peixes recifais em Fernando de Noronha pode atuar tanto como nuclear quanto como seguidor, em eventos alimentares distintos (Sazima *et al.*, 2007). O saramunete *Pseudupeneus maculatus*, um nuclear importante e praticamente onipresente no

arquipélago, também atua como seguidor, inclusive acompanhando espécies herbívoras. De modo similar, carnívoros oportunistas como a piraúna *Cephalopholis fulva* e a guarajuba *Caranx bartholomaei* (Carangidae), registrados principalmente como seguidores, também agem como nucleares (Sazima *et al.*, 2007).

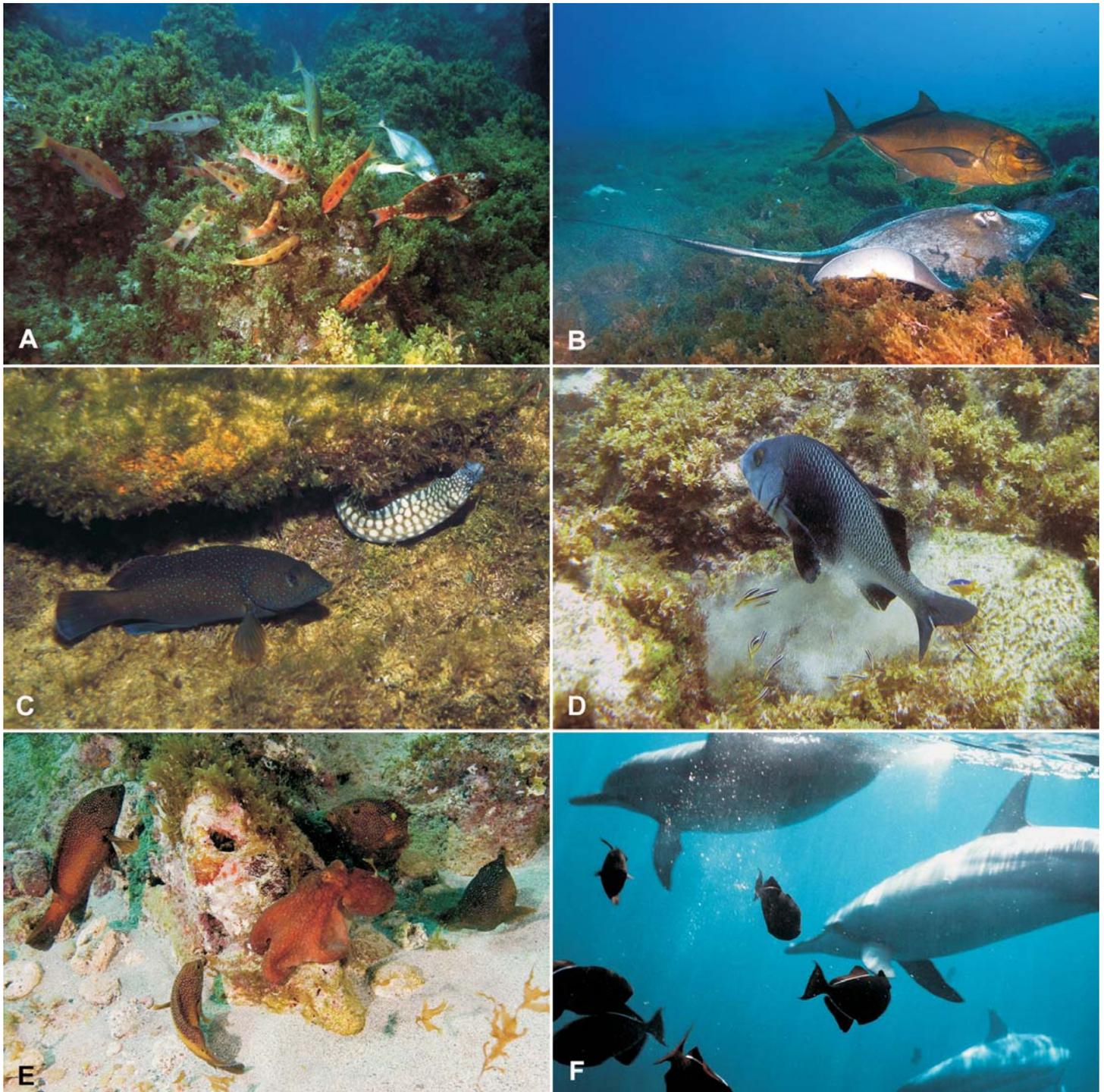


Fig. 2. Interações representativas entre nucleares e seguidores em Fernando de Noronha. **A.** Um grupo de saramunetes procurando alimento é um convite irresistível para predadores oportunistas, como guarajubas, xareletes (*Caranx latus*), e budiões-bindalo. **B.** A arraia-prego (*Dasyatis americana*) é um nuclear disputado por algumas espécies de seguidores, principalmente a guarajuba, que pode escurecer sinalizando a posse de seu “território alimentar ambulante” aos seus concorrentes. **C.** Algumas espécies de moréias, como a moréia-pintada (*Muraena pavonina*), são nucleares que atraem prontamente a atenção de seguidores. **D.** O onipresente budião-de-Noronha (*Thalassoma noronhanum*), além de aproveitar as partículas orgânicas no substrato perturbado, também aproveita as que estão presentes nas fezes, como as deste cabovelho (*Anisotremus surinamensis*). **E.** Mais simples do que localizar um polvo (*Octopus insularis*) no ambiente recifal é localizar um polvo em atividade alimentar, explorando fendas e reentrâncias com seus tentáculos e sendo seguido por um séquito de piraúnas **F.** Embora os golfinhos-rotadores (*Stenella longirostris*) não sejam, a rigor, considerados como espécies nucleares, têm seguidores que aproveitam seus vômitos e fezes, como fazem os cangulos (*Melichthys niger*).

Em muitos casos, é possível prever se uma espécie pode atuar como nuclear ou seguidora nas associações alimentares interespecíficas. No caso de seguidora, parece não haver regras muito estritas, mas carnivorismo é um fator que pode aumentar o potencial de uma espécie se comportar como seguidora. Aparentemente, não há outros componentes comportamentais que possam prever as chances de uma espécie atuar como seguidora (Sazima *et al.*, 2007), mas um traço comum às espécies registradas nesta função é o oportunismo. Em Fernando de Noronha, as duas espécies seguidoras quase onipresentes nas associações alimentares (*H. radiatus* e *C. fulva*) são predadores altamente oportunistas. Além disso, as famílias às quais pertencem são conhecidas por terem representantes de hábitos alimentares ou táticas de forrageamento versáteis. Labridae possui espécies capazes de variar seu modo de alimentação desde planctofagia até limpeza de outros peixes e, notavelmente, uso de pedras como bigorna para quebrar presas grandes (*i.e.*, caranguejos; Sazima *et al.*, 1998; C. Sazima *et al.*, 2005). Epinephelidae possui diversas espécies com comportamento exploratório desenvolvido e comportamento alimentar variável, sendo o mimetismo agressivo e a simulação de doença ou morte as táticas mais notáveis (Gibran, 2004; I. Sazima *et al.*, 2005).

Por outro lado, no caso das espécies nucleares, é possível prever se uma determinada espécie poderia atuar nesta função com base em uma única característica comportamental: a capacidade de criar perturbação no substrato (Sazima *et al.*, 2007). A perturbação provocada pela atividade da espécie nuclear comumente gera nuvens de partículas, um fator importante na atração das espécies seguidoras (Fricke, 1975; Sazima *et al.*, 2006; Krajewski, 2009). Em geral, peixes que procuram alimento em fundos arenosos e assim levantam nuvens de sedimento, como as espécies de Mullidae, atraem um grande número de indivíduos e espécies de seguidores (Lukoschek & McCormick, 2000; Sazima *et al.*, 2006). Além disso, algumas características relacionadas às espécies nucleares, como o grau de perturbação no substrato, versatilidade de forrageamento e abundância relativa, podem influenciar o número e a diversidade de espécies de seguidores associada a cada espécie nuclear (Sazima *et al.*, 2006, 2007). Neste sentido, a guilda de zoobentívoros parece ser o único grupo trófico que pode ser caracterizado consistentemente como nuclear, especialmente no caso de espécies que forrageiam sobre fundos não-consolidados. Como consequência, Mullidae provavelmente representa o único grupo taxonômico de peixes recifais que poderia ser considerado como composto inteiramente por espécies nucleares em potencial, ou de fato registradas.

As associações alimentares entre nucleares e seguidores são um componente relevante das comunidades recifais, tanto tropicais como temperadas. O número de espécies envolvidas e o tempo investido por algumas espécies seguidoras em associações alimentares interespecíficas são indicativos da importância que este tipo de interação exerce sobre a ictiofauna local. No entanto, este tipo de associação ainda permanece pouco estudado no Brasil, assim como em outras regiões do mundo.

Literatura citada

- Diamant, A. & M. Shpigel. 1985. Interspecific feeding association of groupers (Teleostei: Serranidae) with octopuses and moray eels in the Gulf of Eilat (Aqaba). Environmental Biology of Fishes 13: 153-159.
- Fishelson, L. 1977. Sociobiology of feeding behavior of coral fish along the coral reef of the Gulf of Elat (=Gulf of 'Aqaba), Red Sea. Israel Journal of Zoology 26: 114-134.
- Fricke, H. W. 1975. The role of behaviour in marine symbiotic animals. Pp. 581-594. In: Jennings, D. H. & D. L. Lee (Eds.). Symbiosis, Symposia of the Society for Experimental Biology 29. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gibran, F. Z. 2002. The sea basses *Diplacrum formosum* and *D. radiale* (Serranidae) as followers of the sea star *Luidia senegalensis* (Asteroidea) in southeastern Brazil. Brazilian Journal of Biology 62: 591-594.
- Gibran, F. Z. 2004. Dying or illness feigning: an unreported feeding tactic of the comb grouper *Mycteroperca acutirostris* (Serranidae) from the Southwest Atlantic. Copeia 2004: 403-405.
- Krajewski, J. P. 2009. How do follower reef fishes find nuclear fishes? Environmental Biology of Fishes 86: 379-387.
- Lukoschek, V. & M. I. McCormick. 2000. A review of multi-species foraging associations in fishes and their ecological significance. In: Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia, 23-27 October 2000.
- Sazima, C., A. Grossman, C. Bellini & I. Sazima. 2004. The moving gardens: reef fishes grazing, cleaning, and following green turtles in SW Atlantic. Cybiurn 28: 47-53.
- Sazima, C., R. M. Bonaldo, J. P. Krajewski & I. Sazima. 2005. The Noronha wrasse: a jack-of-all-trades follower. Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic Biology 9: 97-108.
- Sazima, C., J. P. Krajewski, R. M. Bonaldo & P. R. Guimarães Jr. 2006. The goatfish *Pseudupeneus maculatus* and its follower fishes at an oceanic island in the tropical West Atlantic. Journal of Fish Biology 69: 883-891.
- Sazima, C., J. P. Krajewski, R. M. Bonaldo & I. Sazima. 2007. Nuclear-follower foraging associations of reef fishes and other animals at an oceanic archipelago. Environmental Biology of Fishes 80: 351-361.
- Sazima, I., C. Sazima & J. M. Silva-Jr. 2003. The cetacean offal connection: feces and vomits of spinner dolphins as a food source for reef fishes. Bulletin of Marine Science 72: 151-160.
- Sazima, I., J. P. Krajewski, R. M. Bonaldo & C. Sazima. 2005. Wolf in a sheep's clothes: juvenile coney as an aggressive mimic of the brown chromis. Neotropical Ichthyology 3: 315-318.
- Sazima, I., R. L. Moura & J. L. Gasparini. 1998. The wrasse *Halichoeres cyanocephalus* (Labridae) as a specialized cleaner fish. Bulletin of Marine Science 63: 605-610.
- Strand, S. 1988. Following behavior: interspecific foraging associations among Gulf of California reef fishes. Copeia 1988: 351-357.

(CS) csazima@gmail.com

(JPK) jpaulokra@yahoo.com.br

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Biologia Animal, Campinas, SP.

(IS) isazima@gmail.com

Universidade Estadual de Campinas, Museu de Zoologia, Campinas, SP.

(RMB) robertabonaldo@gmail.com

Georgia Institute of Technology, School of Biology, Atlanta, EUA. ■

Estocagem de peixes: quando um mais um pode ser menos que dois

Angelo A. Agostinho, Fernando M. Pelicice, Luiz C. Gomes & Horácio F. Júlio Jr.

As primeiras estocagens conduzidas no Brasil que alcançaram sucesso em obter populações auto-sustentáveis e melhoraram o rendimento pesqueiro ocorreram na região Nordeste (Paiva *et al.*, 1994). Essa experiência, especialmente com as espécies não-nativas, foi difundida para outras regiões do Brasil, constituindo-se na principal atividade de manejo pesqueiro praticada por órgãos de fomento da pesca e pelas concessionárias de energia hidrelétrica. Como resultado, espécies não-nativas predominavam nos programas de estocagem desenvolvidos até 1990 nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. Algumas delas alcançaram sucesso na colonização, sendo atualmente disseminada nessas bacias (e.g. curvina, tucunaré), enquanto outras, embora não disseminadas, são localmente abundantes (e.g., tilápias, apaiari, sardinha de água doce).

Muitas dessas atividades foram ineficientes ou representaram uma ameaça adicional para a biodiversidade (Agostinho *et al.*, 2004, 2007a, 2007b). Elas foram apoiadas pela percepção positiva da sociedade em relação aos peixamentos (senso comum) e, na maioria das vezes, tiveram forte apelo político-eleitoreiro (Agostinho *et al.*, 2005). O senso comum explica a aceitação, por parte das pessoas, das estocagens como medida compensatória de impactos e o caráter compulsório de seu uso como punição em casos de transgressão de normas ambientais. Atividades de estocagens são também frequentes como parte da programação de comemorações de datas festivas, muitas vezes considerada como importante estratégia de educação ambiental.

Então, as ações de estocagem no Brasil foram historicamente realizadas com base em um conhecimento precário tanto do sistema a ser manejado, como da espécie a ser estocada e da necessidade dessa ação. Além disso, a inexperiência em relação à forma de condução da estocagem (espécie e quantidade necessária, local, tamanho e época de soltura, etc.) levou à opção pela prática de “tentativa e erro”; porém sem o monitoramento dos resultados que poderiam levar ao aprendizado com o processo (Gomes *et al.*, 2004; Agostinho *et al.*, 2004, 2007b; Pelicice *et al.*, 2009). Assim, a negligência em relação à qualidade genética dos reprodutores e mesmo de outros possíveis impactos negativos sobre as populações naturais tornou essa atividade de manejo ameaça potencial e constante às populações locais e à própria pesca – embora tais consequências nunca tenham sido alvos de estudo e detalhamento empírico. Além desses, existem informações que indicam que os esforços de estocagem conduzidos nos reservatórios brasileiros estão muito abaixo do necessário para resposta dos estoques (para detalhes, ver Quirós, 1999; Agostinho *et al.*, no prelo).

Entretanto, a precariedade ou inexistência de avaliação dos resultados das estocagens é o principal fator que permitiu com que programas inócuos persistissem por mais de 50 anos, com desperdício de recursos, esforços e oportunidades, como demonstram o baixo rendimento da pesca em reservatórios do alto rio Paraná e o precário estado de conservação dos estoques nos principais tributários desse trecho (Agostinho *et al.*, 2004; 2007a).

O objetivo desse trabalho é fazer uma breve revisão dos diversos tipos de estocagem, discutir os principais impactos decorrentes dessa atividade, além de fornecer recomendações técnicas básicas de como deveria ser conduzido o processo de estocagem. Dessa maneira, serão apresentadas idéias relacionadas a **i)** quando usar a ação (processo decisório), **ii)** aos cuidados no processo de produção dos alevinos (estações de piscicultura) e **iii)** soltura de alevinos, e, finalmente, **iv)** como o monitoramento deve ser conduzido. Ressalta-se que esse texto é uma modificação de um trabalho mais amplo, que será publicado na revista *Natureza & Conservação* (Agostinho *et al.*, no prelo: *Natureza & Conservação* vol. 8(2), disponível em www.abecol.org.br), sendo sua leitura recomendada.

Impactos potenciais

A estocagem é uma estratégia de manejo com potencial para promover a melhoria dos estoques e que pode produzir bons resultados para a conservação de espécies ameaçadas, podendo ser classificada em diversos tipos (Caixa 1). No entanto, como qualquer ação de manejo que envolva biomanipulação, a estocagem de peixes implica em alguns riscos ambientais que pode atingir proporções trágicas se conduzida de forma descuidada. Entre os impactos potenciais com a estocagem, destacam-se a introdução de espécies não-nativas de peixes, mesmo em estocagens que não tenham esse propósito, a disseminação de patógenos e parasitas, além daquelas relacionadas à qualidade genética das matrizes e alevinos (efeito gargalo - “*bottleneck*”, perda de variabilidade genética e “*fitness*”, domesticação) e na estrutura e funcionamento das comunidades (competição intra e interespecífica, predação), entre outras.

A introdução de espécies não-nativas via estocagem parece ser o problema mais conhecido, sendo também um dos mais agressivos (Cambray, 2003; Eby *et al.*, 2006; Rahel, 2007). Alterações hidrológicas, inevitáveis em represamentos, e espécies introduzidas são atualmente as principais ameaças à biota de água doce (Johnson *et al.*, 2008). Paradoxalmente, a estocagem de espécies exóticas foi uma das estratégias utilizadas para mitigar impactos advindos com os reservatórios. Os problemas com predação, competição, parasitismo,

Caixa 1. As diversas modalidades de estocagem (Cowx, 1994, 1999; Agostinho *et al.*, no prelo).

- **Estocagem de manutenção:** quando a espécie é liberada em uma área onde historicamente ocorria, porém não contém mais populações auto-sustentáveis, ou seja, não há recrutamento natural e requer liberações periódicas e permanentes.

- **Estocagem de suplementação:** quando o estoque natural apresenta restrições demográficas ou genéticas decorrentes de redução ou modificação de habitats críticos, pesca excessiva, falhas no recrutamento, fragmentação, entre outras.

- **Adição ou introdução:** quando envolver a liberação de espécie cuja área de distribuição natural não inclui o corpo de água receptor, podendo, porém, estabelecer populações auto-sustentáveis.

- **Estocagem para mitigação:** pode ser voluntária ou obrigatória, visando atenuar ou compensar danos produzidos no ambiente.

- **Estocagem para pesca:** melhorar o rendimento pesqueiro.

- **Estocagem para restauração:** para complementar outras ações de manejo destinadas a remover ou reduzir fatores que limitam dos estoques.

- **Criar uma nova pesca:** adição ou introdução de uma nova espécie.

alterações de habitat e degradação genética decorrente de estocagem com espécies não-nativas na América Latina são amplamente discutidos na literatura (Zaret & Paine, 1973; Santos *et al.*, 1994; Gabrielli & Orsi, 2000; Vieira & Pompeu, 2001; Agostinho *et al.*, 2007a, 2007b; Resende *et al.*, 2008; Pelicice & Agostinho, 2009; Vitule *et al.*, 2009). Não menos problemático para a conservação é a introdução de patógenos e parasitas durante o processo de estocagem, veiculados tanto no meio circulante utilizado para o transporte como através de peixes infectados liberados no ambiente (Molony *et al.*, 2003 e citações nele).

As perdas genéticas, embora pouco investigadas em reservatórios brasileiros (como exceção ver Matsumoto & Hilsdorf, 2009), têm sido consideradas entre os impactos mais frequentes e deletérios no processo de estocagem (Hindar *et al.*, 1991; Araki *et al.*, 2007), podendo comprometer a sustentabilidade das populações selvagens a curto e longo prazo (escalas ecológicas e evolutivas, respectivamente). Essas constatações conflitam com a opinião pública, que entende a soltura de peixes como um evento inexoravelmente positivo, que só pode ajudar a recuperação do meio ambiente.

No Brasil, as regras operacionais para a produção de alevinos para a estocagem são, frequentemente, as mesmas utilizadas para a produção desses para a piscicultura, sendo que essa produção é, em geral, realizada em concomitância na mesma estação de piscicultura. Deve-se destacar, entretanto, que mudanças na frequência gênica são inevitáveis na manipulação da reprodução e criação de animais silvestres em cativeiro. Essas mudanças, bem documentadas para as espécies domesticadas, decorrem do cruzamento entre indivíduos com alto grau de parentesco e/ou reduzido tamanho populacional

(“*inbreeding*”), do cruzamento de peixes geneticamente divergentes (“*outbreeding*”), ou seleção gênica artificial pelo favorecimento de características adaptativas ao meio de criação durante a manutenção de reprodutores ou durante o desenvolvimento de ovos, larvas e alevinos (domesticação; Flagg & Nash, 1999).

Assim, a seleção de reprodutores feitas com base em características zootécnicas ligadas à produção ou a manutenção de um plantel reduzido durante um tempo prolongado pode contribuir para homogeneização do estoque em cultivo, afastando-o da matriz gênica selvagem (“*inbreeding*”). A variabilidade genética do plantel, que costuma ser muito baixa (Calcagnoto & Toledo-Filho, 2000), faz com que estocagens contínuas de indivíduos provenientes de estações de piscicultura deteriore a variabilidade genética da população selvagem, uma vez que a troca gênica entre elas é inevitável (“*inbreeding depression*”). O uso de gerações provenientes do mesmo plantel também é comum em estações de piscicultura, podendo aumentar a incidência de anomalias na formação dos alevinos e interferir nas taxas de sobrevivência e crescimento dos peixes. Destaca-se que, como as pressões ambientais em cativeiro diferem muito das pressões as quais os peixes estão submetidos em condições naturais, a produção de algumas gerações em cultivo é suficiente para alterar o *pool* gênico do grupo domesticado e, por consequência, reduzir sua performance biológica no ambiente natural (Ford, 2002; Caroffino *et al.*, 2008).

A produção e estocagem de dada espécie em uma bacia a partir de reprodutores obtidos em outra foi procedimento frequente no Brasil até recentemente. Embora os efeitos dessa estocagem não tenham sido investigados, é sabido que populações espacialmente isoladas e sujeitas às diferentes pressões seletivas podem, no decorrer do processo evolutivo, apresentar *pool* gênico adaptado às condições locais, porém com desempenho possivelmente insatisfatório em outra bacia, mesmo que dentro da área de distribuição natural da espécie. A liberação de indivíduos de populações naturalmente distintas leva aos problemas da “*outbreeding depression*”, por afetar a viabilidade e a fecundidade da população receptora, comprometendo o *fitness* dos indivíduos. A reprodução com indivíduos de populações remotas pode diluir alelos localmente vantajosos pelo influxo de novos alelos, sendo essa possibilidade especialmente crítica se esse evento afetar “complexos gênicos” co-adaptados (combinação de gene localmente adaptada).

Por fim, cabe destacar que o conhecimento da capacidade suporte do ambiente e do tamanho do estoque selvagem são premissas básicas que devem orientar a necessidade da estocagem (Cowx, 1999). Esses aspectos, entretanto, têm sido sistematicamente ignorados pelos programas de estocagem, pautados no senso comum de que a adição de peixes ao sistema é sempre benéfica à pesca (Agostinho *et al.*, 2008). Caso o ambiente não suporte excedente populacional, existe risco de que fortes alterações demográficas se sucedam (Molony *et al.*, 2003; van Zyll de Jong *et al.*, 2004). O contingente adicionado pode implicar em competição com os peixes residentes (Vehanen *et al.*, 2009),

aumentando a taxa de mortalidade, diminuindo a taxa de crescimento ou levando à exaustão de recursos. Se a espécie estocada for um predador, existe o risco de aumento exacerbado no consumo de invertebrados e peixes residentes, alterando a organização das teias tróficas (Skov *et al.*, 2002). Não existem evidências de que esses problemas estejam ocorrendo em reservatórios brasileiros, talvez pela inexistência de estudos ou monitoramento focados nesse tema. Contudo, considerando que os reservatórios têm sua capacidade suporte condicionada à faixa litorânea, limitada se comparada ao amplo espelho d'água, existe elevado risco de que interações ecológicas se intensifiquem via estocagem.

Estratégias para estocagem

Dado o caráter irreversível de grande parte dos impactos dos represamentos sobre a ictiofauna e os estoques pesqueiros originais (Agostinho *et al.*, 2008), é esperado que as discussões sobre a necessidade da estocagem em reservatórios extrapolem as dimensões econômicas e sociais, contemplando de maneira efetiva a ecológica. Uma estocagem ambientalmente amigável e econômica e socialmente desejável deve contemplar uma sequência de procedimentos, onde pré-requisitos não podem ser ignorados e um bom conhecimento prévio é imprescindível.

(i) Processo decisório: O primeiro requisito para a decisão da ação de estocagem deve ser a avaliação de sua necessidade, seguido de sua viabilidade econômica, social e ambiental. Isso requer um bom conhecimento de todos os componentes do sistema (ambiente, populações de peixes, pescador e demais usos), incluindo os fatores ambientais ou artificiais que levaram o estoque ou população à depleção.

Durante as discussões que antecedem a decisão de estocagem, objetivos claros e quantificáveis devem ser delineados de maneira a fornecer critérios para avaliação de sua efetividade. Para isso, é importante que outras modalidades de manejo sejam apreciadas (controle da pesca, manejo de habitats, sem ação - não fazer nada; Agostinho *et al.*, 2007a) e as razões para a estocagem sejam consistentemente estabelecidas.

Embora a depleção de uma dada população ou estoque possa requerer medidas de manejo, a opção para a estocagem pode ser indicada em casos particulares, como em eventos de elevada mortalidade por pesca (sobrepesca) ou falhas/insuficiências no recrutamento (questões climáticas, alterações nos locais de desova e de desenvolvimento inicial). O aumento na capacidade biogênica do ambiente (ingresso de nutrientes) pode também indicar uma situação em que a estocagem pode ser recomendada. A avaliação da viabilidade da estocagem pressupõe, além do conhecimento do fator que limita o estoque, o reconhecimento de que apenas alguns estoques e ambientes têm potencial para responder ao esforço de estocagem e que os impactos dessa atividade sobre o estoque alvo e o ecossistema podem ser elevados e, por vezes, irreversíveis (mudanças na estrutura da comunidade, disseminação de doenças e perdas na integridade genéticas; Cowx, 1999). Uma proposta de como deveria ser o processo é mostrada na Figura 1.

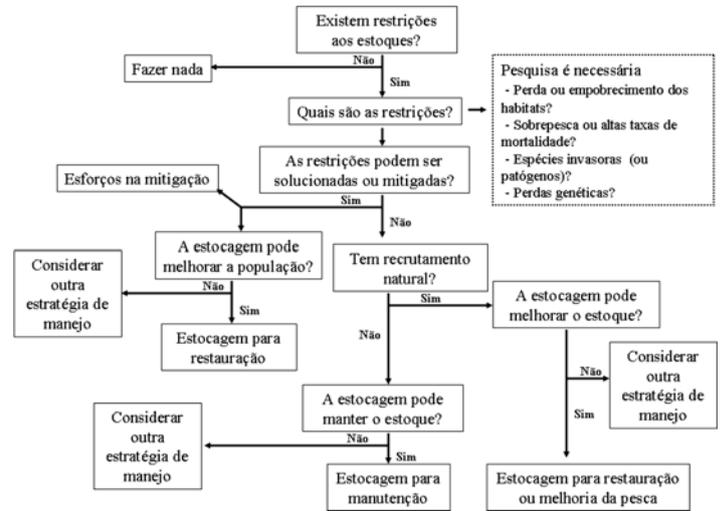


Fig. 1. Diagrama decisório mostrando as relações entre os diversos tipos de estocagem, que serve com recomendação básica de como deve ser conduzida, ou não, a estocagem (adaptado de Agostinho *et al.*, no prelo).

(ii) Estação de piscicultura: Idealmente, os criadouros deveriam ser definidos conforme preconizado por Flagg & Nash (1999), ou seja, facilidades concebidas para reproduzir e propagar um estoque de peixes com recursos genéticos equivalentes ao estoque nativo e com habilidade inalterada de reproduzir naturalmente em seu habitat original. Esses autores consideram que essa concepção de criadouro ainda não existe no mundo e sugerem que o grande desafio é compatibilizar estratégias de produção de peixes com aquelas que reduzem os riscos de uma estocagem de suplementação. Assim, o sucesso da estocagem e sua viabilidade ecológica passam necessariamente pela forma com a qual os peixes utilizados nessa modalidade de manejo são produzidos. Os efeitos genéticos da domesticação na redução da capacidade reprodutiva têm sido analisados por Araki *et al.* (2007) que estimam essa redução em cerca de 40% para cada geração criada em cultivo, quando peixes são liberados no ambiente natural. Embora de difícil execução, a responsabilidade ambiental que deve permear os programas de estocagem recomenda algumas diretrizes na operação das estações de amostragens, que são apresentadas na Caixa 2.

(iii) Soltura dos juvenis: Entre os aspectos que têm recebido pouca atenção nos programas de estocagem estão àqueles relacionados à quantidade e o tamanho dos peixes a serem liberados, bem como o local e época da soltura. Numa situação ideal, essas variáveis devem ser definidas com base no conhecimento do ciclo de vida, distribuição e estrutura da população natural, idealmente após a condução de experimentos pilotos (Molony *et al.*, 2003). Assim, o tamanho do peixe a ser liberado deve ser definido dentro da série de tamanhos registrados na população silvestre, exceto nos casos em que essa se encontre em eminente extinção e requeira máxima sobrevivência (Flagg & Nash, 1999). No alto rio Paraná, em reservatórios de menor área, foram obtidas respostas positivas ao esforço de estocagem só quando o peso dos alevinos soltos passou de 8 para 25 g para *Piaractus mesopotamicus*, e de 6 para 18 g para *Prochilodus lineatus* (Belmont *et al.*, 2004). Mas peixes maiores têm

Caixa 2. Diretrizes na operação das estações de piscicultura (condições ideais; modificadas de Flagg & Nash, 1999; Agostinho *et al.*, no prelo).

- Fornecer peixes com mínima divergência genética de sua contraparte natural para manter as características adaptativas de longo prazo, utilizando um plantel de reprodutores da região suficientemente diversificado;
- Manejar o plantel de reprodutores de maneira a manter sazonalidade natural dos eventos de maturação gonadal, assegurando gametas de alta qualidade e minimizando a maturação precoce dos machos;
- O manejo do processo de incubação e as características da incubadora devem ter opções para atender a complexidade do habitat para produzir, sem seleção, peixes com aparência e comportamento natural e alta sobrevivência;
- Estabelecer metas específicas de padrões de crescimento similares aos naturais;
- Utilizar baixas densidades de peixes no processo de produção para melhorar a sobrevivência e evitar seleção, e
- Ter opções de aplicar métodos de condicionamento anti-predador durante a produção dos alevinos e juvenis.

sua produção mais cara, o que poderia ser compensado pela maior taxa de sobrevivência após a soltura. Entretanto, o maior tempo demandado no cultivo eleva a probabilidade de seleção para domesticação e o desenvolvimento de comportamentos não adequados ao ambiente natural, como a formação de cardumes e perda de competitividade (Molony *et al.*, 2003).

A escolha do local de soltura, por outro lado, deve considerar informações acerca do tipo de habitat em que peixes de mesma fase ontogenética ocorrem naturalmente, o que eventualmente implicará em liberações em pontos distantes daquele em que os adultos ocorrem. Isso implica também que locais de soltura não devem ser escolhidos com base em sua acessibilidade, critério que tem guiado as estocagens em reservatórios (e.g., perto de pontes, praias, orlas).

A época de soltura, que a exemplo das demais variáveis depende da espécie e sua estratégia de vida, é influenciada pelo tamanho ou fase em que os peixes devem ser liberados. Outros fatores a serem considerados são as condições ambientais menos restritivas e maior disponibilidade do alimento apropriado. A quantidade de peixes liberados deveria, idealmente, ser estabelecida com base na capacidade de suporte do corpo de água receptor, evitando excedê-la. É necessário reconhecer que a produtividade em sistemas naturais tem limites (Wiley, 1995), e que a capacidade biogênica em reservatórios costuma estar restrita a faixa litorânea. Além disso, o fato dos ecossistemas não serem estáticos, apresentando grandes variações na sua capacidade biogênica, sugere que as flutuações na capacidade de suporte sejam consideradas sob risco de substituir o estoque silvestre pelo produzido nas estações de piscicultura (Pearsons, 2010).

(iv) Monitoramento: Os programas de estocagem devem ser avaliados e monitorados para que modificações e melhorias sejam incorporadas ou a necessidade de seu cancelamento seja detectada. Assim, o monitoramento é parte integrante e indissociável da ação de estocagem, devendo ser delineado de forma clara e consistente já na etapa decisória dessa

modalidade de manejo. Nenhuma estocagem deveria ser considerada sem que a forma de avaliação de sua efetividade e possíveis impactos estivesse claramente definido. Nessa avaliação, é indispensável distinguir e quantificar as taxas de captura de peixes oriundos de estocagens e do recrutamento natural, utilizando algumas das várias técnicas de marcação disponíveis (Molony *et al.*, 2003). O acompanhamento dos peixes nas estações de piscicultura (e.g., origem e características genéticas, morfo-fisiológicas, comportamentais e sanitárias) e o registro detalhado dos locais e datas de solturas, bem como quantidade e tamanho dos peixes liberados, são variáveis imprescindíveis para explicar os resultados da avaliação e monitoramento das estocagens.

Considerações finais

A estocagem tem ampla aceitação popular como a solução mais completa para recuperação de estoques em depleção. Além da facilidade no entendimento dos seus fundamentos, contribui para essa percepção o interesse da mídia por esse assunto e a existência de tecnologia para a produção de um grande número de alevinos de diversas espécies (Molony *et al.*, 2003). Entretanto, as experiências com estocagens em reservatórios tropicais são raras na literatura, geralmente restritas a casos de liberações massivas de peixes, muitas vezes incluindo espécies não nativas. Embora isso possa ser decorrente da falta de avaliação para estocagens de suplementação, há que se considerar também o fato recorrente de fracassos que não são relatados. Face aos riscos associados à estocagem, antes que essa modalidade de manejo seja adotada é recomendável uma profunda avaliação das demais alternativas (e.g., manejo de habitats, controle da pesca) tendo como base os fatores que levaram os estoques à depleção. Caso a modalidade estocagem seja considerada apropriada e com níveis de impactos aceitáveis, essa deve ser executada em combinação com melhorias nos habitats e regulação da atividade exploratória. Assim como um amplo conhecimento inicial do sistema é necessário para a decisão sobre a estocagem suplementar, o registro detalhado dos procedimentos e sua avaliação são imprescindíveis após sua implementação. Incrementos nos desembarques pesqueiros, embora seja motivo de regozijo para o administrador e para o público, não serve como indicação da efetividade dessas medidas do ponto de vista da conservação dos recursos.

Literatura citada

- Agostinho, A. A., L. C. Gomes & J. D. Latini. 2004. Fisheries management in Brazilian reservoirs: lessons from/for South America. *Interciencia* 29: 334-338
- Agostinho, A. A., S. M. Thomaz & L. C. Gomes. 2005. Conservation of the Biodiversity of Brazil's Inland Waters. *Conservation Biology* 19: 646-652
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes & F. M. Pelicice. 2007a. *Ecologia e Manejo dos Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.
- Agostinho, A. A., F. M. Pelicice, A. C. Petry, L. C. Gomes & H. F. Júlio Jr. 2007b. Fish diversity in the upper Paraná River basin: habitats, fisheries, management and conservation. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 10: 174-186.

- Agostinho, A. A., F. M. Pelicice & L. C. Gomes. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. Brazilian Journal of Biology 68: 1119-1132.
- Agostinho, A. A., F. M. Pelicice, L. C. Gomes & H. F. Júlio Jr. No prelo. Fish stocking: when one plus one may be less than two. Natureza e Conservação 8(2).
- Araki, H., B. Cooper & M. S. Blouin. 2007. Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. Science 318: 100-103.
- Belmont, R. A. F., J. H. P. Dias, S. Bovolenta & A. S. Boccardo. 2004. Estocagem como estratégia de conservação de espécies da ictiofauna nos reservatórios de Jupia e Três Irmãos, bacia do alto Paraná. Recife, PE. Pp. 1-4. *In*: Seminário Brasileiro de Meio Ambiente e Responsabilidade Social no Setor Elétrico. Recife, PE.
- Calcagnotto, D. & S. A. Toledo-Filho. 2000. Loss of genetic variability at the transferrin locus in five hatchery stocks of tambaqui (*Colossoma macropomum*). Genetics and Molecular Biology 23:127-130.
- Cambray, J. A. 2003. Impact on indigenous species biodiversity caused by globalization of alien recreational freshwater fisheries. Hydrobiologia 500: 217-230.
- Caroffino, D. C., L. M. Millar & A. R. Kapuscinski. 2008. Stocking success of local-origin fry and impact of hatchery ancestry: monitoring a new steelhead (*Oncorhynchus mykiss*) stocking program in a Minnesota tributary to Lake Superior. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 65: 309-318.
- Cowx, I. G. 1994. Stocking strategies. Fisheries Management and Ecology 1: 15-30.
- Cowx, I. G. 1999. An appraisal of stocking strategies in the light of developing country constraints. Fisheries Management and Ecology 6: 21-34.
- Eby, L. A., W. J. Roach, L. B. Crowder & J. A. Stanford. 2006. Effects of stocking-up freshwater food webs. Trends in Ecology & Evolution 21: 576-584.
- Flagg, T. A. & C. E. Nash 1999. A conceptual framework for conservation hatchery strategies for Pacific salmonids. U.S. Dep. Commer, NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-38, 46p. U.S. Dept. Commer, NOAA Tech. Memo. NMFS-38, 48p.
- Ford, M. J. 2002. Selection in captivity during supportive breeding may reduce fitness in the wild. Conservation Biology 16: 815-825.
- Gabrielli, M. A. & M. L. Orsi 2000. Dispersão de *Lernaea cyprinacea* (Linnaeus) (Crustacea, Copepoda) na região norte do Estado do Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 17: 395-399.
- Gomes, L. C., R. Fernandes & E. A. Luiz. 2004. Development of reservoir fisheries management in Brazil based on imported paradigms. Acta Scientiarum 26: 309-315.
- Hindar, K., N. Ryman & F. Utter. 1991. Genetic effects of cultured fish on natural fish populations. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 38: 1867-1876.
- Johnson, P. T. J., J. D. Olden & M. J. Vander Zanden. 2008. Dam invaders: Impoundments facilitate biological invasions into freshwaters. Frontiers in Ecology and the Environment 6: 357-363.
- Matsumoto, C. K. & A. W. S. Hilsdorf. 2009. Microsatellite variation and population genetic structure of a neotropical endangered Bryconinae species *Brycon insignis* Steindachner, 1877: implications for its conservation and sustainable management. Neotropical Ichthyology 7: 395-402.
- Molony, B. W., R. Lenanton, G. Jackson & J. Norriss. 2003. Stock enhancement as a fisheries management tool. Fish Biology and Fisheries 13: 409-432.
- Paiva, M. P., M. Petrere, Jr., A. J. Petenate, F. H. Nepomuceno & E. A. Vasconcelos. 1994. Relationship between the number of predatory fish species and fish yield in large northeastern Brazilian reservoirs. Pp. 120-129. *In*: Cowx, I. (Ed.). Rehabilitation of freshwater fisheries. Oxford, Fishing News Books.
- Pearsons, T. N. 2010. Operating hatcheries within an ecosystem context using the adaptive stocking concept. Fisheries 35: 23-31.
- Pelicice, F. M. & A. A. Agostinho. 2009. Fish fauna destruction after the introduction of a non - native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. Biological Invasions 11: 1789-1801.
- Pelicice, F. M., A. A. Agostinho & C. S. Agostinho 2009. Conservação da ictiofauna na área de influência de Peixe Angical e recomendações ao manejo. Pp.165-179. *In*: Agostinho C. S., F. M. Pelicice & E. E. Marques (Eds.). Reservatório de Peixe Angical: bases ecológicas para o manejo da ictiofauna. Editora RiMa, São Carlos, SP.
- Quiros, R. 1999. The relationship between fish yield and stocking density in reservoirs from tropical and temperated regions. *In*: Tundisi J. G. & M. Straskraba (Eds.). Theoretical Reservoir Ecology and its Applications. IIE, Brazilian Academy of Sciences. Leiden: Backhuys Publishers.
- Rahel, F. J. 2007. Biogeographic barriers, connectivity and homogenization of freshwater faunas: it's a small world after all. Freshwater Biology 52: 696-710.
- Resende, E. K., D. K. S. Marques & L. K. S. G. Ferreira. 2008. A successful case of biological invasion: the fish *Cichla piquiti*, an Amazonian species introduced into the Pantanal, Brazil. Brazilian Journal of Biology 68: 799-805.
- Santos, G. B., P. M. Maia-Barbosa, F. Vieira & C. M. López 1994. Fish and zooplankton communities structure in reservoirs of southeastern Brazil: Effects of the introduction of exotic predatory fish. Pp. 77-83. *In*: Pinto-Coelho R. M., A. Giani & E. von Sperling (Eds.). Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies. Segrac, Belo Horizonte, MG.
- Skov, C., M. R. Perrow, S. Berg & H. Skovgaard. 2002. Changes in the fish community and water quality during seven years of stocking piscivorous fish in a shallow lake. Freshwater Biology 47: 2388-2400.
- Van Zyll de Jong, M. C., R. J. Gibson & I. G. Cowx. 2004. Impacts of stocking and introductions on freshwater fisheries of Newfoundland and Labrador, Canada. Fisheries Management and Ecology 11: 183-193.
- Vehanen, T., A. Huusko & R. Hokki. 2009. Competition between hatchery-raised and wild trout *Salmo Trutta* in enclosures – do hatchery releases have negatives effects on wild populations? Ecology of Freshwater Fish 18: 261-268.
- Vieira, F. & O. S. Pompeu 2001. Peixamentos - uma alternativa eficiente? Ciência Hoje 30: 28-33.
- Vitule, J. R. S., C. A. Freire & D. Simberloff. 2009. Introduction of non native freshwater fish can certainly be bad. Fish and Fisheries 10: 98-108.
- Wiley, R. W. 1995. A common sense protocol for the use of hatchery-reared trout. American Fisheries Society Symposium 15: 465-471.
- Zaret, T. M. & R. T. Paine. 1973. Species introduction in a tropical lake. Science 182: 449-455.

(AAA) agostinhoaa@nupelia.uem.br

(LCG) gomes.lui Carlos@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia, NUPELIA, Maringá, PR.

(FMP) fmpelicice@gmail.com

Universidade Federal do Tocantins, Neamb, Porto Nacional, TO.

(HFJ-Jr.) juliojr@nupelia.uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia Celular e Genética, NUPELIA, Maringá, PR. ■

Utilização de marcas eletrônicas no estudo de peixes pelágicos e sua importância para a pesca e conservação dos estoques pesqueiros

Fábio H. V. Hazin

Um conhecimento aprofundado do comportamento e uso do habitat por grandes peixes pelágicos é essencial para uma adequada avaliação de sua dinâmica populacional e consequente adoção de medidas apropriadas de ordenamento e conservação. Apesar da grande importância desse tipo de conhecimento haver sido reconhecida já há muitos anos, contudo, foi apenas recentemente, particularmente a partir da década de 90, com a popularização do enfoque ecossistêmico, que os estudos voltados ao comportamento e à identificação de habitats essenciais passaram a tomar um maior impulso (Johnson, 1980).

Embora os grandes peixes pelágicos já venham sendo capturados pela humanidade há milhares de anos, a exemplo do atum-azul, cujos primeiros registros de captura datam da Grécia antiga¹, o estudo do seu comportamento e distribuição sempre foi fortemente dificultado pela impossibilidade de observação direta, diferentemente do estudo de aves ou outros animais terrestres. Assim, o estudo sobre o comportamento de peixes, historicamente, sempre se baseou em inferências decorrentes dos seus resultados detectáveis na atividade pesqueira. Foi dessa forma que o padrão de distribuição vertical dos atuns, por exemplo, foi inicialmente descrito, a partir da distribuição de suas capturas nos anzóis do espinhel, as quais podem ser calculadas por meio de equações matemáticas, uma vez que, quando imerso na água, o espinhel pelágico assume a forma de uma catenária (Yoshihara, 1951). Dessa forma, a albacora-bandolim foi descrita como uma espécie de águas profundas (Hanamoto, 1986), por ser capturada com maior frequência nos anzóis mais profundos do espinhel, enquanto a albacora-laje, pela razão inversa, foi caracterizada como uma espécie de distribuição muito mais superficial, raramente avançando além da termoclina (Hazin, 1993). A limitação evidente desse método, contudo, é que o padrão de comportamento inferido pelo mesmo restringe-se ao momento em que o animal encontra-se se alimentando, sendo possível, porém, que o mesmo, ao desenvolver outras atividades, assuma comportamentos completamente diversos do observado no momento da sua captura, inclusive o de deslocamento vertical.

A generalização dessas inferências comportamentais, com base em dados oriundos da atividade pesqueira, levou à interpretação equivocada de que os grandes peixes pelágicos apresentariam um padrão de distribuição, tanto vertical como horizontal, fortemente restrito a determinados limites de temperatura e profundidade. Essa realidade começou a mudar a partir da introdução das marcas eletrônicas, inicialmente fundamentadas na emissão de pulsos sonoros, de alta frequência, denominada de telemetria acústica, em finais da década de 50 (Arnold & Dewar, 2001).

A telemetria acústica consiste na fixação no peixe que se pretende estudar de uma marca eletrônica, com sensores capazes de detectar informações como a profundidade em que o animal se encontra (a partir da pressão), a temperatura da água e mesmo a temperatura do animal, e de transmitir essas informações por meio de pulsos sonoros de alta frequência a um receptor, ou hidrofone imerso na água (Nelson, 1990). A habilidade de se obter remotamente dados fisiológicos e comportamentais de animais de vida livre, por meio do uso de técnicas de bio-telemetria, resultou em um grande avanço na compreensão do comportamento e da dinâmica populacional de animais selvagens (Fancy *et al.*, 1988). Apesar de haver revolucionado a nossa compreensão sobre o padrão de deslocamento e comportamento circadiano dos grandes peixes pelágicos, a telemetria acústica apresenta, contudo, duas grandes limitações intrínsecas. A primeira delas é a necessidade, em particular nas espécies altamente migratórias, de se seguir o peixe em seu ambiente natural, com um hidrofone submerso, para não se perder o sinal, em razão do alcance da detecção se restringir, em geral, a algumas centenas de metros. A execução de tal tarefa, portanto, pressupõe a disponibilidade de uma embarcação capaz de acompanhar o deslocamento do peixe por vários dias, com um grande risco de se perder o sinal do mesmo, particularmente no caso das espécies oceânicas, que realizam, com frequência, mergulhos a grandes profundidades. A segunda grande limitação, que só veio a ser mais bem compreendida recentemente, a partir do advento das marcas monitoradas por satélite, é que o animal marcado, em razão do estresse sofrido no processo de captura, marcação e soltura, costuma apresentar, imediatamente após a sua liberação, um comportamento anômalo, incluindo mergulhos abruptos a grandes profundidades, por períodos que podem se estender por vários dias. Apesar dessas limitações, marcas acústicas têm sido utilizadas para o monitoramento do deslocamento de peixes por mais de 3 décadas (Reine, 2005), em uma ampla variedade de estudos, com objetivos que variam desde a investigação de movimentos migratórios de longa distância a padrões comportamentais diários (Stasko & Pincock, 1977), incluindo vários peixes pelágicos, de elasmobrânquios (Matern *et al.*, 2000; Wetherbee *et al.*, 2001; Cartamil *et al.*, 2003; Klimley *et al.*, 2005; Garla *et al.*, 2006; Corcoran, 2006; Viana *et al.*, 2010), aos atuns e agulhões (Yuen, 1970; Laurs *et al.*, 1977; Carey & Olson, 1982; Yonemori, 1982; Carey, 1990; Holland *et al.*, 1990; Holts & Bedford, 1990; Cayré, 1991; Brill *et al.*, 1993, 1999; Brill, 1994; Block *et al.*, 1997). A telemetria acústica tem sido particularmente útil no estudo de espécies pelágicas que apresentam um comportamento mais territorialista, permanecendo períodos relativamente longos de tempo

¹ Aristóteles descreveu o padrão de migração e hábitos reprodutivos dos atuns, em seu Tratado de História Animal, 350 aC.

em uma área geograficamente restrita, como no caso do tubarão-lixia *Ginglymostoma cirratum*, já que nessas situações, a instalação de receptores no fundo do mar permite a localização do animal marcado, a qualquer momento em que o mesmo se aproxime da distância de alcance do equipamento.

Uma ferramenta adicional que vem sendo amplamente utilizada por pesquisadores do mundo inteiro para expandir os conhecimentos sobre a biologia de diferentes espécies de animais (mamíferos terrestres ou marinhos, aves e peixes) é a telemetria via-satélite. A marca via-satélite foi concebida para rastrear os movimentos em larga escala de peixes pelágicos e outros animais em relação aos quais não é possível uma observação contínua, permitindo ainda estudar o seu comportamento e fisiologia (Mech & Barber, 2002). Essa tecnologia tem sido empregada com êxito para o rastreamento de vários animais marinhos, incluindo: focas (Dietz *et al.*, 2003), leões-marinhos (Baba *et al.*, 2000) e elefantes-marinhos (DeLong *et al.*, 1992); peixe-boi (Langtimm *et al.*, 2006) e dugongos (Marsh & Rathbun, 1987); tartarugas-marinhas (Polovina *et al.*, 2004; Shaver *et al.*, 2005); pinguins (Mosbeck *et al.*, 2006) e albatrozes (Stahl & Sagar, 2000); golfinhos (Chivers & Scott, 2002) e baleias (Dietz *et al.*, 2002); lula gigante (Davis *et al.*, 2007); peixes teleósteos (Block *et al.*, 1998, 2001; Lutcavage *et al.*, 2000; Mourato *et al.*, 2010) e elasmobrânquios (Carey & Sharold, 1990; Dewar *et al.*, 2004; Weng *et al.*, 2005; Bruce *et al.*, 2006; Wilson *et al.*, 2007; Afonso *et al.*, 2010; Macena, 2010).

A maior vantagem do uso dessa tecnologia é a possibilidade de se monitorar animais por longas distâncias e em áreas remotas, razão pela qual a telemetria via-satélite foi utilizada pela primeira vez para o rastreamento de animais selvagens no início da década de 70, embora naquela época utilizasse ainda equipamentos pesados e volumosos, comumente usados em bóias oceanográficas e balões climáticos (Fancy *et al.*, 1988). Em função dos primeiros transmissores serem muito pesados, a telemetria via-satélite foi útil apenas para espécies de grande porte, como ursos (Craighead *et al.*, 1971) e veados (Craighead *et al.*, 1972; Lentfer & DeMaster, 1982). O rastreamento via-satélite de espécies de peixes pelágicos, porém, se iniciou no final da década de 70, quando diversos experimentos foram realizados (Fancy *et al.*, 1988). Foi somente nos anos 90, porém, que melhoramentos na tecnologia dos transmissores reduziram o peso, o tamanho da bateria e, conseqüentemente, do transmissor, possibilitando assim o rastreamento via-satélite de uma ampla variedade de animais, tanto grandes como relativamente pequenos.

Atualmente, são utilizados basicamente dois tipos de marcas monitoradas por satélite: a) a PSAT (*Pop-up Satellite Archival Transmitting Tag*), que armazena dados de profundidade (pressão), temperatura e luminosidade (*i.e.*, posição geográfica estimada a partir da duração do dia e hora do nascer e por do sol; Wilson *et al.*, 1992; Hill, 1994; Ekstrom, 2004), por todo o tempo em que permanece presa ao animal, transmitindo todas as informações armazenadas somente após se soltar do mesmo e emergir à superfície, uma vez decorrido um período de tempo pré-programado (quando a marca

alcança a superfície do oceano e sua antena entra em contato com a atmosfera, inicia-se a transmissão dos sinais contendo os dados armazenados para o Sistema Argos de satélites localizado nas órbitas quase-polares); b) marcas que transmitem os dados armazenados (*e.g.*, temperatura e profundidade) sempre que, mas somente quando, os peixes marcados sobem à superfície (*e.g.*, SAT- *Satellite Argos-linked tags*), o que evidentemente impede o seu uso em animais que não apresentam este tipo de comportamento. A grande desvantagem da PSAT é que o posicionamento geográfico, estimado a partir do nível de luz solar adjacente ao animal, é bastante impreciso, particularmente para a latitude (Gunn *et al.*, 1994; Musyl *et al.*, 2001) e principalmente na região equatorial, somente sendo possível se conhecer com grande precisão o local de colocação da marca e aquele no qual a mesma se soltou do animal, atingindo, por conseguinte, a superfície. No intuito de melhorar a precisão das estimativas de geo-localização da PSAT, vários algoritmos têm sido desenvolvidos (*e.g.*, Sibert & Fournier, 2001; Teo *et al.*, 2004; Nielsen & Sibert, 2004, 2005; Nielsen *et al.*, 2006), incorporando ao cálculo da posição geográfica outros dados, como a temperatura da superfície da água do mar, a velocidade máxima possível de deslocamento do peixe, etc. Já as marcas SAT, por outro lado, exigem, para a sua utilização, que o animal marcado suba com certa freqüência à superfície, sendo, por esta razão, ideais para a marcação de quelônios e mamíferos, mas de menor aplicação nos grandes peixes pelágicos, exceto no caso de algumas espécies com distribuição marcadamente superficial, como no caso do tubarão-baleia (Rowat & Gore, 2007; Hsu *et al.*, 2007; Macena, 2010).

Os primeiros trabalhos de telemetria acústica no Brasil envolvendo peixes pelágicos foram conduzidos entre 2000 e 2001, no Atol das Rocas, com o tubarão-limão (Wetherbee *et al.*, 2007) e em Fernando de Noronha, com os tubarões cabeça-de-cesto, *Carcharhinus perezi*, limão, *Negaprion brevirostris*, e lixa, *Ginglymostoma cirratum*, embora nesse último caso só tenha sido possível se obter resultados concretos em relação à primeira espécie, com alguns exemplares tendo sido monitorados por períodos de tempo superiores a 6 meses. O trabalho pioneiro de Wetherbee *et al.* (2007) descreveu o padrão de deslocamento de neonatos e jovens de tubarão-limão no Atol das Rocas, enquanto o trabalho de Garla *et al.* (2006) permitiu identificar que os tubarões cabeça-de-cesto jovens são residentes em trechos específicos do Arquipélago de Fernando de Noronha e que, embora possam ser ativos a qualquer horário do dia, apresentam maior atividade e deslocamentos durante a noite.

Mais recentemente, alguns exemplares de albacora-laje (*Thunnus albacares*) foram monitorados com marca acústica no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Pereira, 2007). Apesar de essa espécie apresentar um comportamento altamente migratório, costuma-se concentrar no entorno desse Arquipélago, a partir de janeiro, durante a sua migração de retorno da costa oeste do Atlântico para a costa africana, para se alimentar do peixe-voador *Cypselurus cyanopterus*, também abundante nessa época do ano, quando realiza a sua desova (Hazin, 1993). Embora os dados obtidos

tenham sido relativamente limitados do ponto de vista temporal, os mesmos sugerem que a albacora-laje permanece mais próxima da superfície durante a noite, mergulhando para águas mais profundas, até a camada inicial da termoclina, durante o dia. Além disso, em duas ocasiões foram registrados mergulhos muito profundos, com um exemplar atingindo 488 m (7,3°C) e um outro 969 m (4,3°C), este último um recorde para a espécie (Pereira, 2007).

Experimentos usando marcas PSAT em exemplares de albacora-laje neste mesmo local mostraram este mesmo comportamento, com a espécie permanecendo mais próxima da superfície durante a noite, passando a frequentar águas mais profundas, no topo da termoclina, durante o dia (Travassos *et al.*, 2009). Além disso, um exemplar de 141 cm marcado no Arquipélago teve a marca liberada próximo ao arquipélago de Fernando de Noronha, após 20 dias de experimento, indicando que a espécie permanece por um curto período no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, se alimentando do peixe-voador e outras presas, durante sua migração de larga escala no Atlântico tropical, para fins reprodutivos no Golfo de Guiné. Este arquipélago, desempenha, portanto, um importante papel trófico para esta e outras espécies pelágicas que se concentram periodicamente no seu entorno (Travassos, 1999; P. Travassos *et al.*, dados não publicados).

Desde o início de 2009, uma rede de receptores acústicos foi instalada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com o objetivo de se estudar a utilização desse ecossistema insular por várias espécies de peixes pelágicos, incluindo o tubarão-baleia *Rhincodon typus*, o tubarão lombo-preto *Carcharhinus falciformis*, o tubarão-martelo *Sphyrna lewini*, e a raia-manta-chilena *Mobula tarapacana*, com 8 exemplares dessa última espécie já tendo sido marcados desde então. A primeira delas foi detectada 11 vezes em quatro dias diferentes, durante um período de 24 dias, não havendo mais registros até momento. A segunda nunca mais foi registrada após a sua marcação, enquanto a terceira foi detectada apenas no mesmo dia da marcação por dois receptores diferentes em horários distintos. Os demais 5 exemplares foram marcados muito recentemente, de forma que os dados oriundos dos receptores não se encontram ainda disponíveis. Como a presença da espécie é observada durante todo o ano, esses resultados, apesar de preliminares, indicam que, provavelmente, os animais avistados ao longo do ano não são os mesmos, com o arquipélago sendo possivelmente utilizado, portanto, como uma área de alimentação ao longo do ciclo migratório da espécie, a exemplo da albacora-laje.

Na região costeira, os primeiros trabalhos de telemetria acústica de peixes pelágicos realizados no Brasil provavelmente se iniciaram também em 2009, a partir da instalação de uma rede de receptores entre as praias do Pina e do Paiva, em Recife, em razão do surto de ataques de tubarão aí verificado, com 53 incidentes registrados desde 1992, com 20 fatalidades. Atualmente, existe um programa de monitoramento dos tubarões no litoral do Recife, envolvendo um trabalho contínuo de captura, com espinhéis de fundo e linhas de espera, na proximidade das praias atingidas (cerca de 20 km), transporte dos animais capturados até o talude

continental, marcação, com marcas convencionais e eletrônicas, e soltura. Três espécies de tubarão tem sido alvo do estudo, até o momento, os tubarões-tigre, *Galeocerdo cuvier*, e cabeça-chata, *Carcharhinus leucas*, comprovadamente envolvidos na maioria dos ataques, e o tubarão-lixo *Ginglymostoma cirratum*, de ocorrência comum nessa área. Quatro tubarões-tigre e três tubarões-lixo já foram marcados até o momento. O único tubarão cabeça-chata capturado chegou a ser marcado e liberado, mas não sobreviveu, possivelmente em razão do estresse decorrente do processo de captura e transporte. Dos quatro tubarões-tigre marcados, dois migraram na direção norte, com as PSATs que haviam sido afixadas no mesmo tendo subido próximo a João Pessoa-PB e próximo a Natal-RN (resultados discutidos mais adiante). Nos outros dois, recentemente marcados, as marcas ainda não foram liberadas (A.S. Afonso *et al.*, dados não publicados). Dos 3 tubarões-lixo marcados, um deles, um macho de 1,70 m, começou a ser detectado pelos receptores instalados na região a partir de janeiro de 2010, três meses após a sua marcação. A partir do momento que o tubarão foi detectado pela primeira vez, ele foi observado na área periodicamente, com alguns intervalos de 1 a 3 dias de ausência, estando na área por 80 dias, o que representou 38% do tempo quando comparado ao período desde sua marcação até o recolhimento dos dados dos receptores, em abril de 2010. O tubarão demonstrou certa tendência de se localizar mais afastado da desembocadura do rio Jaboatão, uma vez que o receptor localizado em frente ao mesmo apresentou apenas 2% do total de detecções enquanto os mais afastados da pluma do rio apresentaram uma média de 20 a 30% das detecções (Ferreira *et al.*, 2010). Tal comportamento é certamente resultado da preferência dessa espécie por águas mais salinas, em geral com salinidade superior a 30, como verificado por Wiley & Simpfendorfer (2007), em tubarões-lixo acompanhados com marca acústica na Flórida-EUA.

Em relação à telemetria via-satélite, o primeiro peixe pelágico marcado no Brasil foi, provavelmente, o agulhão-negro *Makaira nigricans*, em 2006 (J.C. Pacheco *et al.*, dados não publicados), com a marca tendo permanecido no animal por um período de 17 dias. Os dados obtidos confirmaram uma distribuição marcadamente superficial da espécie, que permaneceu na camada mais superficial (até 25 m), durante a maior parte do tempo.

Mais recentemente, no início de 2009, dois exemplares do agulhão-vela *Istiophorus platypterus* (Fig. 1), capturados na costa sudeste do Brasil, em frente ao Rio de Janeiro, foram marcados com marcas PSAT, tendo as mesmas sido liberadas após 16 e 51 dias de fixação no animal, respectivamente, de forma prematura, portanto, já que haviam sido programadas para subir com 60 dias (Mourato *et al.*, 2010). Da mesma forma que o agulhão-negro, ambos os espécimes de agulhão-vela marcados passaram a maior do seu tempo próximos à superfície, em profundidades de até 10 m. O primeiro peixe (A) passou 71% do dia e mais de 65% da noite, entre 0 e 5 m, enquanto o segundo peixe (B) despendeu mais de 70% do dia e 69% da noite, entre 5 e 10 m, apresentando, portanto, uma distribuição um pouco mais

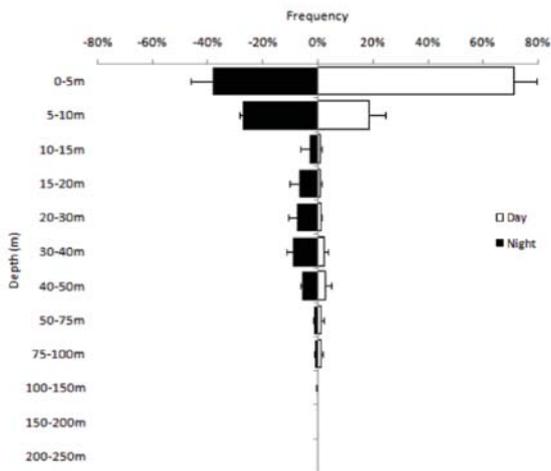


Fig. 1. Exemplar de agulhão-vela com uma marca PSAT afixada no seu flanco.

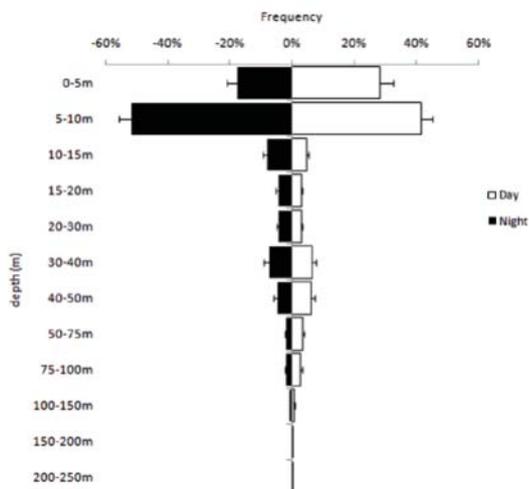
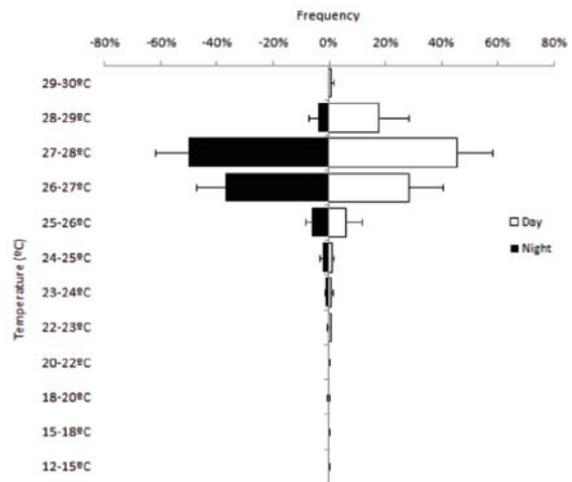
profunda do que o primeiro, mas ainda assim fortemente superficial (Fig. 2). Em termos de temperatura, os espécimes marcados permaneceram a vasta maioria do seu tempo em águas com temperatura entre 26° e 28°C (Fig. 2). Em ambos os casos, os peixes marcados apresentaram um comportamento anômalo durante os 3 primeiros dias após a marcação, possivelmente em razão do estresse decorrente da captura, de forma que os dados derivados desse período inicial não foram incluídos nas análises.

Apesar da distribuição marcadamente superficial de ambos exemplares, o primeiro deles (A) realizou um mergulho até 88 m, enquanto o segundo (B) avançou em profundidades bem maiores, atingindo a marca de 376 m. Esse comportamento de mergulhos profundos eventuais parece ser bastante comum entre os grandes peixes pelágicos, conforme já constatado, no Brasil, também para a albacora-laje (ver acima). Embora as razões exatas para essas incursões em águas profundas, e bem mais frias, ainda não estejam claras, as mesmas podem estar associadas à captura de presas ou fuga de predadores, ou, ainda, a uma estratégia para o animal se libertar de ectoparasitas, possivelmente, inclusive, da própria marca. Os resultados da geo-localização (Fig. 3) indicam que nenhum dos dois peixes se afastaram significativamente da área de captura, no tempo decorrido entre a mesma e a liberação da marca (16 e 51 dias, respectivamente; Mourato *et al.*, 2010).

Os resultados obtidos por Mourato *et al.* (2010) com a marcação eletrônica PSAT do agulhão-vela na costa sudeste do Brasil confirmam o padrão já observado para a espécie em outras áreas, indicando que a mesma permanece a maior parte do seu tempo na camada de mistura, em temperaturas usualmente entre 25° e 30°C (Hoolihan 2005, Prince & Goodyear, 2006; Hoolihan & Luo, 2007). Tal preferência por águas mais superficiais exibida pelo agulhão-vela, foi igualmente reportado para



Indivíduo A



Indivíduo B

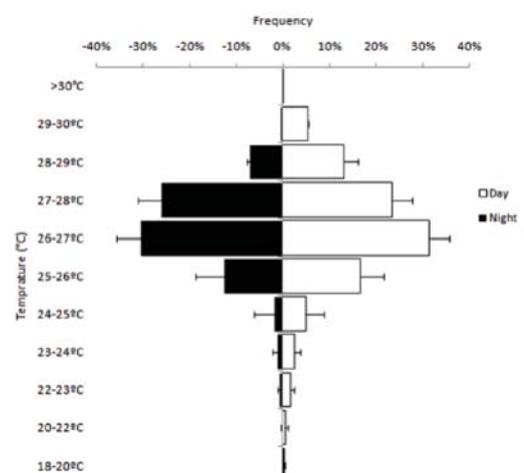


Fig. 2. Frequências do tempo despendido por camada de profundidade (esquerda) e faixa de temperatura (direita), durante os períodos diurno e noturno, para dois espécimes de agulhão-vela ("A", acima e "B", abaixo), marcados com marca PSAT em frente ao Rio de Janeiro (Mourato *et al.*, 2009).

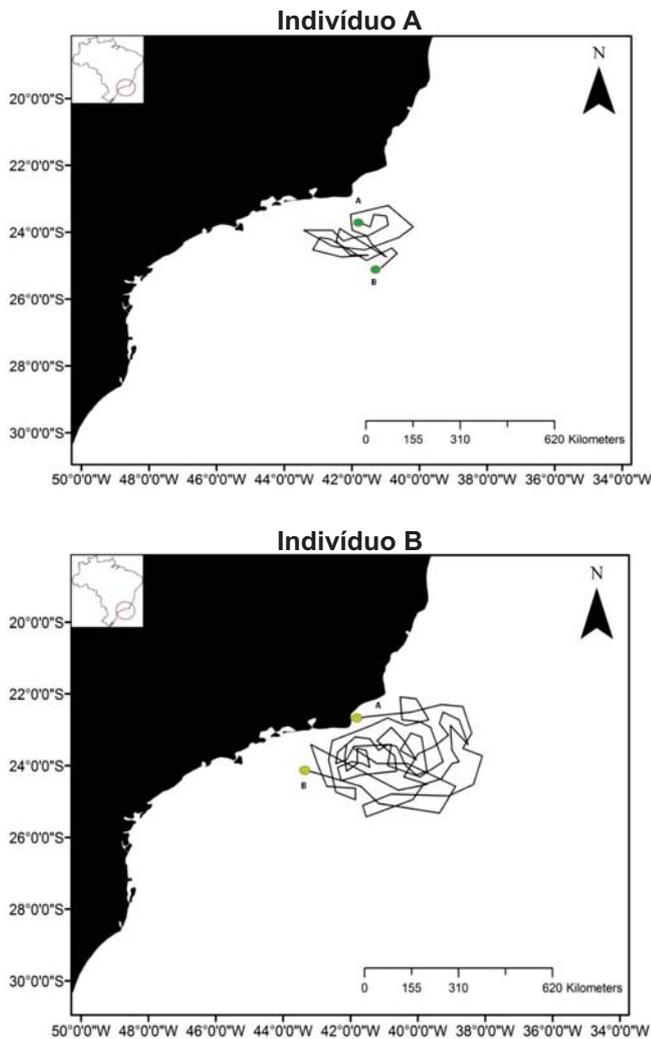


Fig. 3. Geo-localização de dois agulhões-vela (“A”, acima e “B”, abaixo), marcados em frente ao Estado do Rio de Janeiro, entre janeiro e fevereiro de 2009.

outras espécies da família Istiophoridae (o agulhão-branco *Tetrapturus albidus*, Horodysky & Graves, 2005, Horodysky *et al.*, 2007; o agulhão-negro *Makaira nigricans*, Graves *et al.*, 2002, Goodyear *et al.*, 2008). A profundidade da camada de mistura, portanto, é uma característica oceanográfica que pode afetar diretamente, e de forma intensa, a vulnerabilidade e a capturabilidade das diferentes espécies de agulhão, com implicações evidentes para a atividade pesqueira e para uma correta avaliação dos seus estoques. Prince & Goodyear (2006), por exemplo, mostraram que a camada de distribuição do agulhão-vela no Oceano Pacífico em áreas de ressurgência pode se restringir a profundidades inferiores a 25 m, em razão da compressão do habitat com condições físico-químicas adequadas, incluindo não somente temperatura, mas oxigênio dissolvido, fazendo com que aumente, conseqüentemente, a sua vulnerabilidade aos aparelhos de pesca de atuação mais superficial, como as redes de emalhar de superfície. Segundo os mesmos autores, a compressão do habitat por restrições na disponibilidade de oxigênio dissolvido, aumentaria, também, a disponibilidade de presas para os agulhões-vela, resultando em uma maior taxa de crescimento, aspecto

que explicaria o maior tamanho alcançado por esses animais nessa região do Oceano Pacífico.

Os primeiros elasmobrânquios a receberem marcas eletrônicas monitoradas via-satélite (PSAT) no Brasil foram quatro tubarões-azul, *Prionace glauca*, e dois tubarões-cavala, também chamados de mako, *Isurus oxyrinchus*, marcados entre 2008 e 2009 (Carvalho *et al.*, 2009). Dos quatro tubarões-azul, todos fêmeas, dois foram capturados e marcados na costa sudeste do Brasil, em frente a Santos, e os outros dois na costa nordeste, em frente a Natal, local onde foram marcados, também, os dois tubarões-cavala, ambos machos.

As quatro fêmeas de tubarão-azul foram monitoradas por 28, 56, 90 e 97 dias e apresentaram uma distância entre a posição onde foram marcadas e a de liberação da marca igual a 1.500 km, 2.300 km, 3.780 km, e 4.100 km, respectivamente. Diferentemente dos agulhões, os tubarões-azul marcados apresentaram uma distribuição bem mais profunda, exibindo, ademais, uma forte variação circadiana. Todas as fêmeas permaneceram a maior parte do período diurno (7:00h a 17:00h) ao final ou abaixo da termoclina (valores médios de profundidade iguais a 139,5 m; 143,8 m; 144,7 m; e 187,5 m; e de temperatura da água iguais a 16,3°C; 15,0°C; 14,3°C; e 15,7°C; respectivamente), enquanto que durante a noite (18:00h a 5:00h), se posicionaram em camadas bem mais rasas, em geral, acima da termoclina (profundidades médias iguais a 13,4 m; 26,5 m; 29,8 m; e 39,0 m; e temperaturas médias da água iguais a 22,4°C; 23,7°C; 21,8°C; e 22,9°C; respectivamente). A profundidade média combinada de todos os tubarões-azul marcados foi igual a 142,6 m (15,9°C) durante o dia, contra um valor igual 31,8 m (22,8°C) durante a noite, resultando em uma diferença, portanto, de mais de uma centena de metros entre os dois períodos (Carvalho *et al.*, 2009).

É bem provável que esse comportamento de migração vertical circadiano do tubarão-azul seja o resultado das migrações verticais diárias igualmente realizadas por suas presas, como no caso das lulas, que durante a noite reconhecidamente também se concentram em camadas mais próximas à superfície. Ele torna evidente, também, que os índices de captura obtidos com um espinhel, por exemplo, durante o dia serão provavelmente muito diversos daqueles alcançados durante a noite, mesmo que os lances ocorram em uma mesma área de pesca e utilizando-se equipamentos idênticos. Tal fato evidencia a grande relevância de se conhecer adequadamente o comportamento migratório diário dos grandes peixes pelágicos e de se incorporar o mesmo nas avaliações de estoque, as quais, em grande medida, se fundamentam em séries temporais de Captura por Unidade de Esforço (CPUE). Vale ressaltar, igualmente, conforme demonstrado por Hazin *et al.* (1994), que o padrão de distribuição e deslocamentos verticais podem variar não somente com o tamanho do animal, mas com o sexo, em razão de segregações sexuais e etárias, particularmente comum entre os elasmobrânquios. Tais deslocamentos devem ser também avaliados em relação ao estágio fisiológico do animal, no contexto do seu ciclo migratório mais amplo, como no caso das fêmeas de tubarão-azul, que costumam se concentrar na costa nordeste do Brasil,

no primeiro semestre do ano, com pico em abril/maio, para realizar a ovulação e iniciar a sua gestação, deslocando-se, subseqüentemente, muito provavelmente, em direção ao continente africano (Hazin *et al.*, 2000). Tal hipótese migratória parece ter sido confirmada por uma das fêmeas de tubarão-azul marcadas na região nordeste, exatamente em maio, a qual, após a marcação haver sido realizada, se deslocou por 4.100 km, em direção à costa africana, com a marca tendo sido liberada já no Golfo de Guiné. A confirmação da ocorrência de migrações transoceânicas pela espécie parece confirmar o ciclo reprodutivo/migratório proposto, reforçando a hipótese de uma única população de tubarão-azul no Oceano Atlântico Sul, aspecto que traz, evidentemente, profundas implicações para a avaliação dos estoques explorados nesse Oceano, assim como para as medidas de ordenamento e conservação que venham a ser conseqüentemente adotadas.

Já os dois machos de tubarões-cavala marcados apresentaram uma distribuição bem mais profunda do que as fêmeas de tubarão-azul, com uma variação circadiana também muito menos pronunciada. O primeiro animal marcado permaneceu entre profundidades de 205 a 350 m (12,8 a 14,5°C), durante os 28 dias em que a marca esteve presa ao mesmo, enquanto o segundo nadou entre 50 e 540 m (12,8 a 17,5°C), tendo passado quase 70% dos 31 dias em que esteve marcado, no entanto, em profundidades abaixo dos 320 m.

Outras espécies de elasmobrânquios oceânicos que começaram a ser estudadas com marcas eletrônicas foram o tubarão-baleia (Macena, 2010), a partir de 2009, e as raias-manta-chilena, a partir de 2010 (B.C.L. Macena *et al.*, dados não publicados). Todos os exemplares foram marcados nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, local do território brasileiro que apresenta a maior frequência de ocorrência desses animais, com o tubarão-baleia apresentando uma maior abundância no primeiro semestre do ano (Hazin *et al.*, 2008) e as raias-manta-chilena durante o ano inteiro (Viana *et al.*, 2010). O primeiro tubarão baleia marcado (TB-01), um macho com comprimento total perto de 5 m, recebeu uma marca SAT (Fig. 4), o segundo exemplar (TB-02), uma fêmea com 8,5 m, foi marcada com uma PSAT e o terceiro (TB-03), outra fêmea, com 8,5 m, recebeu dois transmissores, uma PSAT e uma SAT, com o objetivo de permitir a correção da estimativa latitudinal da PSAT (Teo *et al.*, 2004; Wilson *et al.*, 2007) na região equatorial. A única raia-manta-chilena marcada até o momento foi uma fêmea de 2,5 m de largura de disco.

O TB-01 permaneceu a maior parte do tempo no primeiro metro de profundidade da coluna d'água, tanto para o dia (41%) quanto para a noite (42%; Fig. 5A), permanecendo 23% do tempo, porém, entre 40 e 100 m, além de realizar alguns mergulhos profundos, de até 500 m. Durante a noite, o TB-01 não mergulhou com frequência, preferindo águas superficiais, tendo estado apenas 4,8% nessa mesma faixa de profundidade (40 a 100m), contra 83% do tempo entre 0 e 40 m (Fig. 5A). O TB-01 esteve aproximadamente 30% do período diário em temperaturas acima de 30°C e 15% entre 28 e 30°C,



Fig. 4. Tubarão-baleia marcado com uma marca SAT, nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

enquanto que esses percentuais para a noite foram iguais a 0 e 70% (apenas entre 28 e 29°C; Fig. 5A). Ao partir do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, o TB-01 tomou a direção noroeste por 74 km durante apenas três dias de monitoramento. Em virtude do método de marcação (Fig. 4; transmissor bastante afastado do animal para aumentar o sucesso do envio do sinal para o satélite), é possível que o transmissor do TB-01 tenha sido atacado por algum outro peixe, fato que não é incomum (Kerstetter *et al.*, 2004).

As leituras de profundidade para o TB-02 indicaram um mergulho de, pelo menos, 1.976 m, o maior já registrado para a espécie no mundo, alcançando a temperatura de 3,8°C (Fig. 5B) no último dia de monitoramento. Este mergulho profundo foi certamente o responsável pela liberação prematura da marca, uma vez que o transmissor possui um mecanismo automático de liberação ao alcançar a profundidade limite de 2.000 m. Esses mergulhos profundos são comuns na espécie que costuma realizar com frequência incursões em águas da zona batipelágica (Brunshweiller *et al.*, 2009). A despeito de haver realizado um mergulho tão profundo, o TB-02, assim como o TB-01, permaneceu a maior parte do tempo na superfície (0-1 m), tanto durante o dia (28% do tempo), como durante a noite (43% do tempo), em temperaturas que variaram entre 26 e 30°C (Fig. 5B). O TB-02 permaneceu, também, em menor extensão, um tempo relativamente longo em profundidades próximas ao final da camada de mistura e parte superior da termoclina (20-80 m/18-12°C), tanto durante o dia quanto à noite (Fig. 5B). Logo após haver sido marcado, o TB-02 deixou o arquipélago, nadando na direção noroeste (20 a 23 de junho), seguindo daí para sudoeste, onde aparentemente, permaneceu sobre uma cadeia de montes submarinos (entre 27 de junho e 1 de julho), próxima à planície do Ceará até o desprendimento do transmissor devido a um mergulho profundo. A distância horizontal linear percorrida pelo TB-02 em 13 dias foi 501,38 km.

Já o TB-03, que recebeu dupla marcação, apesar de haver tido a PSAT prematuramente liberada após 17 dias, novamente devido a um mergulho profundo, ainda

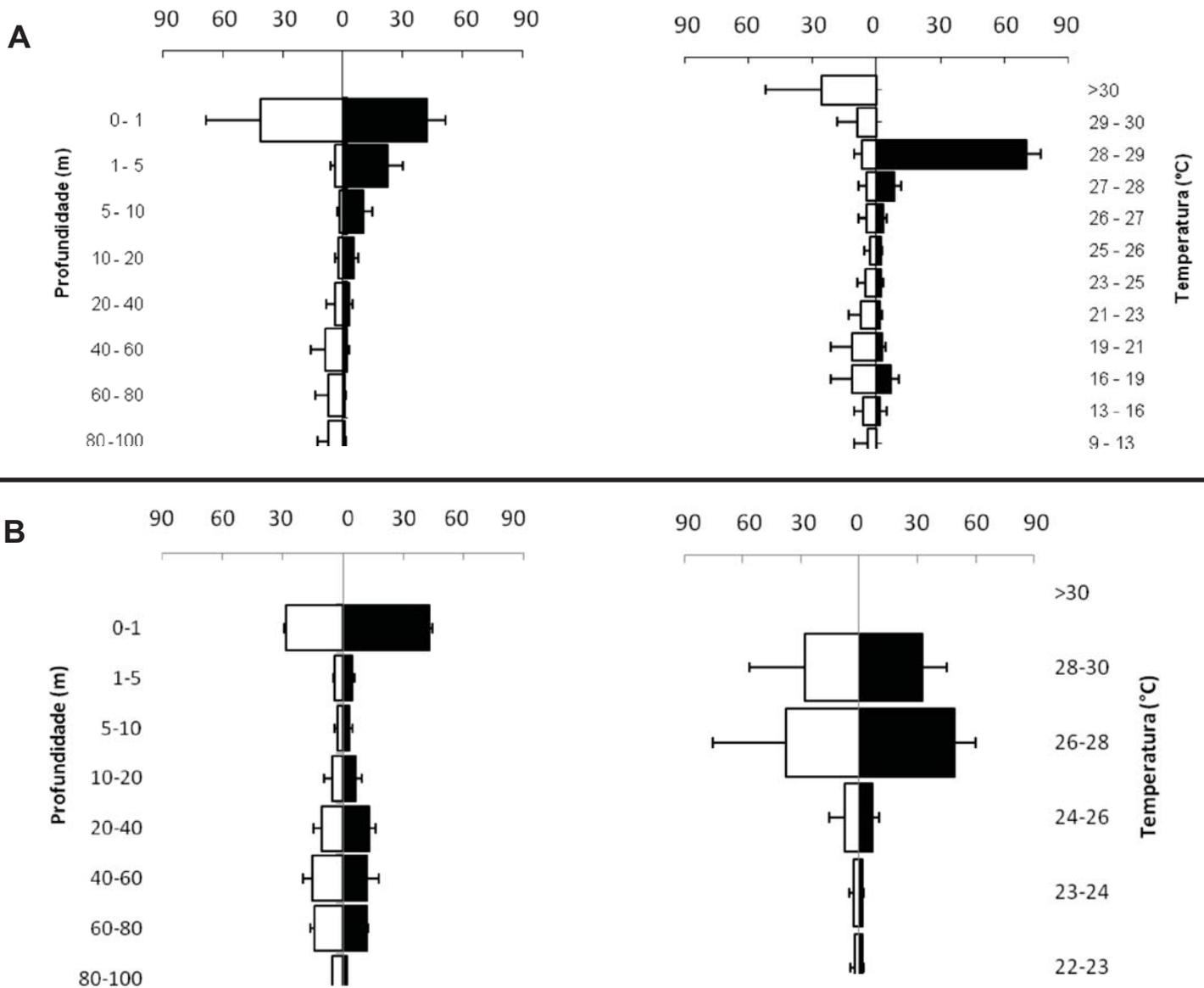


Fig. 5. Frequências do tempo despendido por camada de profundidade (esquerda) e faixa de temperatura (direita), durante os períodos diurno e noturno, para dois espécimes de agulhão-vela. A. TB-01, macho, marcado com marca SAT. B. TB-02, fêmea, marcada com marca PSAT. Ambos marcados nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

está sendo monitorado pelo SAT até data de preparação deste manuscrito. O TB-03, assim como os outros tubarões baleia, seguiu em direção noroeste após deixar o arquipélago (Fig. 6).

A única raia-manta-chilena marcada até o momento se deslocou em direção contrária aos tubarões-baleia (leste) mergulhando a uma profundidade máxima de 700 m.

Na região costeira, os primeiros tubarões a receberem marcas eletrônicas no Brasil, foram quatro tubarões-tigre, marcados no âmbito do Programa de Pesquisa e Monitoramento de Tubarões na Costa de Pernambuco, em razão do surto de ataques verificados nesse Estado, desde 1992, com 53 vítimas e 20 fatalidades. A principal hipótese que explica essa elevada incidência de ataques é de que a construção do Porto de Suape, localizado imediatamente ao sul da região afetada, resultou em um deslocamento de tubarões cabeça-chata para o estuário do rio Jaboatão, onde praticamente todos os ataques ocorreram, além de haver promovido uma maior aproximação de tubarões-tigre, em razão da

intensificação do tráfego marítimo associado ao regime de correntes prevaletentes na região, no sentido de sul para norte (Hazin *et al.*, 2008a). No intuito, portanto, de verificar essa hipótese, quatro tubarões-tigre capturados no litoral do Recife e transportados até o talude continental, em junho de 2008, julho de 2009, e junho e agosto de 2010, foram marcados com marcas PSAT e liberados. As marcas referentes aos animais marcados em 2010 ainda se encontram afixadas aos mesmos, de forma que os resultados ainda não estão disponíveis. Já os dois animais marcados em 2008 e 2009, ambos machos, com comprimentos totais iguais a 130 e 197 cm, deslocaram-se, conforme previsto, na direção norte. O primeiro deles (T1), após 30 dias, quando a marca foi automaticamente liberada, havia nadado 209 km, já se encontrando na costa do Estado do Rio Grande do Norte, enquanto o segundo, após 7 dias, já havia se deslocado cerca de 150 km, encontrando-se próximo a João Pessoa, na Paraíba. Durante as primeiras duas semanas, T1 exibiu um comportamento anômalo de

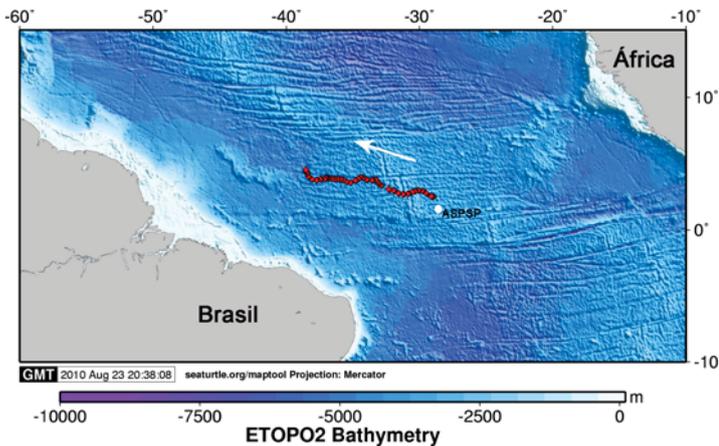


Fig. 6. Deslocamento horizontal do TB-03 monitorado por transmissor SAT a partir do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP).

mergulhos profundos diários até 200m de profundidade, passando a apresentar um comportamento bem mais superficial após esse período, em geral inferior a 50 m. Já T2, desde o momento de sua liberação, exibiu um comportamento mais superficial, não avançando além dos 60 m de profundidade. Em geral, ambos espécimes despenderam pelo menos 50% do seu tempo nos primeiros 10 m, além de um período razoável na superfície (T1= 8%; T2= 21%). Embora preliminares, os dados até o momento obtidos parecem confirmar a hipótese de que os tubarões-tigre, responsáveis por grande parte dos ataques no litoral do Recife, estariam se aproximando das praias, atraídos pelo tráfego marítimo, quando de sua migração, na direção norte, seguindo as correntes marinhas prevaletentes entre junho e agosto, que é também o período do ano com a maior incidência de ataques.

Embora a utilização de marcas eletrônicas para o monitoramento de grande peixes pelágicos no Brasil tenha se iniciado há menos de uma década, os resultados até o momento alcançados, com diversas espécies de elasmobrânquios e teleósteos já marcados, são bastante encorajadores e certamente confirmam o enorme potencial deste tipo de dispositivo para a obtenção de informações essenciais para uma adequada compreensão do comportamento e utilização do habitat por esses animais, sem as quais não é possível se avaliar adequadamente a condição de seus estoques, nem, conseqüentemente, se adotar medidas de ordenamento e conservação capazes de assegurar a sua sustentabilidade. Apesar do Brasil se encontrar ainda relativamente atrasado em relação a alguns países mais desenvolvidos na condução deste tipo de pesquisa, particularmente em razão do elevado custo deste tipo de equipamento, os resultados mais recentes mostram claramente uma tendência de disseminação e crescimento desse tipo de pesquisa no País. Uma das principais fronteiras para que a pesquisa brasileira nessa área possa, no entanto, avançar de forma ainda mais célere, seria o desenvolvimento dessas marcas eletrônicas a partir de empresas e/ou instituições nacionais, a exemplo dos avanços recentes registrados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, na fabricação de bóias para o monitoramento oceanográfico.

Agradecimentos

Agradecemos ao programa Maptool pela produção do mapa temático do deslocamento horizontal do tubarão baleia. Maptool é um produto de SEATURTLE.ORG. (www.seaturtle.org).

Literatura citada

- Afonso, A. S., L. Ferreira, P. C. Castilho & F. H. V. Hazin. 2010. Large-scale movements of tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in the Southwestern Atlantic: implications for shark attack hazard management. Pp. 16. *In: I Sharks International Conference*. Abstracts, Cairns, Australia.
- Arnold. G. & H. Dewar. 2001. Electronic Tags in Marine Fisheries Research: A 30-Year Perspective. Pp. 7-64. *In: Seibert J. & J. Nielsen (Eds.) Electronic Tagging and Tracking in Marine Fisheries*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Baba, N., H. Nitto & A. Nitta. 2000. Satellite tracking of young Steller sea lion off the coast of northern Hokkaido. *Fisheries Science* 66: 180-181.
- Block B. A., K. E. Keen, P. Castillo, H. Dewar, E. V. Freund, D. J. Marcinek, R. W. Brill & C. Farwell. 1997. Environmental references of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) at the northern extent of its range. *Marine Biology* 130: 119-132.
- Block, B. A., H. Dewar, S. B. Blackwell, T. D. Williams, E. D. Prince, C. J. Farwell, A. Boustany, S. L. Teo, A. Seitz, A. Walli & D. Fudge. 2001. Migratory movements, depth preferences, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna. *Science* 293: 1310-1314.
- Block, B. A., H. Dewar, C. J. Farwell & E. D. Prince. 1998. A new satellite technology for tracking the movements of Atlantic bluefin tuna. *Proceedings of Natural Academy of Science of USA* 95: 9384-9389.
- Brill R. W., D. B. Holts, R. K. C. Chang, S. Sullivan, H. Dewar & F. G. Carey. 1993. Vertical and horizontal movements of striped marlin (*Tetrapturus audax*) near the Hawaiian Islands, determined by ultrasonic telemetry, with simultaneous measurement of oceanic currents. *Marine Biology* 117: 567-574.
- Brill R. W. 1994. A review of temperature and oxygen tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movement models and stock assessments. *Fish Oceanography* 3: 204-216.
- Brill, R. W., B. A. Block, C. H. Boggs, K. A. Bigelow E. V. Freund & D. J. Marcinek 1999. Horizontal movements and depth distribution of large adult yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, recorded using ultrasonic telemetry: implications for the physiological ecology of pelagic fishes. *Marine Biology* 133: 395-408.
- Bruce, B. D., J. D. Stevens & H. Malcolm. 2006. Movements and swimming behaviour of white sharks (*Carcharodon carcharias*) in Australian waters. *Marine Biology* 150: 161-171.
- Carey F. G. 1990. Further observations on the biology of the swordfish. Pp. 102-122 *In: Stroud R. H. (Ed.) Planning the future of billfishes*. National Coalition for Marine Conservation Inc., Savannah, Georgia.
- Carey, F. G., & R. J. Olson. 1982. Sonic tracking experiments with tunas. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers* 27: 458-466.

- Carey, F. G. & J. V. Scharold. 1990. Movements of blue sharks, *Prionace glauca*, in depth and course. Marine Biology 106: 329-342.
- Cartamil, D. P., J. J. Vaudo, C. G. Lowe, B. M. Wetherbee & K. N. Holland. 2003. Diel movement patterns of the Hawaiian stingray, *Dasyatis lata*: implications for ecological interactions between sympatric elasmobranch species. Marine Biology 142: 841-847.
- Carvalho, F., F. H. V. Hazin, D. Murie, D. Nunes, B. Mourato, & G. Burgess. 2009. Migratory movements of blue and shortfin mako sharks in the Southwest Atlantic Ocean. Pp. 214. In: American Fisheries Society Meeting - Memphis, Tennessee, EUA.
- Cayre, P. 1991. Behavior of yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) around fish aggregating devices (FADs) in the Comoros Island as determined by ultrasonic tagging. Aquatic Living Resources 4: 1-12.
- Chivers, S. J. & M. D. Scott. 2002. Tagging and tracking of *Stenella* spp. during the 2001 Chase Encirclement Stress Studies Cruise. SWFSC Administrative Report LJ-02-33: 24.
- Corcoran, M. J. 2006. The Influence of Supplemental Feeding on The Movement Patterns of the Southern Stingray, *Dasyatis americana*, at Grand Cayman, Cayman Islands. Dissertação de Mestrado, Nova Southeastern University.
- Craighead, J. J., F. C. Craighead-Jr, J. R. Varney & C. E. Cote. 1971. Satellite monitoring of black bears. BioScience. 21: 1206-1212.
- Craighead-Jr, F. C., J. J. Craighead, C. E. Cote, & H. K. Buechner. 1972. Satellite and ground radio tracking of elk. Pp. 99-111. In: S. Galler et al. Animal Orientation and Navigation. NASA, Washington, D.C.
- Davis, R. W., N. Jaquet, U. Gendron, U. Markaida, G. Bazzino & W. Gilly. 2007. Diving Behavior of sperm whales in relation to behavior of a major prey species, the jumbo squid, in the Gulf of California, Mexico. Marine Ecology Progress Series 333: 291-302.
- Delong, R. L., B. S. Stewart & R. D. Hill. 1992. Documenting migrations of Northern elephant seals using day length. Marine Mammal Science 8: 155-159
- Dewar, H., M. Domeier & N. Nasby-Lucas. 2004. Insights into young of the year white shark, *Carcharodon carcharias*, behavior in the Southern California Bight. Environmental Biology of Fishes 70: 133-143.
- Dietz, R., J. Teilmann, M.-P. H. Jørgensen & M. V. Jensen. 2002. Satellite tracking of Humpback whales in West Greenland. National Environmental Research Institute- NERI Technical Report (Denmark) 411: 40.
- Dietz, R., J. Teilmann, O. D. Henriksen & K. Laidre. 2003. Movements of seals from Rødsand seal sanctuary monitored by satellite telemetry. Relative importance of the Nysted Offshore Wind Farm area to the seals. National Environmental Research Institute- NERI Technical Report (Denmark) 429: 44.
- Ekstrom, P. A. 2004. An advance in geolocation by light. Memoirs of the National Institute of Polar Research (Tokyo) 58: 210-226.
- Fancy, S. G., L. F. Pank, D. C. Douglas, C. H. Curby, G. W. Garner, S. C. Amstrup & W. L. Regelin. 1988. Satellite telemetry: a new tool for wildlife research and management. U.S. Fish and Wildlife Service Resource Publication 172: 1-54.
- Ferreira, L. C., P. C. Castilho, A. S. Afonso & F. H. V. Hazin. 2010. Estudos preliminares sobre o monitoramento acústico do tubarão lixa, *Ginglymostoma cirratum*, no litoral do Recife, Pernambuco. Anais IV Congresso Brasileiro de Oceanografia, Rio Grande, RS.
- Garla, R. C., E. D. Chapman, B. M. Wetherbee & E. M. Shivji, 2006. Movement patterns of young Caribbean reef sharks, *Carcharhinus perezi*, at Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. The potential of marine protected areas for conservation of a nursery ground. Marine Biology 149: 189-199.
- Goodyear, C. P., J. Luo, E. D. Prince, J. P. Hoolihan, D. Snodgrass, E. S. Orbesen, & J. E. Serafy. 2008. Vertical habitat use of Atlantic blue marlin: insights into interaction with pelagic longline gear. Marine Ecology Progress Series 365: 233-245.
- Graves, J. E., B. E. Luckhurst & E. D. Prince. 2002. An evaluation of pop-up satellite tags for estimating postrelease survival of blue marlin (*Makaira nigricans*) from a recreational fishery. Fishery Bulletin 100: 134-142.
- Gunn, J. S., T. Polachek, T. Davis, M. Sherlock & A. Betlehem. 1994. The development and use of archival tags for studying the migration, behaviour and physiology of bluefin tuna, with an assessment of the potential for transfer of the technology for groundfish research. Pp. 1-23. In: ICES Mini Symposium on Fish Migration.
- Hanamoto, E. 1986. Effect of oceanographic environment on bigeye tuna distribution. Fish Bulletin of the Kanagawa Prefectural Fisheries Experimental Station 2: 61.
- Hazin, F. H. V. 1993. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the Southwestern Equatorial Atlantic Ocean. Tese de Doutorado, Tokyo University of Fisheries.
- Hazin, F. H. V., C. E., Boeckman, E. C., Leal, R. P. T. Lessa, K. Kihara, & K. Otsuka. 1994. Distribution and relative abundance of the blue shark, *Prionace glauca*, in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. Fishery Bulletin 92: 474-480.
- Hazin, F. H. V.; P. B. Pinheiro, M. K. Broadhurst. 2000. Further notes on reproduction of the blue shark, *Prionace glauca*, and a postulated migratory pattern in the South Atlantic Ocean. Ciência e Cultura (SBPC). Brasil 52: 114-119.
- Hazin, F. H. V., G. H. Burgess, & F. C. Carvalho. 2008a. A Shark Attack Outbreak off Recife, Pernambuco, Brazil: 1992-2006. Bulletin of Marine Science 82: 199-212,
- Hazin, F. H. V., T. Vaske-Jr, P. G. Oliveira, B. C. L. Macena, & F. Carvalho. 2008b. Occurrences of whale shark (*Rhincodon typus* Smith, 1828) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. Brazilian Journal of Biology 68: 385-389.
- Hill, R. 1994. Theory of geolocation by light levels. pp. 227-236. In: LeBoeuf, B. & R. Laws (Eds.). Elephant Seals: Population Ecology, Behaviour, and Physiology. University of California Press, Berkeley.
- Holland, K. N., R. W. Brill & R. K. C. Chang. 1990a. Horizontal and vertical movements of Pacific blue marlin captured and released using sportfishing gear. Fishery Bulletin 88: 397-402.

- Holland, K. N., R. W. Brill & R. K. C. Chang. 1990b. Horizontal and vertical movements of yellow fin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. Fishery Bulletin 88: 493-507.
- Holts, D. & D. Bedford. 1990. Activity patterns of striped marlin in the southern California bight. Pp 81-93. *In*: Stroud, R. S. (Ed.) Planning the future of billfishes. National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia.
- Hoolihan, J. P. 2005. Horizontal and vertical movements of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in the Arabian Gulf, determined by ultrasonic and pop-up satellite tagging. Marine Biology 146: 1015-1029.
- Hoolihan, J. P. & J. Luo. 2007. Determining summer residence status and vertical habitat use of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in the Arabian Gulf. ICES Journal of Marine Science 64: 1-9.
- Horodysky, A. Z. & J. E. Graves. 2005. Application of pop-up satellite archival tag technology to estimate post-release survival of white marlin (*Tetrapturus albidus*) caught on circular and straight shank ("J") hooks in the western North Atlantic recreational fishery. Fishery Bulletin 103: 84-96.
- Horodysky, A. Z., D. W. Kerstetter, R. J. Latour, & J. E. Graves. 2007. Habitat utilization and vertical movements of white marlin (*Tetrapturus albidus*) released from commercial and recreational fishing gears in the western North Atlantic Ocean: inferences from short-duration pop-up archival satellite tags (PSATS). Fisheries Oceanography 16: 240-256.
- Hsu, H. H., S. J. Joung, Y. Y. Liao & K. M. Liu. 2007. Satellite tracking of juvenile whale sharks, *Rhincodon typus*, in the Northwestern Pacific. Fisheries Research 84: 25-31.
- Johnson, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. Ecology 61: 65-71.
- Kerstetter, D. W., J. J. Polovina & J. E. Graves. 2004. Evidence of shark predation and scavenging on fishes equipped with pop-up satellite archival tags. Fishery Bulletin 102: 750-756.
- Klimley, A. P., R. L. Kihlslinger & J. T. Kelly. 2005. Directional and non-directional movements of bat rays, *Myliobatis californica*, in Tomales Bay, California. Environmental Biology of Fishes 74: 79-88.
- Langtimm, C. A., M. D. Krohn, J. P. Reid, B. M. Stith & C. A. Beck. 2006. Possible effects of the 2004 and 2005 Hurricanes on Manatee Survival Rates and Movement. Estuaries and Coasts 29: 1026-1032.
- Laur M. E., H. S. H. Yuen & J. H. Johnson. 1977. Small-scale movements of albacore, *Thunnus alalunga*, in relation to ocean features as indicated by ultrasonic tracking and oceanographic sampling. Fishery Bulletin 75: 347-355.
- Lentfer, J. W. & D. DeMaster. 1982. Satellite radio tracking of polar bears. Pp. 52-53. *In*: C. Cote, R. Taylor, & E. Gilbert (Eds). Nimbus-6 random access measurement system applications experiments. NASA SP-457, Washington, D.C.
- Lutcavage, M. E., R. W. Brill, G. B. Skomal, B. C. Chase, J. L. Goldstein & J. Tutein. 2000. Tracking adult North Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the northwestern Atlantic using ultrasonic telemetry. Marine Biology 137: 347-358.
- Macena, B. C. L. 2010. Estudo da sazonalidade, distribuição, abundância e comportamento migratório do tubarão-baleia (*Rhincodon typus* smith 1828) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife.
- Marsh, H. & G. B. Rathbun. 1987. Tracking dugongs. Argos Newsletters 29: 8-9.
- Matern, S. A., J. J. Cech Jr. & T. E. Hopkins. 2000. Diel movements of bat rays, *Myliobatis californica*, in Tomales Bay, California: evidence for behavioral thermoregulation? Environmental Biology of Fishes 58: 173-182.
- Mech, L. D. & S. M. Barber. 2002. A critique of wildlife radio-tracking and its use in national parks, report to the U.S. National Park Service prepared by the Biological Resources Division of the U.S. Geological Survey: 80.
- Mosbech, A., R. S. Danø, F. Merkel, C. Sonne, G. Gilchrist & A. Flagstad. 2006. Use of satellite telemetry to locate key habitats for King Eiders *Somateria spectabilis* in West Greenland. pp. 769-776. *In*: Boere, G.C., C.A. Galbraith & D.A. Stroud. (Eds). Waterbirds around the world. The Stationery Office, Edinburgh, UK.
- Mourato, B. L., F. C. Carvalho, F. H. V. Hazin, J. C. Pacheco, H. G. Hazin, P. Travassos & A. F. Amorim. 2010. First observations of migratory movements and habitat preference of atlantic sailfish, *Istiophorus platypterus*, in the Southwestern Atlantic ocean. Collective Volume of Scientific Papers ICCAT 65: 1740-174.
- Musyl, M., R. Brill, D. Curran, J. S. Gunn, J. Hartog, R. Hill, D. W. Welch, J. P. Eveson, C. H. Boggs, & R. Brainard. 2001. Ability of archival tags to provide estimates of geographical position based on light intensity. Pp. 343-368. *In*: Sibert, J. R., J. L. Nielsen, (Eds.). Electronic Tagging and Tracking in Marine Fisheries. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Nelson, D. R. 1990. Telemetry studies of sharks: a Review, with applications in resource management. Pp. 239-256 *In*: Pratt, H. L., Jr., S. H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.). Elasmobranchs as living resources: advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the status of the fisheries. NOAA Technical Report NMFS-SWSC-90, La Jolla, EUA.
- Nielsen, A., K.A. Bigelow, M. K. Musyl & J. R. Sibert. 2006. Improving light-based geolocation by including sea surface temperature. Fisheries Oceanography 15: 314-325.
- Nielsen, A. & J. R. Sibert. 2004. KFtrack: an R-package to efficiently estimate movement parameters and predict "most probable track" from raw geo-locations of tagged individuals. <http://www.soest.hawaii.edu/tag-data/tracking/kftrack>
- Nielsen, A. & J. R. Sibert. 2005. KFSST: an R-package to efficiently estimate the most probable track from light-based longitude, latitude and SST. <http://www.soest.hawaii.edu/tag-data/tracking/kfsst>
- Pereira, A. A. 2007. Comportamento de albacora-laje *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife.

- Polovina J. J., G. H. Balazs, E. A. Howell, D. M. Parker, M. P. Seki & P. H. Dutton. 2004. Forage and migration habitat of loggerhead (*Caretta caretta*) and olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) sea turtles in the central North Pacific Ocean. Fisheries Oceanography 13: 36-51.
- Prince, E. D. & C. P. Goodyear. 2006. Hypoxia-based habitat compression of tropical pelagic fishes. Fisheries Oceanography 15: 451-464.
- Reine, K. 2005. An overview of tagging and tracking technologies for freshwater and marine fishes. E. T.-D.-E. DOER Technical Notes Collection, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- Rowat, D. & M. A. Gore. 2007. Regional scale horizontal and local scale vertical movements of whale sharks in the Indian Ocean off Seychelles. Fisheries Research 84: 32-40.
- Shaver, D. J., B. A. Schroeder, R. A. Byles, P. M. Burchfield, J. Peña, R. Márquez & H. J. Martinez. 2005. Movements and Home Ranges of Adult Male Kemp's Ridley Sea Turtles (*Lepidochelys kempii*) in the Gulf of Mexico Investigated by Satellite Telemetry. Chelonian Conservation and Biology 4: 817-827.
- Sibert, J. R. & D. A. Fournier. 2001. Possible models for combining tracking data with conventional tagging data. Pp. 443-456. *In*: Sibert, J. R. & J. L. Nielsen (Eds.). Electronic Tagging and Tracking in Marine Fisheries Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries. Kluwer Academic Press, Dordrecht, the Netherlands.
- Stahl, J. C. & P. M. Sagar. 2000 Foraging strategies of southern Buller's albatrosses *Diomedea b. bulleri* breeding on The Snares, New Zealand. Journal of the Royal Society of New Zealand 30: 299-318.
- Stasko, A. B. & D. G. Pincock. 1977. Review of underwater biotelemetry, with emphasis on ultrasonic techniques. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 34: 1261-1285.
- Teo, S. L. H., A. Boustany, S. Blackwell, A. Walli, K. C. Weng & B. A. Block. 2004. Validation of geolocation estimates based on light level and sea surface temperature from electronic tags. Marine Ecology Progress Series 283: 81-98.
- Travassos, P., 1999. L'étude des relations thons-environnement dans l'océan Atlantique intertropical ouest: cas de l'albacore (*Thunnus albacares*, Bonaterre 1788), du germon (*Thunnus alalunga*, Bonaterre 1788) et du thon obèse (*Thunnus obesus*, Lowe 1839). Tese de Doutorado. Université Paris 6 – Pierre et Marie Curie.
- Travassos, P., A. A. Pereira & M. T. Tolotti. 2009. Comportamento da albacora-laje, *Thunnus albacares*. Em O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica. SECIRM, Brasília-DF. 234-243.
- Viana, D. F., S. Mendonça, B. C. L. Macena & F. H. V. Hazin. 2010. Aspectos do comportamento e movimentação de *Mobula tarapacana* no entorno do arquipélago de São Pedro e São Paulo utilizando telemetria acústica. *In*: IV Congresso Brasileiro de Oceanografia. Rio Grande, RS.
- Weng, K., P. C. Castilho, J. M. Morrisette, A. M. Landeira-Fernandez, D. B. Holts, R. J. Shallert, K. J. Goldman & B. A. Block. 2005. Satellite tagging and cardiac physiology reveal niche expansion in salmon sharks. Science 310 (5745): 104-106.
- Wetherbee B. M., S. H. Gruber & R. S. Rosa. 2007. Movement patterns of juvenile lemon sharks *Negaprion brevirostris* within Atol das Rocas, Brazil: a nursery characterized by tidal extremes. Marine Ecology Progress Series 343: 283-293.
- Wetherbee, B. M., E. L. Rechisky, H. L. Pratt & C. T. McCandless. 2001. Use of Telemetry in Fisheries Management: Juvenile Sandbar Sharks in Delaware Bay. Pp. 249-262. *In*: J. Sibert & J. Nielson (Eds.) Electronic Tagging and Tracking in Marine Fisheries (Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries) - Vol. 1. Kluwer Academic Press, Dordrecht, the Netherlands.
- Wiley T. R. & C. Simpfendorfer. 2007. The ecology of elasmobranchs occurring in the Everglades National Park, Florida: Implications for conservation and management. Bulletin of Marine Sciences 80: 171-189.
- Wilson, R. P., J. J. Ducamp, G. W. Rees, M. Culik, K. Niekamp. 1992. Estimation of location: global coverage using light intensity. Pp 131-134. *In*: Priede, I. G. & S. M. Swift (Eds). Wildlife telemetry: remote monitoring and tracking of animals. Ellis Horwood, London.
- Wilson, S. G., B. S. Stewart, J. J. Polovina, M. G. Meekan, J. D. Stevens & B. Galuardi. 2007. Accuracy and precision of archival tag data: a multiple-tagging study conducted on a whale shark (*Rhincodon typus*) in the Indian Ocean. Fisheries Oceanography 16: 547-554.
- Yonemori T. 1982. Study of tuna behavior, particularly swimming depths, by the use of sonic tags. Far Seas Fisheries Research Laboratory (Shimizu) Newsletter 44: 1-5.
- Yoshihara, T. 1951. Distribution of fishes caught by the longline II. Vertical distribution. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 16: 370-374.
- Yuen H. S. H. 1970. Behavior of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, as determined by tracking with ultrasonic devices. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 27: 2071-2079.

(FHVH) fvhv@terra.com.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife, PE. ■

O Cardume

A lista abaixo apresenta todos os associados que já passaram pela SBI. A mesma foi baseada nos registros que ainda permanecem em posse da Secretaria, tanto em papel quanto no banco de dados eletrônico (até 22/09/2010). Eventualmente alguns nomes podem não constar nesta lista, devido ao extravio de alguns destes cadastros ao longo do tempo. O **negrito** sinaliza os associados ativos, enquanto o “*” refere-se aos associados fundadores. Pedimos desculpas em caso de eventuais erros (e.g., ausência na lista, nomes digitados erroneamente, etc.) e convocamos que se manifestem junto à Secretaria para correções. Parabéns a todos pelo sucesso desta Sociedade!

A

Acacio Ribeiro Gomes Tomás*

Adalberto Luís Val

Adelinyr Azevedo M Cordeiro*

Aderval Ferrari Vaz de Almeida

Adilson Kimiyoshi Takata

Adma Kátia Guimarães Lacerda

Adriana Santos Martinez

Adriana Hernandez Sierra

Adriana Jorge Meschiatti

Adriana Miguel Saad

Adriana Portes Santos Rickli

Adriana Regina Chippari Gomes

Adriana Saccol Pereira

Adriane Teixeira Barros

Afonso Pereira Fialho

Agostinho Carlos Catella

Agostinho Clovis da Silva

Airton Batista Santos

Akemi Shibuya

Alany Pedrosa Gonçalves

Alberto Espinachros

Alberto Akama

Alberto Ferreira de Amorim

Aldemir Gomes Freire

Alec Krüse Zeinad

Alejandra F. G. Neve dos Santos

Alessandra Blois Belluzzo

Alessandro Gasporetto Bifi

Aléssio Datovo da Silva

Alex Luiz de Andrade Melo

Alex Pires de Oliveira Nuñez

Alexandre Clistenes A.Santos

Alexandre Cunha Ribeiro

Alexandre de Moraes Castro

Alexandre Gomes Ferreira

Alexandre Kannebley de Oliveira

Alexandre Lima Godinho*

Alexandre Miranda Garcia

Alexandre Ninhaus Silveira

Alexandre Pimenta Charcansky

Alexandre Pires Marceniuk

Alexandre Pucci Hercos

Alexandre Rodrigues Cardoso

Alexandre Tadeu Barbosa dos Santos

Alexandre Wagner Silva Hilsdorf

Alfred W. Thomson

Alfredo Carvalho Filho

Alfredo Martins Paiva Filho*

Alice Hirschmam

Alice Michiyo Takeda

Aline Augusto Aguiar

Allan Pierre Bonetti Pozzobon

Almir Petersen Barreto

Aloisio Sirangelo Braun

Amalia Maria Miquelarena

Amanda Frederico Mortati

Ana Aparecida Nogueira Meyer

Ana Carla Asfora El-Deir

Ana Carolina P. Valladares da Rocha

Ana Cristina Petry

Ana Karina Calahani Felício

Ana L. Acevedo

Ana Lucia Vendel

Ana Lúcia Dias

Ana Maria Gealh

Ana Maria Cuglianna Pereira Bruno

Ana Maria de Souza Oliveira

Ana Paula Ribeiro Costa

Ana Paula S. Dufech

Ana Paula Vidotto Magnoni

Anadelia Toscano Bellini*

Anders Goncalves da Silva

Anderson Ferreira

Anderson Luís Alves

Anderson Oliveira Latini

André Correa Costa

Andre Lincoln Barroso de Magalhães

Andre Luis da Silva Casas

André Luiz da Costa Castro

André Luiz Netto Ferreira

André Martins Vaz dos Santos

André Paulo Corrêa de Carvalho

Andre Roberto A. Correa

André Rodrigues Neto

Andre Suppa Thomaz Pereira

Andréa Bialetzki

Andrea de Carvalho Paixão

Andréa Jardim da Fonseca

Andréa Soares Araújo

Andrea Tonolli Thomaz

Andreia Turcati

Andres Salomon Cohen*

Andreza dos Santos Oliveira

Angela Maria Ambrosio

Angela Maria Zanata

Angela Maria Louzada Veregue Araujo

Ângela Teresa Silva*

Angelo Antonio Agostinho*

Angelo Fontini Maffissoni*

Anibal Alves de Carvalho Júnior

Anna Emília Amato M.Vazzoler*

Anthony Carl Chatwin

Antonia Jose da Silva*

Antonio Carlos Beaumord

Antonio Carlos Leal de Castro

Antonio Coji Osako

Antônio de Lemos Vasconcelos Filho*

Antonio Gomes da Cruz Filho

Antonio Olinto Ávila Silva

Arcimi dos Santos

Ariana Cella Ribeiro

Arion Túlio Aranda

Arnold Jose Lugo Carvajal

Artur Antonio Andreatta

Áthila B. Andrade

Axel Zarske

Ayda Vera Alcântara

Aymar Macedo Diniz Filho

B

Bárbara Borges Calegari

Barry Chernoff

Beatrice Padovani Ferreira

Berenice M. Fernandes de Lima*

Bernard Reynier

Bernard de Mérona

Bernardo Baldisserotto

Bernd-Egon Marterer

Bertran Miranda Feitoza

Bhascara Canan

Bianca de Freitas Terra

Biblioteca Central (PUCRS)

Blanca Bottini Rojas

Breno Perillo Nogueira

Brian Harvey

Brian Sidlauskas

Brian Spencer Dyer

Bruno Ayres Santos

Bruno Correa Meurer

Bruno da Silveira Prudente

Bruno F. Pereira

Bruno Vilaça Campos Gomes

C

Camila Marion

Camila Muraneto Kusma

Camila Fernandes de Souza
Camilo Andrés Roa Fuentes
 Carine Cavalcante Chamon
 Carl Ferraris
 Carla Ferreira Rezende
Carla Simone Pavanelli
Carlos Alberto Santos de Lucena*
 Carlos Alberto Arfelli
 Carlos Alberto Rego M. Araújo Lima
Carlos Andrés Lasso
Carlos Augusto A. Figueiredo
 Carlos Augusto Rangel Gonçalves
Carlos Bernardo Mascarenhas Alves
 Carlos David C. M. de Santana
Carlos do Nascimento
 Carlos E. de Carvalho Freitas
 Carlos Eduardo Marinelli
 Carlos Eduardo Corrêa
 Carlos Eduardo Brochado Machado
 Carlos Eduardo Cappellini Torloni
 Carlos Eduardo Costa de Campos
Carlos Eduardo L. Ferreira
 Carlos Eduardo Mounic Silva
 Carlos Ferreira de Figueiredo
 Carlos Massatoshi Ishikawa
 Carlos Porto da Silva*
 Carlos Roberto Silveira F. Bizerril
 Carlos Sergio Agostinho
**Carmem Lúcia Del Bianco Rossi
 Wongtschowski***
 Carmem Maria Bandeira Villamil*
 Cármino Hayashi
Carolina Rodrigues da Costa Doria
 Carolina Viviana Minte Vera
 Caroline Chaves Arantes
 Carolus Maria Vooren
 Casemiro Sérgio Martins
 Cássia Freitas
 Cátia Maria Romão
Cecile de Souza Gama
 Cecilia del Rosário Guerra
Cecilia Gontijo Leal
 Celso Iketo
 César Santos
 César Martins
Cesar Enrique de Melo
 Cheila de Lima Boijink
 Chossi Sinque*
Christian Andreas Cramer
 Christina T. Cabral dos Santos
 Christopher Scharpf
Cíntia Veloso Gandini
 Ciro A. de Oliveira Ribeiro
Clarice Bernhardt Fialho
 Clarissa Maria Telles Vieira
 Claude Jean Roger Weber
Claudenice Dei Tós
 Cláudia Machado

Claudia Angélica da Silva Brandão
 Claudia Bueno dos Reis Martinez
 Claudia Maria Lisboa F. Bastos
Claudia Pereira de Deus e Silva
 Claudiane Maria Lozano Ferretti
 Claudinea Padilho dos Santos
Cláudio Oliveira*
 Cláudio Ricken
Claudio Henrique Zawadski
 Cláudio Luis Santos Sampaio
Clayton Kunio Fukakusa
 Cleber Valim Alexandre
 Cleide S.R. Mainardes Pinto
 Cleoni dos Santos Carvalho
 Clesio R. Fonseca
 Cléverson Agner Ramos
 Costantino Pedro de Alcântara Neto
 Creuza Soares Cortez
Cristhiana Paula Ropke
 Cristiane de Albuquerque Cavalcanti
Cristiane de Paula Ferreira
 Cristiano Luis Rangel Moreira
 Cristiano Machado Silveira
 Cristina Sazima
 Cristina Buitrón Vuelta
Cristina Cox Fernandes
Cristina da Silva Gonçalves
Cristina Luísa Conceição de Oliveira
Cristina Motta Buhnrheim

D

Dalcio Ricardo Andrade
Dalton Tavares B. Nielsen
 Daniel dos Santos Lewis
 Daniel Sheanan Colmenerolin
Daniela Calcagnotto
 Danielle Peretti
 Danilo Caneppele
 Dario Mandelburger
 Dario Armin Halboth
 Daura Regina de Brito Eiras*
 David Joseph Hoeinghaus
David Augusto R. Tataje
 David C. Werneke
 Dean Hendrickson
 Débora Karla S. Marques
 Decio Ferreira de Moraes Junior.
 Delma Machado Cantisani Pádua
 Derijst Eddy
 Diego de Lima Souza
 Diego de Paula Cognato
 Dieter Kelber
 Diones Krinski
Divina Sueide de Godoi
Domingo Rodriguez Fernandez
Dominique Adriaens
 Donald Taphorn
 Donald J. Stewart

Douichi-Ito Italia Shobo
Drausio de Freitas Belote
 Dulce Maria Antoniutti

E

Ecology and Environmental do Brasil
Éder André Gubiani
 Edevalte Porto Viator Junior
 Edgard Fernandes de Deus
 Edílson Matos
 Edinberg Caldas de Oliveira
 Edith Susana Elisabeth Fanta
 Edmea Dias
 Edmir Daniel de Carvalho
 Edson Campos Perrone
 Edson Fontes de Oliveira
Edson Henrique Lopes Pereira
 Edson Kiyoshi Okada
Edson Lourenço da Silva
 Edson Luis Maistro
 Edson Rodolpho Guiao Leite*
 Eduardo Galhardo
 Eduardo Amato de Moraes Vazzoler
 Eduardo Barros Fagundes Neto*
Eduardo Bessa Pereira da Silva
 Eduardo Cunha Farias*
 Eduardo de Medeiros Ferraz
 Eduardo Ortiz de Camargo
 Eduardo Shinji Togoro
 Eduardo Tavares Paes
Efrem Jorge Gondim Ferreira
Elaine Antoniassi Luiz
 Elaine Fender Andrade Talmelli
 Eldredge Bermingham
 Eleonora Trajano*
Eliana Feldberg
 Eliane Gonçalves de Freitas
Eliete Francisca da Silva
 Elineide Eugênio Marques
 Elisangela Santana O. Dantas
Elizabeth Romagosa
Elizabeth Lima Mendes Leão
 Elizabeti Y. Muto
 Elizete Rizzo
 Eloci Peres Rios
Elton José de França
 Elvio Sérgio F. Medeiros
 Emerson da Silva Maria
 Emi Obora
Emiko Kawakami de Resende*
 Emiko Tahira Kavamoto
 Enir Girondi Reis*
 Enrique Querol Chiva
 Eric Hilton
 Érica Pauls
Erica Maria Pellegrini Caramaschi*
 Erik Allan Pinheiro dos Santos

Érika Fernandes Araújo Vita

Erika Maria Neif Machado

Erivelto Goulart

Ernesto J. Ron Esteves

Eucilene Alves Santana Porto

Euclides Ruy de Almeida Dias

Eurizângela P. Dary

Evanilde Benedito Cecilio

Everaldo Lima de Queiroz*

Everton Rodolfo Behr

Evoy Zaniboni Filho

F

Fabiana Cezar Félix

Fabiano Ferreira dos Santos

Fábio Vieira

Fábio Amodêo Lansac Tôha

Fabio Di Dario

Fábio Edir dos Santos Costa

Fábio Flores Lopes

Fabio Magno da Silva Santana

Fábio Mineo Suzuki

Fábio Muller R. de Salles Pupo

Fabio Porto Foresti

Fábio Silveira Vilella

Fábio Soller Dias da Silva

Fabiola Schneider

Fabiola Carla da Rocha

Fabricio Barreto Teresa

Fabrcio Flávio Theophilo Domingos

Fátima do Rosário Guimarães

Fátima Lúcia de Brito dos Santos

Fausto Foresti*

Felipe Fernandes Ferreira

Felipe Polivanov Ottoni

Felipe Pontieri de Lima

Felipe Rossoni Cardoso

Fernanda de Oliveira Martins

Fernanda Elisa Weiss

Fernanda Teixeira Marciano

Fernando Chiavenato

Fernando Braschi

Fernando Carvajal

Fernando Apone

Fernando Camargo Jerep

Fernando Cesar Paiva D'Agosta

Fernando Gertum Becker

Fernando Gonçalves Cabeceira

Fernando Luiz Killesse Salgado

Fernando Portella de Luna Marques

Fernando Rangel Marcondes

Fernando Rogério de Carvalho

Fernando Zaniolo Gibran

Filipe Augusto Gonçalves de Melo

Flávia Borges Santos

Flávia Francine Gazola Silva

Flavio Alicino Bockmann

Flávio César Thadeo de Lima

Flávio do Nascimento Coelho

Flavio Henrique Caetano

Francesca Werner Ferreira

Francisca Edna de Andrade Cunha

Francisca Estela Lima Freitas

Francisco A. Alves Garcez

Francisco Antonio Villa Navarro

Francisco Borba Ribeiro Neto

Francisco de Arruda Machado*

Francisco Gerson Araújo*

Francisco Javier Hernandez Blazquez*

Francisco José Oliva Paterna

Francisco Jose de Figueiredo

Francisco Jose de Souza Reis

Francisco Langeani Neto

Francisco Leonardo T. Garro

Francisco Lúcio Rodrigues de Barros

Francisco Marcante S. Silva

Francisco P. Severo C. Neto

Francisco Ricardo A. Neto

Francisco Tadeu Rantin

Frank Raynnes Vasconcelos Ribeiro

Frederico Moreira Osório

Frederico Werneck Kurtz

Fundação Educacional de Ituiutaba

G

Gabriel Alkmim Pereira

Gabriel Gazzana Barros

Gabriel H. de Mendonça Cardoso

Gabriel Henrique Fonseca Lima

Gabriel Lourenço Brejão

Gabriela Varela Dias

Gabriela Zanon Pelicção Dardis

Gastão Cesar Cyrino Bastos*

Gecely Rodrigues Alves Rocha

George Mendes Taliaferro Mattox

Geraldo Barbieri

Geraldo Eysink

Geraldo E. V. Padilha

Geraldo Mendes dos Santos

Germana Polimeni Pimentel

Germano Phonlor*

Getulio Rincon Filho

Giana Sobral Maciel dos Santos

Gianfranco Ceni

Gilberto Moraes

Gilberto Aparecido V. Junior

Gilberto Cesar Pavanelli*

Gilberto Pereira Junior

Gilmar Baumgartner

Gilmar Bastos Santos

Giovana Inês Lagemann

Giovana Souza Branco

Giovani Balma

Giovanni Neves M. da Silva

Gisela Costa Ribeiro

Gisele dos Santos Katopodis

Gislaine Otto

Gislene Torrente Vilara

Giuliano de Oliveira e Castro

Gladstone Ignacio de Almeida

Gláucia Gonzaga Galvão

Gosuke Sato

Graco Aurelio Camara de Melo Viana

Guadalupe Vivekananda

Guassenir Gonçalves Bom*

Guilherme Souza

Guilherme A. M. Lopes

Guilherme Budal Wiest

Guilherme Fernandez Gondolo

Guilherme Laizola F. Correa

Guilherme Moreira Dutra

Guillermo Orti

Guillermo Moisés Bendezú Estupiñan

Gustavo F. M. Leite

Gustavo Machado Prado

Gustavo Ribeiro Aloisio

Gustavo Wilson Alves Nunan

H

Hans Georg Evers

Harro Hieronimus

Harumi Irene Suzuki

Harumi Silva Kawatake

Héctor Alberto Roncati

Héctor Espinosa Pérez

Héctor Samuel Vera Alcaraz

Heiko Bleher

Heiko Brunken

Helcias Bernardo de Padua

Helena Gonçalves Kawall

Helena São Thiago

Heleno Brandão

Hélio Valentini

Helio Daniel Beltrão dos Anjos

Hélio de Castro Bezerra Gurgel

Hélio Gerso Konrad

Heloisa Maria Godinho

Henrique Lazzarotto

Henrique A. Cardoso Ramos

Henrique Jabor Farias

Henrique Rosa Varella

Henry Louis Spach

Heok Hee Ng

Heraldo Antonio Britski

Hernan Ortega

Hernán Lopez Fernandez

Hertz Figueiredo dos Santos

Hitoshi Nomura*

Horácio Ferreira Julio Júnior

Hudson C. Gonçalves

Hudson Tércio Pinheiro

Hugo Marques

Hugo Bornatowski

Hugo Luis López
Hugo Pereira Godinho*

I

Ian Watson
Ierocê Maria de Lucena Rosa*
Igor Leite Wrobel
Igor Ramos Tavares Monteiro
Ilana Fichberg
Ingo Schindler
Ingo Seidel
Iolanda Antonia da Silva
Iracilda Sampaio
Irani Quagio Grassiotto
Itiriki Mimura*
Ivan Teixeira
Ivan Sazima*
Ivan Bergier Tavares de Lima
Ivanzir Vieira
Izabel de Fátima Adrian
Izeni Pires Farias

J

Jaciara Vanessa Kruger Paes
James Albert
James Douglas Oliveira Bessa
Janaina Farina Machado
Jane Dilvana Lima
Jane Pítton Serra
Janice Muriel Cunha
Jansen Alfredo Sampaio Zuanon
Jaqueline Cristina de Bem
Javier Lobon Cervia
Javier Alejandro Maldonado Ocampo
Jayme da Cunha Bastos Neto
Jean Carlos Miranda da Silva
Jean Ricardo Simões Vitule
Jean Christophe Joyeux
Jeanette T. C. de Mello
Jefferson L. Carvalho Mineiro
Jefferson Monteiro Henriques
Jerry Magno Ferreira Penha
Jesiel Mamedes Silva
Joaber Pereira Junior*
Joachim Carolsfeld
João Alberto Paschoa dos Santos
João Carlos Brahm Cousin
João Dirço Latini
João Henrique Pinheiro Dias
João Lucas Leão Feitosa
João Luiz Gasparini
João Luiz de Abreu Silva
João Paes Vieira Sobrinho
João Paulo Viana
João Paulo Viana
João Paulo Krajewski
João Pedro Barreiros

João Pedro Corrêa Gomes
João Vicente Mendes Santana
Joaquim Olinto Branco
John Friel
John G. Lundberg
John R. Burns
Johnatas Adelir Alves
Jonathan Ready
Jonathan N. Baskin
Jonathan W. Armbruster
Jorge Abdala D. dos Santos
Jorge Alves Oliveira*
Jorge Eduardo Kotas
Jorge Ivan Rebelo Porto
Jorge Ivan Sanchez Botero
Jorge Luiz Frutuoso
Jorge Luiz Silva Nunes
Jorge Pablo Castello*
Jorge Rafael Casciotta
Jose Louvise
José Sabino
José Alberto Levy Sabaj*
José Alfredo Bechara
José Amorim Reis Filho
José Antônio Alves Gomes
José Aparecido Cruz
José Augusto Senhorini
José Augusto Ferraz Lima
José Carlos de Oliveira*
Jose Carlos Pandonato Alves
José Cláudio Höfling
José de Anchieta Cintra da Costa Nunes
José Dias Neto
Jose Enemir Santos
José Eurico Possebon Cyrino
José Felipe Ribeiro Amato*
José Francisco Pezzi da Silva
José Garcia Junior
José Geraldo W. Marques
José Henrique Muelbert*
José Henrique Cantarino Gomes
José Honorato Gago da Câmara do Botelho de Medeiros
José Lima de Figueiredo
José Louvise Gomes Junior.
José Luís Costa Novaes
José Luis Olivan Birindelli
José Luiz Helmer*
José Luiz Novelli
José Luiz de Attayde
José Marcelo Rocha Aranha*
José Maria de Souza da Conceição
Jose Renato Oliveira Cesar
José Roberto Verani
José Vanderli Andreat*
José William Bezerra e Silva*
Joseph S. Nelson

Josias Henrique de Amorim Xavier
Juan Andrés Anza
Juan Carlos Alonso González
Juan Marcos Mirande
Julia Giora
Juliana Carniato de Oliveira
Juliana Lira de Andrade
Juliana Mariani Wingert
Juliano Ferrer Santos
Júlio César de Oliveira Santana
Júlio César de Sá de Oliveira
June Ferraz Dias*
Jynessa Ádria Rillo Dutka Gianelli

K

Kallyne Machado Bonifácio
Karin Martha Grosser*
Karina Ocampo Righi Cavallaro
Karla Danielle G. da Luz Agostinho
Karlo Y. P. Haramada
Katharina E. Esteves
Katharina Eichbaum Esteves
Kátia de M. Felizola Freire
Katia Rodrigues Damiati
Katiane Mara Ferreira
Kazuko Suzuki*
Kazuko Ito
Kelly Dayane Aguiar
Kelly Regina I. Vieira
Kelven Stella Lopes
Keshiyu Nakatani*
Kirk Winemiller
Koji Sakairi

L

Laércio dos Anjos Benjamin
Laís de Carvalho T. Chaves
Larry Page
Laura Marília Costa*
Lea Rosa Mourgués Schurter
Leandro Clezar
Leandro Portz
Leandro Melo Sousa
Leandro Villa Verde da Silva
Leda Francisca Armani Jardim*
Lee Finley
Lenice Souza Shibatta
Leonardo Evangelista Moraes
Leonardo F. da Silva Ingenito
Leonardo Pussieldi Bastos
Leopoldo Cavaleri Gerhardinger
Levy de Carvalho Gomes
Liana de Figueiredo Mendes
Lígia Celia Néri Aranguren
Lília Maria P. Wachowics
Lilian Casatti
Lilianne Esther Mergulhão Pirker

Lisandro Juno Soares Vieira

Lisiane Hahn

Lisiane Acosta Ramos

Lívia Alice de Carvalho Mondim

Luana Quintanilha Borde

Lucas C. Costa de Fries

Lucas Vital Garcia

Lucélia Nobre Carvalho

Lucia Aparecida Fátima Mateus

Lucia Giuliano Caetano

Lúcia Helena Rapp Py Daniel

Lucia Regina G. Arnt

Luciana Fugimoto Assakawa

Luciano Antonio Lacava

Luciano Bellagamba Beheregaray

Luciano Fogaça de Assis Montag

Luciano Guerra Cotta

Luciene Giuliani Sanchez

Luciene Maria K. Borges

Lucy Satiko Hashimoto Soares

Luigi Liberati

Luis Alberto Zavala Camin*

Luis Carlos P. M. Soares

Luís Eduardo Ferrari Sanches

Luís Fernando Fávaro

Luís Fernando da Câmara

Luisa Maria Sarmento Soares

Luiz Alves Rocha

Luiz Antonio Carlos Bertollo*

Luiz Antonio Wanderley Peixoto

Luiz Carlos Gomes

Luiz Carlos Novo Cipriano

Luiz Eduardo D. Pereira

Luiz Fernando Duboc da Silva

Luiz Fernando Villate Bedoya

Luiz Guilherme S. Artioli

Luiz Gustavo Gorgatto Silveira

Luiz Gustavo Martins da Silva

Luiz Henrique Claro Junior

Luiz Henrique Garcia Pereira

Luiz Jardim de Queiroz

Luiz Paulo Rodrigues Cunha*

Luiz Ricardo Gaelzer

Luiz Ricardo de Souza Paiva

Luiz Roberto Malabarba*

Luiz Roberto Ribeiro Barbieri*

Luiza Ishikawa Ferreira*

Lurdes Foresti de A. Toledo*

Lynne R. Parenti

M

Maeda Batista dos Anjos

Maeli Dal Pai Silva

Mahmoud Nagib Mehanna

Mahnert Volker

Máira Moraes Pereira

Manoel Mateus Bueno Gonzalez

Manoela Maria Ferreira Marinho

Manuel Haimovici*

Marc Puigcerver

Marcel Rodrigo Cavallaro

Marcela Carraro de Melo Vaz

Marcelo Vianna

Marcelo Garcia

Marcelo Loureiro

Marcelo Costa Andrade

Marcelo Di Lello Jordão

Marcelo Dias Mattos Burns

Marcelo Francisco da Nobrega

Marcelo Fulgêncio Guedes Brito

Marcelo Machado Braga

Marcelo Rennó Braga

Marcelo Ribas Chaves

Marcelo Ribeiro de Britto

Marcelo Roberto Souto de Melo

Marcelo Rodrigues de Carvalho

Marcelo Salles Rocha

Marcelo Sirão Pinto Navarros

Marcia Fabiana Luvizotto

Marcia Oliveira Barbosa Silva

Marcia Pinheiro Tavares*

Marcia Santos de Menezes

Marcia Santos Nunes Galvão

Márcio Lourenço da Veiga Senna

Marco Lacerda

Marco Antonio C. Souza Filho

Marco Aurélio Azevedo

Marco Friedrich Walter Gauger

Marconi Porto Sena

Marcos Antônio Cestarolli

Marcos Antonio da Silva Wanderlei

Marcos Cesar de Oliveira Santos

Marcos F. P. Góes de Moraes

Marcos Paulo Machado Thomé

Maria Anaís Barbosa S. Vianna

Maria Anna Grieco Reis

Maria Aparecida Visconti*

Maria Aparecida Alves Gomes

Maria Beatrice Manno Boulanger

Maria Beatriz Boschi*

Maria Berta Cousseau

Maria Cecília Parize Oliveira

Maria Célia Portela

Maria Clara N. R. Chaves

Maria Claudia Malabarba

Maria Claudia Gross

Maria Cristina Cergole

Maria Cristina Oddone Franco

Maria Dalva Cesário

Maria de Fatima M. Valentim

Maria de Fátima Pereira de Sá*

Maria de Fátima Z. D. Silva

Maria de las Mercedes Azpelicueta

Maria de Los Angeles Lizama

Maria de los Angeles Gasalla

Maria del Carmen Braccini

María del Rocio Rodiles Hernández

Maria Eduarda de Castro Leal

Maria Elina Bichuette

Maria Elizabeth Araujo

Maria Helena Carvalho da Silva

Maria Inês Borella

Maria Isabel Landim

Maria Ivaneide da Silva Assunção

Maria José Alencar Vilela

Maria José de Arruda C. Rocha

Passos

Maria José L. de Oliveira Mattos

Maria José Tavares Ranzani de Paiva

Maria Josefina Revna Kurtz

Maria Lucia Goes de Araujo

Maria Margareth Cancian Roldi

Maria Mercedes Bittencourt

Mariana Schneider

Mariana Bissoli de Moraes

Mariane Scultetus Tokarski

Marilena Ribeiro Silva

Marília de Carvalho Brasil Sato

Marina Barreira Mendonça

Marina Vianna Loeb

Mario Katsuragawa*

Mário Barletta

Mario César Cardoso de Pinna

Mario Jorge Ignácio Brum

Mario Luis Orsi

Mario Nunes de Magalhães Porto

Mário Spinelli Neto

Mario Vinicius Condini

Marisa Fernandes de Castilho

Marisa Narciso Fernandes

Maristela Cavicchioli Makrakis

Mark Sabaj Pérez

Marlene Sofia Arcifa Froehlich

Marli Cristina Campos

Marlise de Azevedo Bemvenuti*

Marluce Galvão Barretto

Marta Cristina Vieira Farias

Marta Margarete Cestari

Mary Anne Rogers

Mateus Costa Soares

Mateus Evangelista Leal

Matheus Maia de Souza Pereira

Matheus Oliveira Freitas

Matthew R. Thomas

Maura Valim do Val Sella*

Maurício Cetra

Maurício Hostim Silva

Maurício Torres Mejia

Mauro Nirchio

Mauro José Cavalcanti

Mauro Luis Ruffino

Mauro Luis Triques

Melquiades Pinto Paiva*

Michael Schlüter

Michael Maia Mincarone

Michel Jegu
Michele de Faveri Gimenes
Michelle de Alcântara Coswosck
Miguel Petrere Junior.

Mikael Mansur Martinelli

Milena Ramires de Souza
Milton Gonçalves S. Junior

Milza Celi Fedatto Abelha

Miriam Aparecida Castro

Míriam Pilz Albrecht

Miriam Sant'anna Ghazzi

Mirian Rodrigues Suiberto

Mônica A. M. Moura e Mello

Mônica Brick Peres

Mônica Ceneviva Bastos

Monica Maria Vaz
Monica Mathias Costa Muelbert
Mônica Ponz Louro
Mônica R. Caniçali

Mônica S. de Toledo-Piza Ragazzo

Mónica Sonia Rodriguez

Morevy Moreira Cheffe

Murilo de Carvalho

Murilo Roriz Rizzo
Murilo Sversut Dias

N

Naércio Aquino Menezes*

Nancy Marques Carneiro
Naoyo Yamanaka
Naraiana Loureiro Benone
Natalia Carniatto
Natasha Costa Penatti
Nathan K. Lujan
Nayra Sanches Ficher
Nefi Marcelo Crossa Martinelli
Nelson Bernardi

Nelson Antonio Leite Maciel

Nelson Ferreira Fontoura

Nelsy Fenerich Verani

Neuza Rejane Wille Lima
Nicelly Braudes Araujo
Nicolas Bailly

Nicolau Elias Neto

Nidia Noemi Fabrè

Nilo Bazzoli
Nilton Eduardo T. Rojas

Ning Labbish Chao*

Nivaldo M. Piorski

Nívia Pires Lopes

Norberto Ghizoni
Noriyoshi Yamaguti*
Norma Dulce C. Barbosa

Norma J. Salcedo

Norma Segatti Hahn

O

Olga Martins Mimura*
Olin Library
Oliver Lucanus
Orion B. Junior
Orlando Moreira Filho*
Oscar Akio Shibatta
Osvaldo Nunes Barbosa
Osvaldo Takeshi Oyakawa
Otávio Froehlich
Otto Alves Borges Filho
Otto Bismarck Fazzano Gadig

P

Pablo Cesar Lehmann Albornoz
Pablo Davi Kirchheim
Pablo Fernandez M. Souza
Patricia Charvet de Almeida
Patrícia Coelho Machado
Patricia Cristina Vizzotto
Patricia Fuentes Mata
Patrícia Monte Stefani
Patricia Teresa Monteiro Cunningham*
Paula Maria Genova de Castro*
Paulo Petry
Paulo Inada
Paulo Alberto Silva da Costa
Paulo Andreas Buckup*
Paulo César Venere
Paulo César Silva da Motta
Paulo de Tarso da Cunha Chaves
Paulo dos Santos Pompeu
Paulo Henrique Franco Lucinda
Paulo Mário Correa de Araújo
Paulo Ricardo Schwingel
Paulo Roberto A. dos Santos
Paulo Roberto A. Mello Affonso
Paulo Roberto Duarte Lopes
Paulo Roberto F. G. Vianna
Paulo Sérgio Formagio
Paulo Vanderlei Sanches
Pedro Gerhard
Pedro Américo de Carvalho
Pedro Carlos Pinheiro
Pedro Carlos da Silva Serralheiro
Pedro de Podestá Uchôa de Aquino
Pedro Guimarães Azevedo
Pedro Henrique C. Pereira
Pedro Hollanda Carvalho
Pedro Manoel Galetti Junior*
Pedro Rodrigues Peres Neto
Pedro Wilson Bertelli
Perimar Espírito Santo de Moura
Pertti Rassi
Phan Van Ngan
Priscila Camelier Assis Cardoso
Priscila Gusmão Pompiani

R

Rafael Pereira Leitão
Rafaela Priscila Ota
Rafaella N. F. Estrela
Raimundo Nonato G. Mendes Junior
Ramiro Barriga Salazar
Ranilson de Souza Bezerra
Raoni Rosa Rodrigues
Raphael Mariano Macieira
Raquel Coelho Loures Fontes
Regina Célia Gonçalves
Reinaldo José de Castro
Rejane Marques Peixoto
Renata Guimarães Moreira
Renato Alberto Momesso Franco
Renato Bolson Dala Corte
Renato Clapp R. Barros*
Renato H. Ache de Freitas
Renato Massaaki Honji
Renato Soares Cardoso
Renildo Ribeiro Oliveira
Ricardo Britzke
Ricardo Becker de Araújo
Ricardo Campos da Paz
Ricardo Cardoso Benine
Ricardo de Souza Rosa*
Ricardo Jucá Chagas
Ricardo Macedo Correa e Castro
Ricardo Zaluar Guimarães
Richard Peter Vari
Richard van der Laan
Ríquel Feltrin Contente
Riviane Garcez da Silva
Robert Gordon Hickson
Robert Jonh Young
Roberta Martini Bonaldo
Roberto Giannini
Roberto da Graça Lopes*
Roberto Domingos Andreucci*
Roberto Esser dos Reis*
Roberto Ferreira Artoni
Roberto Ricardo M. Gonçalves
Robson Tamar da Costa Ramos
Rodrigo Borsari
Rodrigo Fernandes
Rodrigo Augusto Torres
Rodrigo Correa Migueis Jacob
Rodrigo de Barros Feltran
Rodrigo Egydio Barreto
Rodrigo Gomes Gobbo
Rodrigo Hermes Rocha
Rodrigo Leão de Moura
Rodrigo Marraschi de Freitas
Rodrigo Moncayo Estrada
Rodrigo Quevedo Carvalho
Rogério Luiz Teixeira
Roland Numrich
Ronaldo Almeida da Silva

Ronaldo Bastos Francini Filho
Ronaldo Borges Barthem
Rosália Furtado Cutrim Souza
Rosana Aparecida Cândido Pereira
Rosana Beatriz Silveira
Rosana Cristina Pezzi D'Arrigo
Rosana dos Santos
Rosana Mazzoni Buchas
Rosana Souza Lima
Rosana Souza de Oliveira Pinho
Rosângela Paula Lessa
Rosângela Paula Teixeira Lessa
Roselene Silva Costa Ferreira
Rosemara Fugi
Rosicleire Verissimo
Rossana V.de Andrade Lima
Rosy Iara Maciel de A. Ribeiro
Ruy Bessa Lopes*

S
Salvador Contreras Balderas
Samara Hermer Silva
Samira Meurer
Samuel Veríssimo
Sandra Mariotto
Sandra A. dos Santos
Sandra Bibiana Correa
Sandra Elisa Favorito
Sandra Maria Hartz
Sandra Sergipense Oliveira
Sandro Estevan Moron
Sara da Silva Abes
Sarah Arana
Sathyabama Chellappa
Saul Prada Pedreros
Sergio Bovolenta
Sérgio Makrakis
Sergio Araújo Antunes
Sergio Macedo Gomes de Matos
Sérgio R. Floeter
Sérgio Ricardo B. Santos
Sérgio Roberto Pitz
Sibele Brigagão Couto de Magalhães
Sidinei Magela Thomaz
Sidineia Aparecida Amadio
Sidnei Eduardo Lima Junior
Silvia Kara
Silvia Drugg Hahn*
Silvia Helena Lima Schwaborn
Simone Marques
Simone Ferreira Teixeira
Sirlei Terezinha Bennemann
Solange Aparecida Arrolho Silva
Solange Pereira B. Sazima
Sonia Fisch Müller
Sônia Cristina da N. C. Santos
Sonia Maria Couto Buck
Soraia Barreto Aguiar Fonteles Santos

Stanley H. Weitzman
Stephania Luz Poletto
Stephen J. Walsh
Suzana Anita Saccardo
Sven O. Kullander
Sydneia Maluf

T

Taciano Cesar Freire Maranhão
Talita de Azevedo Aguiaro Pereira
Talita Sarah Mazzoni
Tatiana Schmidt Dias
Tatiane Mary Gogola
Tatiane Zillmer de Oliveira
Telton Pedro A. Ramos
Temistocles Santos Vital
Teodoro Vaske Júnior
Thelma Lúcia P. Dias
Thiago Belisário Araújo Couto
Thiago Nilton Alvez Pereira
Thiago Silva Loboda
Thiago Tesini Molina Taveira
Thiony Emanuel Simon
Thomas Litz
Thomaz Lipparelli
Tiago Leão Pereira
Tiago Magalhães da Silva Freitas
Tiago O. Begot Ruffeil
Tiago Pinto Carvalho
Tomas Hrbek
Tommaso Giarrizzo
Túlio Franco Teixeira

U

Ulisses Caramaschi
Ulisses Leite Gomes*
Ursulla Pereira Souza
Uwe Horst Schulz

V

Valdener Garutti
Valéria Flávia Batista da Silva
Vandick da Silva Batista
Vanessa Saete Daga
Vanessa Xavier Linhares Andrade
Vasco Campos Torquato
Vera Lúcia Almeida Vieira*
Vera Lúcia Cardoso Rocha
Vera Lúcia Lescano de Almeida
Vera Maria A. Val
Verena Pfister
Veronica B. Slobodian Motta
Vicente Gomes*
Vicente Nagib Duarte Figna
Victor Hugo Escalona
Victor Manuel Ojeda Aquino
Victoria Judith Isaac Nahum

Vidal Haddad Junior
Vinicius Abilhôa
Vinicius Araújo Bertaco
Vinicius Corrêa Espíndola
Vinícius José Giglio Fernandes
Vinicius Renner Lampert
Virginia Dantas Diniz
Virginia Sanches Uieda*
Vitor de Souza Ferreira
Vítor Luis Masson
Vitor Oliveira A. Rocha
Vivian Vasconcellos
Vladimir Pavan Margarido
Volney Vono

W

Wagner Intelizano*
Wagner Vicentin
Wagner Franco Molina
Wagner Galves Júnior
Waldo Pinheiro Troy
Walter A. P. Boeger
Walter Alfredo Gill Morlis
Walter Barrella
Walter de Jesus Garcia Parra
Walter Lechner
Walter Moreira Junior.
Walter Norbis
Walter Rudolf Koch
Wasila Dahdul
Wayne C. Starnes
Weferson Junior da Graça
Welber Senteio Smith
Willi Bruschi Júnior
William Severi
William G. R. Crampton
Wilsea M. Batista Figueiredo
Wilson Nakamoto*
Wilson S. Jacques Junior
Wilson José Eduardo M. da Costa
Windsor Aguirre
Wladimir Marques Domingues
Wolmar Benjamin Wosiacki

X

Xavier T. Lazzaro

Y

Yargus Kern
Ynglea Georgina de Freitas Goch
Yoshimi Sato
Yur Maria e Souza Tedesco*
Yzel Rondon Suarez

Z

Zilda Margarete S. de Lucena
Zoraia Silva