REVISTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA
ANO 67 - NÚMERO 4 - OUTUBRO/NOVEMBRO/DEZEMBRO DE 2015

Ciência&Cultura

Temas e Tendências

PALEONTOLOGIA

Sumário

3 **EDITORIAL**

4 **TENDÊNCIAS**

Jovens e a mídia brasileira na prevenção de DST/Aids e hepatites virais
Maria Marta Avancini

BRASIL

6 **POLÍTICA DE C&T: O IMPACTO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA PARA O BRASIL**

8 **ALIMENTOS ORGÂNICOS: QUALIDADE DESSES PRODUTOS TAMBÉM DEPENDE DE CONHECIMENTO DO CONSUMIDOR**

11 **DESENHO DE EMBALAGENS DIMINUI PERDAS EM FRUTAS FRESCAS**

MUNDO

12 **COMPLEXO ARQUEOLÓGICO BUSCA APROXIMAÇÃO COM COMUNIDADE POR MEIO DO TURISMO**

14 **A BUSCA POR VIDA FORA DA TERRA CONTINUA EM PLANETAS SEMELHANTES AO NOSSO**

17 **INVERSÃO CIENTÍFICA NO MÉXICO**

NÚCLEO TEMÁTICO: PALEONTOLOGIA

ARTIGOS

20 Apresentação
Para onde caminha a paleontologia brasileira?
Alexander Kellner

24 **Microfósseis: pequenos organismos que geram grandes informações sobre o passado**
Silane A.F. da Silva Caminha
Fátima Praxedes R. Leite

27 **Paleobotânica: o que os fósseis vegetais revelam?**
Juliane Marques-de-Souza

30 **Estado da arte sobre a ictiofauna mesozoica do Brasil**
Valéria Gallo

32 **O estudo dos répteis fósseis: cresce a contribuição da ciência brasileira**
Alexander Kellner

39 **Cinodontes fósseis brasileiros revelam os primeiros passos na evolução dos mamíferos**
Marina Bento Soares

45 **A paleontologia no século XXI: novas técnicas e interpretações**
Juliana Manso Sayão
Renan Alfredo Machado Bantim

50 **Fósseis e legislação: breve comparação entre Brasil e Canadá**
Tiago R. Simões
Michael W. Caldwell

NOTÍCIAS 54

A&E

56 Reciclagem e Destinação do Lixo Eletrônico em Goiânia
Dagmar Borges da Silva et al

CULTURA

Luciano Vidal

Paleoarte é fundamental para testar hipóteses de cientistas

60 **PALEONTOLOGIA**
Paleoarte une arte e ciência

62 **ARTISTA DA ESPONTANEIDADE**
Público brasileiro pôde acompanhar a maior mostra de Miró já organizada no país

Divulgação

Parque Przemokowskie na Polônia: prêmio de paisagismo

64 **PAISAGISMO**
A convenção europeia da paisagem

66 **POESIA**
Trajano Vieira

Expediente

Ciência&Cultura
http://cienciaecultura.bvs.br

Conselho Editorial
Ana Maria Fernandes, André Tosi Furtado, Carlos Vogt, Celso Pinto de Melo, Dora Fix Ventura, Francisco Cesar de Sá Barreto, Gilberto Cardoso Alves Velho, Hernan Chaimovich Guralnik, Ima Célia Guimarães Vieira, Isaac Roitman, João Lucas Marques Barbosa, Luiz Eugênio de Mello, Marcelo Marcos Morales, Phillipe Navaux, Regina Pekelman Markus

Editor Chefe
Marcelo Knobel

Editoras Executivas
Wanda Jorge; Germana Barata

Editora Assistente
Patrícia Mariuzzo

Equipe de Reportagem
Ana Rosa de Oliveira
Chris Bueno
Leonor Assad
Milagros Varguez
Patrícia Piacentini
Roberto Belisário

Capa
João Baptista da Costa Aguiar

Diagramação
Carla Castilho | Estúdio
Luis Paulo Silva (tratamento de imagens)

Revisão
Daisy Silva de Lara

Consultores
Literatura
Alcir Pécora, Carlos Vogt, Paulo Franchetti

Contatos
Redação: *cienciaecultura@sbpcnet.org.br*

DIRETORIA DA SBPC

Presidente
Helena Bonciani Nader

Vice-presidentes
Ildeu de Castro Moreira
Vanderlan da Silva Bolzani

Secretária-Geral
Cláudia Masini d'Avila Levy

Secretários
Ana Maria Bonetti
Maíra Baumgarten Corrêa
Paulo Roberto Petersen Hofmann

Primeiro Tesoureiro
Walter Colli

Segundo Tesoureiro
José Antonio Aleixo da Silva

Revista *Ciência e Cultura*
ISSN 0009-6725

Editorial

A paleontologia foi chave no desenvolvimento e fortalecimento da teoria da evolução, mas isto é apenas um dos fatores de importância dessa área da ciência que tanto tem contribuído para o conhecimento da vida no nosso planeta. Mas, apesar da riqueza dos sítios arqueológicos do Brasil, há ainda carência de investimentos em pesquisas e em formação de profissionais da área que possam explorar os sítios já existentes e aqueles por descobrir. O Núcleo Temático desta edição da *Ciência e Cultura*, coordenado pelo paleontólogo e divulgador da paleontologia, Alexander Kellner, do Museu Nacional/UFRJ, reúne artigos que abordam estudos de fósseis, desde os microrganismos até plantas, peixes, répteis, aves e mamíferos, debatendo as novas técnicas e a legislação vigente, que ora protege e ora desfavorece a pesquisa nacional.

A seção "Tendências" traz os resultados da pesquisa do Ministério da Saúde que analisou o papel da mídia brasileira na prevenção das DST/Aids e hepatites virais, doenças estas com taxas crescentes de incidência em jovens brasileiros. A seção "Brasil" traz duas discussões importantes: a premência de se rever os processos de avaliação da ciência no Brasil e o funcionamento do controle da produção e comercialização de produtos orgânicos cujo consumo tem crescido muito nos últimos anos no país. Em "Mundo", a reportagem sobre o complexo arqueológico Perdigões, em Portugal, traz uma experiência inovadora que une arqueologia, participação comunitária e divulgação científica. O trabalho dos paleoartistas é um dos temas da seção "Cultura", em reportagem que mostra como a recriação artística da aparência de animais que viveram no passado é fundamental para os cientistas testarem hipóteses a respeito de um fóssil e uma importante ferramenta de divulgação científica. A maior exposição já feita no Brasil com a obra do artista catalão Miró também está nesta edição.

Boa leitura!

Marcelo Knobel
Editor-chefe
Outubro de 2015

JOVENS E A MÍDIA BRASILEIRA NA PREVENÇÃO DE DST/AIDS E HEPATITES VIRAIS

Maria Marta Avancini

Em uma década, a incidência de casos de Aids na faixa etária de 15 a 24 anos saltou de 9,6/100 mil pessoas em 2004 para 12,4/100 mil em 2013, um aumento de 29%, segundo o último Boletim Epidemiológico HIV-Aids do Ministério da Saúde, divulgado em dezembro de 2014. Ao todo, 4.414 novos jovens foram detectados com o vírus em 2013, ao passo que em 2004 eram 3.453. No mundo, cerca de 3 mil jovens entre 15 e 24 anos de idade são infectados por HIV a cada dia, segundo a Declaração Política sobre HIV/Aids da Assembleia das Nações Unidas.

O dado sinaliza para uma tendência distinta daquela verificada para a população em geral, em que a epidemia tende à estabilização e à redução de número de mortes, o que gera preocupação e um questionamento: por que, apesar do aparente sucesso das políticas de saúde nesse campo e da ênfase na prevenção nas campanhas, ações educativas e midiáticas, o número de jovens que contraem o HIV está aumentando? Esse cenário foi o mote da pesquisa "A mídia brasileira enfocando os jovens como atores centrais na prevenção das DST/Aids e hepatites virais", realizada entre 2011 e 2012 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (Unesco) e pela ONG Andi – Comunicação em Direitos para o Ministério da Saúde (1). O estudo, recém-lançado, combina metodologias quantitativas e qualitativas, para compreender como a mídia aborda os temas relacionados ao HIV, Aids e doenças sexualmente transmissíveis (DST) e em que medida está se estabelecendo uma interlocução efetiva com os jovens para se transmitir o recado da prevenção.

A mídia e as tecnologias de informação e comunicação (TICs), por suas características e por serem altamente atrativas aos jovens, despontam como canais privilegiados para difundir a mensagem da prevenção. No entanto, a pesquisa evidenciou uma série de barreiras que acabam por esvaziar esse potencial.

Tomando como ponto de partida os resultados da análise da cobertura em jornais de circulação nacional e regional sobre HIV/Aids e DST realizada pela Andi entre 2007 e 2011, foram realizados grupos focais com adolescentes e jovens e workshops com a finalidade de motivar o debate sobre a cobertura.

Segundo a Andi, em 31,6% dos textos jornalísticos são citadas medidas de prevenção do HIV/Aids, DST e hepatites. Quase metade dessas referências (49,6%) diz respeito ao uso do preservativo nas relações sexuais. Em segundo lugar, está a vacinação contra a hepatite (18,6%) e, em terceiro, as medidas de educação e informação preventivas (15,3%).

Mas o resultado dos sete grupos focais com 60 adolescentes e jovens evidencia que não basta dar o recado. É fundamental considerar como este recado está sendo passado, o que pode abrir campo para se renovar as estratégias de comunicação sobre prevenção das DST, Aids e hepatites dirigidas ao público jovem. Foram ouvidos alunos de escolas públicas, privadas e jovens engajados em organizações sociais de comunicação, direitos humanos, além de jovens vivendo com HIV/Aids entre 13 e 26 anos.

Para os participantes da pesquisa, apesar de a mídia associar a prevenção ao uso do preservativo, a informação tende a ser fragmentada e descontextualizada. Muitos demonstram desconhecimento sobre como usar corretamente o preservativo, além de terem vergonha de comprá-los na farmácia ou no supermercado. Finalmente, chamam a atenção para o fato de que, nem sempre, o acesso a preservativos nas unidades de saúde é assegurado.

> *Chega a bomba da informação: "usar camisinha, usar camisinha, usar camisinha". Isso eu já sei, mas o que vai acontecer se eu não usar camisinha?* (adolescente participante do grupo focal, São Paulo).

Nem mesmo a possibilidade de o vírus HIV levar à morte parece mobilizar os jovens – afinal, eles pertencem a uma geração que não viu seus ídolos morrerem em decorrência da infecção. Paralela e contraditoriamente, o sucesso da política de distribuição de medicamentos antirretrovirais é um fator que colabora para reduzir a percepção do risco de contrair o vírus.

As campanhas oficiais, que tendem a se concentrar no período do carnaval, pouco colaboram para a difusão de hábitos de prevenção, afirmam os jovens. A ênfase do discurso no risco de contaminação (em lugar de um tratamento positivo e naturalizado da prevenção), somada ao foco no uso do preservativo dissociada de informações sobre as DSTs, gera questionamentos e dúvidas sobre por que seu uso é tão importante.

> *Tem a campanha da prevenção, mas não tem aquela que explica como. As pessoas têm ainda essa dúvida, seria também legal focar nisso. [E as pessoas] vão ficar com menos vergonha de ir pro posto, porque também a gente passa preconceito em alguns postos, as pessoas olham pra quem vai pegar camisinha e pensam: "Esse aí é pegador"* (grupo focal com adolescentes, Distrito Federal).

Os resultados dos grupos focais sugerem, então, que uma comunicação clara, objetiva e aprofundada pode conduzi-los à adoção de práticas de prevenção, pois, dessa forma, as mensagens passam a fazer sentido e a ter significado.

No que diz respeito à interface com a mídia, essa demanda esbarra num elemento central da lógica de produção de notícias: a necessidade (constante) de novos dados e enfoques que justifiquem trazer o tema à pauta.

Nesse sentido, nos workshops, os jornalistas justificaram que a cobertura sobre HIV/Aids, DSTs e hepatites tende a coincidir com os períodos em que há divulgação de novos dados e ações, o carnaval e o Dia Mundial de Luta contra a Aids (1º de dezembro). Participaram, ao todo, 57 jornalistas de 25 veículos de comunicação (jornais, revistas, internet, rádio, TV e mídia jovem).

> *Eu não vejo dificuldade em fazer matéria, eu só vejo dificuldade em apresentar coisa nova. Não existe novidade, entendeu? O jornal está interessado em publicar boas matérias, mas só serão boas se houver alguma novidade* (jornalista participante do workshop, Rio de Janeiro).

Assim como os adolescentes e jovens, os jornalistas identificam uma certa banalização da mensagem "use camisinha", o que repercute negativamente na cobertura – como a mensagem é sempre a mesma, faltam ganchos para as notícias. Paralelamente, a cobertura tende a permanecer associada às políticas públicas na área, mais especificamente ao programa de distribuição gratuito de medicamentos às pessoas que vivem com HIV e com Aids. Também entre os jornalistas, há a percepção de que o sucesso das políticas brasileiras para o enfrentamento da epidemia do HIV/Aids afastou o tema do foco de interesse da imprensa, bem como tende a diminuir a percepção de risco com relação à infecção.

> *Todo mundo comprou que a gente tem um programa que funciona. A gente distribui os medicamentos para as pessoas, temos uma tendência de queda, tudo parece muito bom. Do contato que temos com as ONGs percebemos que eles estão muito ativos. (...)* (jornalista participante do workshop, São Paulo).

Diante de um cenário em que a Aids, como fenômeno social, deixou de ter uma posição de destaque entre os valores que orientam os jornalistas na seleção dos temas que darão origem às notícias, constata-se uma necessidade premente: identificar um enfoque diferenciado, numa perspectiva de valorização do autocuidado e da vida, capaz de trazer o tema DST, Aids e hepatites virais ao dia a dia.

***Maria Marta Avancini** é historiadora e especialista em jornalismo científico pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). É responsável pela pesquisa que resultou no estudo "A mídia brasileira enfocando os jovens como atores centrais na prevenção de DST/Aids e hepatites virais: relatório final".*

REFERÊNCIA

1. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento Nacional de DST/Aids e Hepatites Virais. "A mídia brasileira enfocando os jovens como atores centrais na prevenção de DST/Aids e hepatites virais: relatório final". Brasília: MS, 2014.

Política de C&T

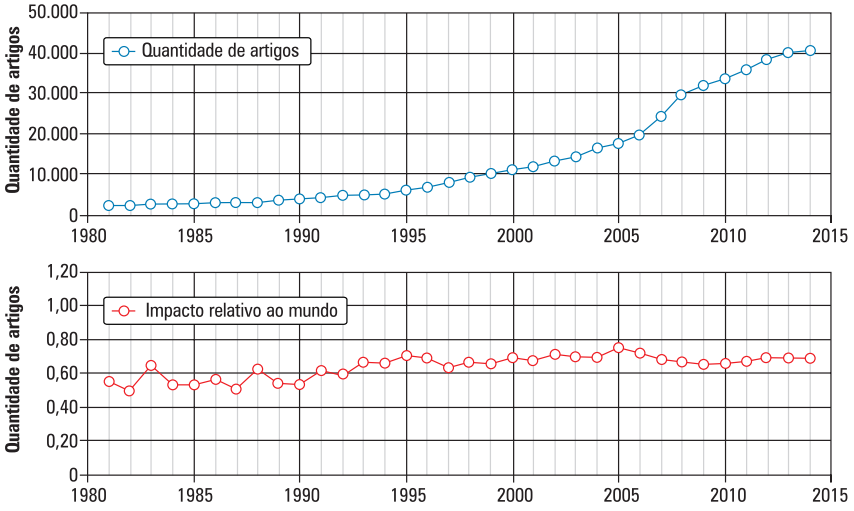
Em revisão: o impacto da produção científica brasileira para o Brasil

Nos anos 1960, Eugene Garfield desenvolveu indicadores para organizar e avaliar referências bibliográficas da área de medicina, com o objetivo de minimizar a subjetividade humana na seleção e indexação de obras e aumentar a eficiência da busca por informações relacionadas a um tema de pesquisa. Garfield fundou o Institute of Scientific Information (ISI) e influentes bases de dados internacionais, como o Web of Science (WoS) que reúne uma seleta gama de revistas científicas e divulga indicadores como o fator de impacto (FI) – média de citações que os artigos de uma revista recebe nos dois anos anteriores. Mais do que meras ferramentas, os indicadores acabaram se tornando metas para as políticas científicas.

Apesar de a ciência brasileira estar crescendo acima da média mundial nos últimos anos – sobretudo a partir dos anos 1990, a participação do país na produção científica internacional passou dos apenas 1% para 2,5%, em 2013 – permanece a queixa de que o número de citações dos artigos brasileiros no exterior se manteve estável. Assim, a meta dos últimos anos não é aumentar a quantidade de artigos, mas sua qualidade, traduzida pelo número de citações de artigos de autores brasileiros indexados nos consagrados Scopus, da editora holandesa Elsevier, e WoS.

Para Lea Velho, especialista em estudos sociais da ciência do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), os fatores que levam uma pessoa a citar um artigo não têm relação com a sua qualidade. "É como se estivéssemos induzindo as pessoas a acharem que aqueles números [citações] refletem qualidade. A citação é um ato social, não de mérito", afirma Lea, que nos anos 1980 publicou artigos sobre a prática de citação. Ao mesmo tempo ela lembra uma das regras básicas da cienciometria na qual as comparações só valem se compararem iguais com iguais, ou seja, as mesmas áreas do conhecimento e não a soma de todas elas em nações diferentes. "Não há nenhum problema de usarmos esses indicadores como suporte a processos de avaliação. O que não concordamos é com o uso indiscriminado", conclui Jacqueline Leta, professora adjunta do Instituto de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e que se dedica aos estudos de cienciometria.

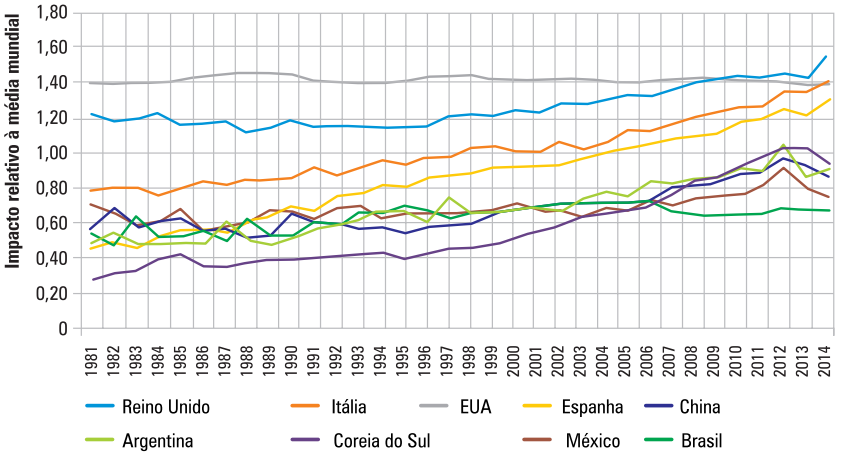
Artigos publicados e seu impacto – Brasil, 1981-2013



Fonte: Dados da Thomson-Reuters InCities compilados por CH Brito Cruz para a palestra "Desafios para a Pesquisa no Brasil"

INDUZINDO MUDANÇAS Outra regra da cienciometria é que os indicadores de produção científica acabam modelando comportamentos, como o aumento no número de publicações, independentemente da qualidade e o direcionamento da pesquisa para temas de maior visibilidade internacional, por exemplo, o que contribui

Evolução do impacto relativo. países selecionados



Fonte: Dados da Thomson-Reuters InCities compilados por CH Brito Cruz para a palestra "Desafios para a Pesquisa no Brasil"

para efeitos deletérios ao sistema. Talvez essa tenha sido uma das razões pela qual a Austrália extinguiu, em 2011, seu sistema de classificações de revistas científicas. A classificação era controversa para inúmeras áreas, por exemplo, as multidisciplinares, as novas e aquelas com ênfase mais regional, que acabavam prejudicadas com o ranking. O país preferiu deixar que cada área determinasse suas prioridades de publicação.

As classificações também influenciam a percepção de que os bons artigos estão apenas nas revistas melhor colocadas. "Não temos necessariamente que publicar em revistas de *mainstream* e ser citados no exterior! Esse não é o objetivo da política. Precisamos é produzir conhecimento para saber resolver os problemas que temos", defende Lea Velho.

NACIONALMENTE RELEVANTE Quando a ênfase são os indicadores internacionais, como fica a produção científica brasileira que não pode ser contabilizada a partir dessas bases de dados, como, por exemplo, a de áreas do conhecimento que tradicionalmente publicam em português? Leta estima que existam cerca de mil revistas científicas no Brasil. Destas, cerca de 400 estão indexadas em bases como a brasileira SciELO (Scientific Eletronic Library Online), mas ainda há inúmeras outras publicações indexadas, por exemplo, nos 162 portais de periódicos científicos listados pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict) que usam o Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas (SEER) e outras tantas ainda não indexadas. "Quem não está indexado não tem indicador", resume Rogério Mugnaini, cientista da informação da Universidade de São Paulo (USP), que tem se dedicado a estudar indicadores para a produção nacional. Ele propõe o desenvolvimento de indicadores que levem em consideração as especificidades de cada área do conhecimento e que considerem também as publicações que não estão indexadas no SciELO ou nos principais indexadores estrangeiros. O principal é "ver o que é importante para os brasileiros". Segundo ele, a combinação de indicadores de impacto nacionais e internacionais valoriza a produção local.

O atual sistema de avaliações de cursos de pós-graduação, desenvolvido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), classifica, desde 2001, as revistas científicas brasileiras, constituindo-se como um dos indicadores de qualidade. A classificação Qualis Periódicos acaba definindo as escolhas na hora de publicar um artigo, bem como cria a percepção de que ela reflete a qualidade, não apenas das revistas, mas dos próprios artigos. Há inúmeras inconsistências, no entanto, que colocam o sistema no epicentro da polêmica na academia. Dentre elas o fato de colocar nos principais estratos, A1 e A2, lado a lado, revistas brasileiras, com menor rigor de avaliação, e publicações internacionais, com critérios claros e rigorosa avaliação por pares, não incluir revistas importantes para a área do conheci-

mento, ou conferir notas mais baixas para publicações interdisciplinares ou muito especializadas.

Mugnaini avaliou os tipos de critério de avaliação adotados no Qualis Periódicos para definição nos estratos mais altos (A1, A2 e B1) nas diferentes áreas do conhecimento e constatou que "a maioria das áreas duras apresenta um perfil de avaliação baseado estritamente em indicadores bibliométricos, principalmente o fator de impacto do JCR e em alguns casos, o índice H. Já as áreas de humanas, sociais e linguística, letras e artes, por sua vez, apoiam-se no processo de seleção realizado pelas bases de dados, principalmente os índices de citação (WoS, Scopus e SciELO), e também em outras bases como RedALyC e Latindex". Isso quer dizer que mesmo as áreas menos internacionalizadas, se baseiam em critérios internacionais.

Segundo Leta o Brasil está se aproximando de um estágio máximo da produção científica, o chamado *steady state*, com a limitação de nossa capacidade produtiva refletida, sobretudo na pós-graduação. Talvez seja o momento ideal de pensar em uma reformulação nas prioridades de produção científica e seus critérios de avaliação, de modo a investir em qualidade e não simplesmente para aumentar os indicadores internacionais, restritos a dois repositórios.

FACA DE DOIS GUMES O desejo de aumentar o número de citações de publicações brasileiras no exterior tem sido defendido por financiadoras de pesquisa, como a Fapesp e Capes, que, de um lado, utilizam como referência os indicadores internacionais como o fator de impacto e, por outro, investem nas publicações de acesso aberto (gratuito para publicar e acessar o conteúdo), como os investimentos no SciELO, mas exigem critérios de indexação cada vez mais internacionais. As publicações dos estratos mais baixos do Qualis Periódicos têm cada vez menos chances de conseguirem mais e melhores artigos para galgarem melhores posições. Nessa política de duas vias, acaba-se criando uma desvantagem para as revistas relevantes para o cenário nacional publicadas sobretudo em português, as novatas, as que não estão indexadas, entre outras. Em artigo que analisa o sistema de avaliação e classificação dos periódicos científicos brasileiros, publicado na revista *Pensata* (vol.4, no.2, 2015), Jean Carlos Ferreira, Marko Monteiro e Monica Frigeri, sugerem um caminho para equacionar essa delicada questão: "A avaliação da ciência, ainda que necessária, precisaria desenvolver formas de julgamento e mensuração da atividade científica mais refinadas, que levem em conta a diversidade de práticas de publicação, sem perder de vista que a própria avaliação da ciência ajuda a direcionar a prática científica".

Germana Barata

Divulgação

Orgânicos: produção em crescimento

ALIMENTOS ORGÂNICOS

Qualidade desses produtos também depende de conhecimento do consumidor

Acompanhando uma tendência mundial de procura por alimentos considerados saudáveis, o interesse de consumidores brasileiros por produtos orgânicos tem crescido muito nos últimos anos. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), para ser considerado orgânico, um alimento tem que ser produzido em um ambiente onde se utiliza como base do processo produtivo os princípios agroecológicos que

contemplam o uso responsável do solo, da água, do ar e dos demais recursos naturais, respeitando as relações sociais e culturais. Sendo assim, a produção de orgânicos não pode usar agrotóxicos, fertilizantes industrializados, antibióticos, hormônios, organismos geneticamente modificados, conservantes, aditivos e irradiação.
No Brasil, desde 2003, a produção e a comercialização de produtos orgânicos são regulamentadas por lei federal (Lei 10.831), mas, pela impossibilidade de se fiscalizar regularmente todos os produtores, é muito difícil saber se o produto que estamos comprando na feira ou no supermercado é mesmo orgânico.
Todo produto orgânico deve possuir um selo, obtido por auditoria ou por sistema participativo, que é uma certificação do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SisOrg), do Mapa, e é obrigatório desde 1º de janeiro de 2011. Uma exceção é feita para os produtos da agricultura familiar, vendidos em feiras livres e pequenos mercados locais. Neste caso, o produtor deve possuir uma declaração de cadastro de produtor orgânico familiar.
Nessa venda direta e sem certificação é importante a relação de confiança entre consumidores e produtores, e estes devem fazer parte de uma organização de controle social (OCS) – que pode ser um grupo de agricultores familiares, uma associação, cooperativa ou um consórcio, com ou sem personalidade jurídica. A OCS deve garantir o livre acesso dos consumidores e dos órgãos fiscalizadores às propriedades e ao local de produção e deve ser cadastrada em órgãos fiscalizadores, que pode ser o Mapa, e o consumidor pode pedir a declaração de cadastro do produtor, para confirmar sua condição. Nesse sistema, a comercialização de produtos orgânicos só pode ser feita dentro do município produtor ou entre municípios vizinhos.

GARANTIA A certificação é um mecanismo para garantir a procedência e a qualidade de um alimento orgânico, *in natura* ou processado. A legislação brasileira estabelece três mecanismos para certificação: por auditoria, por meio de sistemas participativos de garantia e pelo controle social para a venda direta sem certificação. Todos devem estar registrados no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos. A auditoria é feita pelos chamados organismos de avaliação da conformidade (OAC), empresas públicas ou privadas, credenciadas pelo Mapa, que fiscalizam desde a plantação até o processamento e a comercialização e assumem a responsabilidade pelo uso do selo brasileiro. A certificadora tem que ser independente, sem vínculo direto com quem produz ou com quem compra.
Já os sistemas participativos de garantia (SPG) são grupos formados por produtores, consumidores, técnicos e pesquisadores que estabelecem procedimentos de verificação das normas de produção orgânica daqueles produtores que compõem o SPG. Esses grupos se caracterizam pela responsabilidade coletiva de seus membros. Para desenvolver suas atividades, um SPG precisa estabelecer um organismo participativo de avaliação da conformidade (Opac), pessoa jurídica, também credenciado e fiscalizado pelo Mapa, responsável legal pelos produtores, pelo manejo adotado na produção e pela documentação do processo de certificação que permite o uso do selo do SisOrg.
Para ter o selo brasileiro, produtos industrializados devem respeitar as normas de fabricação, para evitar qualquer contaminação do produto com substâncias indesejadas. O produto deve ser composto por no mínimo 95 % de ingredientes orgânicos. Os que têm proporção menor só podem ser chamados de "produto com ingredientes orgânicos" e essa proporção deve ser de no mínimo 70 %. Os com

menos de 70 % de ingredientes orgânicos não podem ser vendidos como produto orgânico e não podem ter o selo brasileiro.

ESTRATÉGIAS DIFERENCIADAS

O selo de certificação de um alimento orgânico visa fornecer ao consumidor a garantia de que se trata de um produto isento de contaminação química. Mas não é possível garantir a ausência total de resíduos químicos nos produtos orgânicos, pois existem compostos persistentes no solo que podem causar contaminação ambiental. Também pode ocorrer derivação por proximidade com propriedades agrícolas que adotam sistemas convencionais. Por isso, na comercialização de orgânicos, a participação coletiva de produtores, consumidores e interessados no tema reveste-se de grande importância.

Assim, é importante divulgar informações sobre o produto orgânico para diferenciá-lo de uma gama maior, chamada de produtos naturais. Marta Cristina Marjotta-Maistro, especialista em economia agrária da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), assinala que são necessárias estratégias que estimulem o entendimento do processo de produção de orgânicos: "nos pontos de venda, particularmente nos supermercados, é importante sinalizar claramente onde estão esses produtos e buscar, por exemplo, formas de apresentação das embalagens dos orgânicos que destaquem o conteúdo, distinguindo-os dos outros produtos que estão em embalagens de isopor". Marjotta-Maistro destaca ainda a importância de "estratégias de marketing ambiental, como meio de desenvolver a comunicação produtor/consumidor".

Em um estudo da UFSCar para avaliar a oferta de produtos orgânicos em dez pontos de comercialização (oito supermercados, uma feira orgânica e uma feira-livre, localizados em um raio de cinco quilômetros do centro da cidade de Campinas, no interior de São Paulo), o pesquisador Felipe Campagna de Gaspari concluiu que não existe clareza quanto ao conceito de orgânicos e que, em alguns supermercados, diferentemente do que ocorre nas feiras, esses produtos estão dispostos no mesmo espaço de pré-lavados, selecionados e higienizados, o que dificulta a escolha correta do consumidor.

QUASE UMA DINAMARCA

Recentemente, o Ministério da Alimentação, Agricultura e Pesca da Dinamarca lançou um plano de incentivos para dobrar a área de agricultura orgânica no país até 2020. No Brasil, dados do Mapa apontam que a área total de produção orgânica já chega a quase 750 mil hectares, o que representa pouco mais de 1% dos 70 milhões de hectares cultivados no país. E mais, entre janeiro de 2014 e janeiro de 2015, o número de agricultores cadastrados como orgânicos passou de 6.719 para 10.194, ou seja, aumentou cerca de 52%. Aqui a agricultura orgânica ocupa uma área quatro vezes maior que no país europeu – até porque o Brasil é quase 200 vezes maior que a Dinamarca –, mas ainda assim esses números são expressivos.

Na Europa, a intenção de compra de alimentos orgânicos está relacionada com preocupações com a saúde, o ambiente e com aspectos como sabor, aroma, frescor e preço. No Brasil, trabalhos publicados na década de 1990 apontavam que as motivações para compra estavam ligadas mais à saúde do que com questões ambientais. Entretanto, estudos mais recentes apontam mudança nesse comportamento pois os consumidores parecem preocupados também com aspectos sociais e ambientais. Afinal, consumir orgânicos é estimular uma agricultura que adota práticas que conservam o ambiente e que contribuem para a qualidade de vida de quem vive no campo.

Leonor Assad

Tecnologia

Desenho de embalagens diminui perdas em frutas frescas

Por serem alimentos frágeis, altamente perecíveis, as frutas exigem cuidados especiais para diminuir o desperdício e as perdas econômicas após a colheita. Para contribuir para um processo mais sustentável desde o campo até o consumidor, pesquisadores do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), do Instituto de Macromoléculas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e do Centro de Tecnologia de Alimentos da Embrapa (CTAA) desenvolveram caixotes dobráveis e embalagens para o transporte e exposição de frutas que aumentam em uma semana a vida dos produtos e mantêm as perdas abaixo de 10%, índice similar ao de países desenvolvidos.

A ideia é simples, mas gerou o depósito de 40 patentes e demandou R$7,5 milhões do fundo tecnológico do BNDES ao longo de quatro anos de pesquisas e testes. O projeto poderá ajudar a diminuir o desperdício de alimentos, estimado em 26 milhões de toneladas ao ano no Brasil, dos quais 45% seriam de hortifruti. Ao invés de frutas sobrepostas e sem ventilação, as embalagens desenvolvidas permitem que as bandejas sejam empilhadas sem risco de amassar as frutas e tenham entrada de ar, importante para prevenir temperaturas mais altas e frear o processo de degradação. As embalagens são articuladas, têm baixo peso, são acopladas a bandejas específicas para cada tipo de fruta e são reutilizadas após a entrega dos produtos. A base é composta por materiais que usam resíduos minerais ou de fibras vegetais, muitas vezes, gratuitos ou de baixo custo, enquanto a bandeja pode ser feita a partir de plástico PET reciclado. Luiz Carlos do Carmo Motta, da Divisão de Desenho Industrial do INT, informa que a base pode ter custo até inferior ao de outras caixas atualmente em uso, além de contribuir para retirar do ambiente resíduos que podem causar impactos ambientais.

Divulgação INT

Sem sobreposição, caquis duraram mais no supermercado, reduzindo o desperdício

O desenho das embalagens considerou as características fisiológicas, organolépticas (cor, textura, sabor, odor etc) de cada fruta, entre as quais o caqui, manga, mamão papaia, morangos e palmito de pupunha processado. "Cada tipo de fruta respira e libera etileno de forma própria. Como as nossas embalagens respeitam estas características essenciais de cada tipo de fruta, elas colaboram para a redução das perdas pós-colheita e aumentam a vida útil dos produtos acondicionados", afirma. De acordo com testes realizados pelo CTAA/Embrapa, as embalagens reduziram em até 70% as perdas pós-colheita de caquis, por exemplo.

Germana Barata

Divulgação/Era Arqueologia

Grupo de turistas visita escavações no Complexo Arqueológico Perdigões, em Portugal

ARQUEOLOGIA

Complexo arqueológico busca aproximação com comunidade por meio do turismo

Carne com marisco em estrutura de cuvete, cozida no chão forrado com seixos de rio previamente aquecidos e coberta por pele de animal e folhas; coelho cozido em panela de barro neolítica ou preparado na grelha de madeira sobre o fogo e lentamente umedecido com mel e ervas até estar pronto; truta temperada com ervas aromáticas, enrolada em folhas largas e cozida sobre casca de árvore coberta com argila; carne no espeto de pau e cozida diretamente no fogo durante várias horas. Como acompanhamentos: frutos silvestres, frutos secos e infusões. Esse foi o cardápio do jantar neolítico que aconteceu em agosto deste ano no Complexo Arqueológico dos Perdigões, localizado na cidade portuguesa Reguengos de Monsaraz, no distrito de Évora, região do Alentejo. O objetivo dos organizadores, a Era Arqueologia e a prefeitura da cidade, era oferecer aos cerca de 50 visitantes a experiência da cozinha pré-histórica, a partir das informações obtidas nas escavações nesse que é um dos maiores complexos arqueológicos já encontrados na Europa.

Além do jantar, os visitantes puderam participar de oficinas de argila para aprender as técnicas para produção de recipientes cerâmicos ou de adornos pré-históricos feitos com ossos ou conchas. As atividades turísticas são uma das iniciativas mais recentes da Finagra S.A., empresa portuguesa produtora de vinhos e azeite e proprietária das terras onde está situado o complexo arqueológico. Além de divulgar as atividades científicas desenvolvidas na área por meio do turismo, a empresa quer utilizar os recursos advindos da atividade como uma das fontes de financiamento da pesquisa e manutenção do sítio. Nesse sentido, Perdigões pode ser um exemplo, na área de gestão de patrimônio, de que é possível conjugar de forma harmônica: o estudo e a preservação, participação da comunidade local, turismo e a atividade econômica.

DIVIDINDO ESPAÇOS Construído há cinco mil anos, no período Neolítico, considerado o último da pré-história, o Complexo Arqueológico dos Perdigões é um conjunto de recintos circulares e genericamente concêntricos que se desenvolveram a partir de um ponto central. De acordo com Miguel Lago, da Era Arqueologia, empresa que presta serviços na área do patrimônio histórico-arqueológico, o sítio foi descoberto em 1983, mas a real dimensão do conjunto só seria conhecida em 1996,

quando a Finagra adquiriu a propriedade com intenção de plantar vinhas. "Na ocasião as atividades agrícolas foram suspensas e iniciaram-se os primeiros trabalhos de diagnóstico", conta. As pesquisas ficaram sob a responsabilidade da empresa Era Arqueologia. O diagnóstico revelou a existência de cemitérios e de recintos megalíticos – conjuntos de construções feitas com grandes blocos de pedras – edificadas essencialmente no período neolítico com finalidades simbólicas, religiosas ou funerárias. Em quase vinte anos de escavações, várias foram as descobertas em Perdigões. Hoje se sabe que teria sido palco de cerimônias de culto aos mortos e antepassados. Foi encontrado ainda um local de deposição de crânios humanos, alguns deles com sinais de que foram queimados, um indício de que alguns mortos eram cremados. Toda a pesquisa conduzida na região só foi possível a partir da intervenção do Instituto Português do Património Arquitetônico (Ippar) junto à Finagra. Com isso, a área do sítio, com cerca de 20 hectares, foi transformada em reserva arqueológica e pode ser preservada.

ARQUEOLOGIA EM CONSTRUÇÃO "Desde o início tentamos imprimir um caráter inovador no processo de investigação arqueológica em Perdigões", contra Lago. Segundo ele, tradicionalmente esses processos têm pouca ou nenhuma articulação com o meio social em que se insere. "No entanto, quando os trabalhos se iniciaram, vivíamos um momento de mudança na metodologia da disciplina de arqueologia em Portugal, com uma abertura que implicava em pensar também no retorno social desses estudos". Porém, a preservação de um patrimônio somente se justifica na criação de valor para a sociedade, acredita o arqueólogo. Isso implica que o conhecimento não é a representação de uma "verdade científica", mas resulta da construção de verdades negociadas, é sempre relativo e provisório, e que deve, acima de tudo, ser compartilhado.

Em 2004, por exemplo, a Era Arqueologia inaugurou o Centro Interpretativo da Torre do Esporão, com uma exposição dos primeiros resultados da intervenção do sítio voltada para o público não especialista. Além disso, a partir desse ano, as escavações passaram a ser abertas a visitas públicas integradas às atividades de enoturismo que já existiam na propriedade. "Ao mesmo tempo, é fundamental garantir a qualidade das pesquisas feitas em Perdigões, por isso os resultados são divulgados periodicamente em revistas científicas e congressos. A qualidade e o prestígio da produção científica são fundamentais para termos reconhecimento dentro e fora da academia", afirma Lago.

ESTRATÉGIAS DE LONGO PRAZO As investigações em Perdigões buscavam responder aos desafios colocados pela cultura material, isto é, pelos objetos e configurações no espaço do sítio, mas também pensavam questões relacionadas à projeção daquele patrimônio em longo prazo: como esse sítio vai se manter?; Como continuar a produzir conhecimento?; Como assegurar a democratização desse conhecimento? "A despeito de sua importância histórica, é muito difícil depender apenas de subsídios para pesquisa. Temos que encontrar formas do projeto se autofinanciar, mesmo que parcialmente", acredita Lago. Sua continuidade, portanto, depende de um modelo de financiamento diversificado, que inclui a geração de receitas.

Com essa dimensão ampla, o projeto em Perdigões passou a incorporar profissionais da área de comunicação, finanças e estudos de mercado. A ideia é criar um produto cultural que proporcione uma experiência para o turista. "Estamos em uma região em que já existe intensa atividade turística, particularmente ligada ao vinho e à gastronomia", conta Miguel Lago. Em 2015, por exemplo, Reguengos de Monsaraz foi considerada "Cidade Europeia do Vinho", pela Re-

Divulgação/Era Arqueologia

Acima, arqueólogo prepara jantar neolítico; no centro, pesquisador trabalha em sepulcro; embaixo, exemplo de objetos retirados de Perdigões

de Europeia de Cidades do Vinho (Recevin), que congrega associações nacionais de vinho de quase 800 cidades em toda a Europa. "Evidentemente que não estamos falando em um turismo de massa, mas temos que levar em conta que desfrutamos de uma posição estratégica para atrair turistas", aponta.

ELO COM O PÚBLICO O jantar neolítico e as oficinas, realizadas em agosto deste ano em Perdigões, eram parte de uma programação de uma semana que incluiu ainda palestras e visitas monitoradas ao sítio. "Abrimos 25 vagas e a procura chegou ao dobro, mostrando que há um público potencial interessado em pré-história", conta Lago. Para fortalecer a comunicação com o público, a Era Arqueologia utiliza intensamente as redes sociais, com a publicação de textos curtos e fotos produzidos ainda em campo e que acabam produzindo boa repercussão com dados científicos. "Isso gera um interesse, especialmente da comunidade local que, por conhecer aquele território, se identifica com nossas descobertas", enfatiza o arqueólogo. Para ele, entre os próximos desafios estão aumentar a frequência de atividades turísticas, como o jantar neolítico, e envolver essa comunidade local não somente como audiência, mas como força de trabalho. "Arqueologia não é uma questão privada, toda a cultura material com a qual lidamos, todo o conhecimento que produzimos é público e deve ser gerido e compartilhado de maneira conjunta", finaliza.

Patrícia Mariuzzo

ASTROBIOLOGIA

A busca por vida fora da Terra continua em planetas semelhantes ao nosso

A descoberta aconteceu em maio de 2014. Naquele dia, o astrofísico Joseph Twicken trabalhava diante dos computadores do Centro de Operações Científicas, perto da baía de São Francisco, na Califórnia, analisando dados recebidos pelo telescópio espacial Kepler sobre a luminosidade de algumas estrelas distantes. Orbitando ao redor do Sol desde 2009, o objetivo do telescópio era procurar planetas semelhantes à Terra ao redor de estrelas semelhantes ao Sol, com potencial de vida extraterrestre. Após mais de cinco anos de buscas, Twicken percebeu que finalmente haviam encontrado um desses mundos irmãos, há cerca de 1400 anos-luz da Terra, na direção da constelação do Cisne, batizado de Kepler-452b. Nos meses seguintes, sua equipe realizou uma análise mais fina dos dados e cálculos sobre as características do planeta e da estrela, até anunciarem a descoberta, em 23 de julho. Quase tudo era parecido com nosso mundo: o tamanho, a quantidade

Reprodução

O líquen *Rhizocarpon geographicum* foi submetido à radiação cósmica no espaço e sobreviveu

de energia recebida da estrela e até o tempo para completar uma volta ao redor dela. E estava na chamada "zona habitável", aquela faixa de distância da estrela em que é possível existir água líquida na superfície. Após essa descoberta, qual o próximo passo?

BIOASSINATURAS DA VIDA Na verdade, a missão Kepler e sua sucessora, a K2, têm um objetivo mais amplo: determinar quão raro ou frequente é um mundo como o nosso. Para isso, o telescópio compôs uma amostragem de planetas semelhantes à Terra nas zonas habitáveis ao redor de estrelas do mesmo tipo que o Sol. As análises dos dados das 111.800 estrelas observadas pelo telescópio já confirmaram a ocorrência de 1030 planetas extrassolares (exoplanetas), 12 deles dentro da zona habitável. Para saber se esses locais efetivamente possuem vida, os cientistas procuram "bioassinaturas", características semelhantes as da Terra e que possam ser captadas por instrumentos. O primeiro planeta candidato foi detectado em 2000, a 154 anos-luz daqui.

Em entrevista recente para o Canaltech, o pesquisador do Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia, da Universidade de São Paulo (USP), Douglas Galante, explicou que existem várias características que alcançam toda a vida na Terra: ela é baseada em células, usa a água como solvente universal, é composta por moléculas orgânicas, ou seja, com cadeias de carbono e fundamentada no DNA ou RNA. Assim, uma parte importante da busca por vida fora da Terra procura no espaço moléculas orgânicas, como aminoácidos e bases nucleicas (componentes do DNA e do RNA), bem como seus precursores (substâncias capazes de formá-las por reações químicas). Tais moléculas já foram encontradas em meteoritos que caíram na Terra, e precursores já foram registrados em nebulosas interestelares. Em um cometa, a primeira detecção conclusiva de um aminoácido aconteceu em 2009, quando foi observada glicina em amostras coletadas e trazidas à Terra pela sonda espacial Stardust, que visitou o cometa Wild 2, em 2004.

SIMULAÇÕES DO ESPAÇO CÓSMICO

A presença de materiais orgânicos precursores da vida em cometas e meteoritos é importante para a hipótese da panspermia, segundo a qual parte das substâncias bioquímicas necessárias para o surgimento da vida na Terra e em outros planetas pode ter vindo do espaço, atiradas na sua superfície pela queda desses corpos. Para isso, essas substâncias teriam que sobreviver por tempo suficiente em

ambientes interestelares, apesar de ali elas estarem sujeitas à ação de raios ultravioletas e raios-X emitidos por estrelas próximas. Experimentos em laboratório que simulam as condições reinantes no espaço cósmico indicam que várias dessas moléculas são de fato capazes de sobreviver por dezenas de bilhões de anos naquelas condições, como demonstrou , Sergio Pilling, da Universidade do Vale do Paraíba (Univap) em 2011. Os raios-X e ultravioletas foram simulados no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), que produz esses tipos de raios.

O estudo de Pilling faz parte de outro tipo importante de pesquisa na astrobiologia, as simulações em laboratório das condições reinantes no espaço cósmico, na qual se busca compreender como as moléculas orgânicas se formam e podem sobreviver ali. Aminoácidos e bases nucleicas têm aparecido, por exemplo, em simulações em laboratório da atmosfera de Titã, o maior satélite de Saturno.

LAGOS SOB O GELO Há vários indícios da existência de oceanos em condições habitáveis por organismos vivos debaixo das carapaças de gelo existentes na superfície de Europa, um dos maiores satélites de Júpiter. Para tanto, cientistas tentam compreender ambientes terrestres considerados análogos, por exemplo lagos subglaciais debaixo do gelo da Antártida, mantidos líquidos pela atividade geotérmica. O maior deles é o lago Vostok, com área de 14 mil km^2, debaixo de 3770 metros de gelo, que pode abrigar um ecossistema microbiano isolado há milhões de anos do ambiente exterior.

A busca de microrganismos extremófilos – capazes de enfrentar ambientes parecidos com o que existe no espaço – é estender os limites da vida como a conhecemos e assim poder identificar mais locais fora da Terra onde a vida poderia ocorrer, mesmo aquela do mesmo tipo encontrado no nosso planeta. Alguns desses extremófilos já tiveram sua resistência testada no ambiente do próprio espaço cósmico. Em 2005, um experimento enviou dois tipos de líquens ao espaço em um foguete – *Rhizocarpon geographicum* e *Xanthoria elegans*. Após passarem 16 dias no satélite russo Foton-M2, submetidos à radiação cósmica comum no espaço, chegaram todos vivos de volta à Terra.

Roberto Belisário

Extremófilos no Brasil

Extremófilos são encontrados em locais muito gelados, como na Antártida, em regiões áridas, em lugares com alta temperatura, como as fontes geotérmicas, em lagos muito salgados ou muito ácidos etc. Cientistas brasileiros, inseridos no Programa Antártico Brasileiro (Proantar), vêm contribuindo com as pesquisas sobre extremófilos que vivem no continente gelado. Mas não é necessário ir tão longe. No território nacional há ambientes considerados extremos onde são procurados organismos altamente resistentes. Um trabalho de 2013, de pesquisadores da USP e da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) elencou vários. Há ambientes hipersalinos em manguezais e lagoas, destacando-se a de Araruama, no Rio de Janeiro. O solo do Cerrado apresenta grande acidez e alta concentração de alumínio e ali já foi encontrada a bactéria *Flavobacterium sp.*. Há também as áreas impactadas por poluição de metais pesados, como zinco e cádmio, jogados na baía de Sepetiba, no Rio de Janeiro – ali foram encontradas várias bactérias que crescem em ambientes muito ácidos.

POLÍTICA DE C&T

Inversão científica no México

No México, no início do século XX, a administração de ciência e tecnologia foi reformada ao ponto de torná-la um instrumento de exercício obrigatório pelo Estado; resultando, assim, em sentido estrito, uma política de ciência e tecnologia. Com a criação do Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (Conacyt) em 1970, o Estado mexicano incorporou, entre seus instrumentos de desenvolvimento, a administração de recursos públicos para as atividades de produção e desenvolvimento de tecnologia, além do financiamento de estudos de pós-graduação.

Na década de 1990, a incorporação do país a instituições globais como a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e o Tratado Norte-Americano de Livre Comércio, por exemplo, mostrou claramente a existência de grandes lacunas no desenvolvimento científico do México em relação a outros países. Por isso, nos anos 1990, acontece uma profunda reestruturação de vários instrumentos e práticas do aparato institucional que giravam em torno do Conacyt. Essas mudanças culminaram na criação da Lei de Ciência e Tecnologia, em 2002, cujo objetivo é fortalecer institucionalmente a atividade científica no México. Além disso, a lei põe especial atenção na divulgação científica e a necessidade de orçamento específico para essa atividade. Em 1999, para criar instrumentos que garantissem maior competitividade para o setor produtivo, o governo mexicano também buscou promover uma aproximação entre a academia e a indústria, por meio da Lei para a Promoção da Investigação Científica e Tecnológica.

Figura 1. Participação do Gasto Interno Bruto em Pesquisa e Desenvolvimento Experimental (Gide) no PIB por país, 2012. Porcentagem

Pais	Gide/PIB
Coreia	4.36
Israel	3.93
Finlândia	3.55
Suécia	3.41
Japão	3.35
Alemanha	2.98
Estados Unidos	2.79
China 1.98 Canadá	1.69
Espanha	1.30
Brasil (2011)	1.21
Índia (2011)	0.81
Argentina	0.74
México	0.43
Cuba	0.42
Chile	0.35
Média OCDE	2.40
Média União Europeia	2.05
Média América Latina	0.82

Fonte: Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnologia y la Innovación, 2013(Conacyt, 2014, p. 28).

CAMINHANDO DEVAGAR Nas últimas décadas, o México tem feito

importantes esforços no sentido de aprimorar o sistema de ciência, tecnologia e inovação (CTI), no entanto, caminha mais devagar do que outras nações.
A experiência internacional mostra que para desencadear o desenvolvimento de um país, com base no CTI, é conveniente que a inversão de investimentos nesse setor seja de pelo menos 1,0% de seu Produto Interno Bruto (PIB). No México, o valor deste indicador é o menor entre países membros da OCDE e ainda menor do que a média da América Latina. Em 2012, o Gasto Interno Bruto em Pesquisa e Desenvolvimento Experimental (Gide), no México, foi de apenas 0,43%, portanto, bem abaixo de países como Coreia, Israel e Finlândia, por exemplo, que investem mais de 3,0% e que gozam de economias estáveis e de um maior desenvolvimento social. O Brasil, em 2011, logrou investimentos de 1,21%, valor que refletiu no fortalecimento do aparelho científico e tecnológico do país.
É consenso que avanços científicos e tecnológicos se traduzem em geração de riqueza, representando um instrumento eficaz para melhorar a produtividade e os serviços nas empresas e instituições. Embora a Lei de Ciência e Tecnologia estabeleça que o gasto nacional em atividades de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico não podem ser menores do que 1% do PIB, no México esse índice não tem atingido 0,5%, dificultando uma trajetória de crescimento consistente e, ao mesmo tempo, exigindo que novos caminhos sejam pensados.
Conforme se pode ver no **gráfico**, o Gide teve altos e baixos ao longo dos anos, com uma média de aumento de apenas 0,09%.
No início do atual governo mexicano, o presidente Enrique Peña Nieto assegurou que destinaria pelo menos 0,1% do PIB em ciência e tecnologia, com aumento gradual, até chegar ao 1%, como estabelece a Lei de Ciência.
É um claro sinal da aposta nesse setor para propiciar o desenvolvimento econômico e social, mas cuja meta ainda está longe de ser atingida devido aos constantes cortes no orçamento destinados a essa área. Em 2014, houve corte de 7 bilhões no orçamento do Ministério da Educação Pública e de 900 milhões do Conacyt, áreas que são consideradas prioritárias. Essa redução teve como causa principal os baixos preços do petróleo em nível internacional e a situação econômica enfrentada pelo México. Esses cortes afetam as bolsas para estudantes de pós-graduação, programas e projetos, o financiamento para estados, estímulos para a inovação etc, o que resulta em atraso não só para a ciência, mas para o país.

PROMESSA As políticas de ciência e tecnologia abriram tendências promissoras no México. As novas condições institucionais nas quais se desenvolveu sua promoção permitem considerar que, ao cabo de mais de três décadas, pode-se esperar uma política pública consolidada, já que os instrumentos de intervenção estadual se encontram definidos na sua estrutura do gasto público, por meio de uma lei que define atores institucionais e procedimentos, sobretudo no âmbito político. No entanto, é importante ter em conta que o aparelho científico e tecnológico não depende unicamente da promulgação de leis, mas sim do cumprimento delas. Também é importante que o Estado entenda que problemas como saúde, pobreza, educação, insegurança etc, questões ligadas ao desenvolvimento social, estão intimamente relacionados com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Milagros Varguez

PALEONTOLOGIA

COORDENADOR **ALEXANDER KELLNER**

SILANE A. F. DA SILVA CAMINHA | FÁTIMA PRAXEDES R. LEITE | JULIANE MARQUES-DE-SOUZA

VALÉRIA GALLO | MARINA BENTO SOARES | JULIANA MANSO SAYÃO | RENAN ALFREDO MACHADO BANTIM

TIAGO R. SIMÕES | MICHAEL W. CALDWELL

APRESENTAÇÃO

PARA ONDE CAMINHA A PALEONTOLOGIA BRASILEIRA?

Alexander Kellner

Não é um exagero enfatizar que o trabalho realizado pelos paleontólogos desperta enorme interesse na sociedade. E não apenas no Brasil, bastando, para isso, ter-se em mente o espantoso sucesso da quarta versão do filme da franquia *Jurassic Park*. *O mundo dos dinossauros*.O filme chegou ao circuito nacional de cinemas como um dos três longas-metragens com maior arrecadação já produzido (1).

Todo esse interesse relacionado aos fósseis (todas as evidências de vida de épocas geológicas passadas que foram preservados nas rochas) rendeu frutos para a pesquisa paleontológica nacional, particularmente nestes últimos 15 anos. Desde a exposição "No tempo dos dinossauros", realizada em 1999 e que pode ser considerada como um divisor de águas para o estudo dos fósseis no Brasil já que despertou enorme interesse da mídia (e consequentemente da sociedade),pelas atividades dos cientistas que militam na área (p.ex., 2), a quantidade de verbas alocadas para esse ramo da ciência básica aumentou gradativamente. Até pouco tempo, editais com temas relacionados ao estudo de dinossauros, tartarugas, microfósseis e invertebrados extintos haviam sido contemplados em maior ou menor escala em forma de bolsas ou auxílios pelo CNPq – principal agência financiadora em nível federal – e pelas fundações de amparo à pesquisa estaduais (p. ex., Faperj, Fapesp, Facepe, Fapemig, Fapese e Funcap). Mesmo não chegando aos valores despendidos por países mais desenvolvidos e até mesmo por países sul-americanos como a vizinha Argentina (que tradicionalmente investe mais na paleontologia do que o Brasil, mesmo em tempos de crise), o maior fluxo de verbas para a área propiciou significativos avanços da pesquisa paleontológica nacional. Esse investimento se refletiu, inclusive, em importantes achados que foram publicados nas principais revistas científicas do mundo, muitas vezes realizados em pareceria com pesquisadores do exterior (p. ex., 3-10), contribuindo para o incremento científico e internacionalização da ciência brasileira.

Nesta presente edição da revista *Ciência e Cultura*, estão sendo abordados áreas e aspectos distintos da paleontologia. A proposta foi apresentar diversas linhas de pesquisa que são realizadas com vários tipos de fósseis, inclusive procurando mostrar ao leitor que não apenas de dinossauros vive o paleontólogo!

O texto sobre microfósseis (11) apresenta uma panorâmica da área, mostrando não apenas a importância desses diminutos organismos encontrados nas rochas, mas também apresentando a caracterização dos grupos principais. Nunca é demais relembrar a aplicação direta desse tipo de fóssil na geologia do petróleo, em datação de camadas e nas reconstituições paleoambientais. Talvez essa seja a área da paleontologia que possa ser considerada a mais aplicada.

O artigo sobre paleobotânica (12) apresenta o potencial científico que o estudo das plantas fósseis oferece. Enfocando nos macrofósseis (já que muitos restos de vegetais como os esporos e pólens são tratados como microfósseis), o texto mostra as dificuldades do estudo dos vegetais, particularmente pelo fato de que são compostos de estruturas bem distintas como os troncos e as folhas. Por possuírem características anatômicas e composicionais diversas, essas partes das plantas raramente são preservadas juntas. Assim, muitas vezes existe a especialização, com paleobotânicos se dedicando apenas ao estudo dos troncos e outros à pesquisa das folhas. Esse artigo também menciona algumas das principais descobertas realizadas nos

Alexander Kellner

Figura 1: Exposição *Dinossauros no sertão*, que se incorporou às exposições permanentes do Museu Nacional/UFRJ

últimos anos, chamando a atenção para a pluralidade de perguntas científicas que o estudo das plantas pode responder.

Um outro assunto abordado neste Núcleo Temático dedicado à paleontologia são as pesquisas sobre peixes fósseis, com atenção para a ictiofauna encontrada em depósitos da era Mesozoica (13). Esse período geológico é muito importante para a evolução dos peixes, particularmente para elucidar questões de cunho biogeográfico. Nunca é demais relembrar que, ao longo do tempo profundo, oceanos e mares se abriram e se fecharam, e rios mudaram de direção devido a fatores geológicos como a movimentação das placas tectônicas. Naturalmente, nesses eventos de grande magnitude a fauna (e flora) são afetados, o que pode ser verificado particularmente na distribuição dos peixes fósseis que tendem a ser mais comumente preservados do que outros vertebrados. Justamente no Brasil, temos diversos depósitos que têm fornecido exemplares relevantes para um melhor conhecimento da distribuição das ictiofaunasmesozoicas, em especial as encontradas no período Cretáceo.

O artigo sobre répteis fósseis (14) foca nos avanços que ocorreram na paleoherpetologia no mundo e como tem-se dado a contribuição brasileira. Abordando três dos principais grupos desses vertebrados – os dinossauros, os pterossauros e os crocodilomorfos – o artigo apresenta os progressos da pesquisa nacional que envolve desde novas descobertas realizadas no país até a atividade conjunta com cientistas de outros países que possuem depósitos de interesse paleontológico destacado. O trabalho também apresenta as áreas onde a ciência brasileira poderia atuar mais pelo importante material fossilífero que dispõe, como a pesquisa de tecidos moles, que inclui a busca por biomoléculas em material excepcionalmente bem preservado, que, diga-se de passagem, não é apenas limitado a répteis fósseis.

Poucos sabem, mas uma das principais contribuições fornecidas pela paleontologia brasileira nestes últimos anos está na pesquisa dos primeiros estágios evolutivos dos mamíferos, conforme é apresentado no artigo seguinte desta coletânea (15). Nos depósitos triássicos do Rio Grande do Sul foram encontrados diversos exemplares que mostram os passos evolutivos seguidos pelos proto-mamíferos (que são os cinodontes basais) até o surgimento dos primeiros representantes de Mammalia. Nunca é demais relembrar que são justamente os mamíferos que, após a extinção em massa ocorrida no limite Cretáceo-Paleógeno, passaram a dominar os diferentes ecossistemas. Poucas regiões do mundo possuem depósitos com condição da fossilização desse tipo de vertebrado, que tende a ser de diminutas proporções e, por isso, detentor de um esqueleto extremamente frágil.

Os dois últimos trabalhos deste Núcleo Temático se dedicam a diferentes aspectos da paleontologia: as novas técnicas e questões relacionadas à legislação sobre fósseis. Existe uma tendência de empregar metodologias e técnicas cada vez mais sofisticadas para procurar responder às perguntas de complexidade crescente que são feitas com relação aos fósseis. Tomografia computadorizada, emprego do microscópio eletrônico de varredura e estudos paleohistológicos são apenas algumas das novas linhas de pesquisa que estão sendo desenvolvidas e aplicadas com maior frequência em nível mundial, e também pelos paleontólogos brasileiros (16).

Já as questões envolvendo legislação de fósseis têm estado em voga nos últimos anos. Não é desconhecido da sociedade brasileira que muitos espécimes deixam o país apesar da ilegalidade desse processo. Assim, peças de importância científica destacada acabam integrando o acervo de instituições de pesquisa do exterior e sendo descritas por pesquisadores estrangeiros. Sempre lembrando que a ciência não deve ter fronteiras, existe um sentimento de perda por parte da comunidade científica nacional e não há como negar que a saída desse tipo de material acaba empobrecendo as coleções brasileiras. No entanto, não é apenas o Brasil que sofre com o problema e outros países têm maneiras diferentes de tratar o assunto. No último artigo desta edição de *Ciência e Cultura* é abordada, de forma resumida, a situação brasileira e a do Canadá (17). Pessoalmente,acredito que mais artigos como esse deveriam ser escritos para que possamos traçar um paralelo do que ocorre no mundo e eventualmente aprender sobre formas bem sucedidas de resolver ou mitigar essa situação.

A composição desses artigos nos conduz a uma reflexão de como está o desenvolvimento da paleontologia nacional. Que as condições, até o final de 2014, melhoraram, não resta dúvidas, sobretudo pelo fato de que houve um expressivo aumento de vagas nas universidades (particularmente nas federais e estaduais) ocupadas por paleontólogos (felizmente, não apenas por aqueles que estudam vertebrados). Mas existem situações estruturais que não apenas impedem o avanço da pesquisa científica, mas que, se não forem sanadas, podem proporcionar um significativo retrocesso.

A questão legal é um problema. Por um lado, deve haver um esforço sadio de procurar manter os principais fósseis encontrados no país. Como já foi várias vezes levantado, um bom acervo atrai

bons pesquisadores, que tendem a fazer bons trabalhos e, por isso, conseguem ter um currículo melhor e ter mais chances de obter melhores apoios à pesquisa, que envolve atividade de campo com coleta de novas coleções, que terminam por aumentar a importância e o tamanho do acervo da respectiva instituição, e o ciclo se renova. O Museu Americano de História Natural de Nova Iorque e o Museu de História Natural de Londres (antigamente ligado ao British Museum) não seriam as instituições científicas que são se não fosse pelo seu acervo, onde a coleção de fósseis é reconhecidamente um dos componentes principais.

Como manter os fósseis brasileiros no território nacional? As leis são vagas (17) e problemáticas. E o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a quem compete regulamentar a extração de fósseis no país, se revelou inoperante para a questão do tráfico (p. ex., 18). Ademais, ficou evidente durante o último Congresso Brasileiro de Paleontologia realizado na cidade do Crato (Ceará), onde foi apresentado o documentário *Peixeiros* (de acesso livre no YouTube, 19), que funcionários do DNPM adotam procedimentos no mínimo suspeitos, que em nada beneficiam a situação do fóssil na região. Mais surpreendente foram as justificativas apresentadas pelos envolvidos dessa autarquia federal nesses procedimentos aparentemente "pouco republicanos", durante a mesa redonda sobre depósitos fossilíferos ocorrida durante esse mesmo congresso (também disponível no YouTube, 20). Parte dos depoimentos filmados são estarrecedores, o que por si só depõe contra os servidores em questão. Não apenas causa espécie a resistência por parte da direção geral do DNPM em realizar uma investigação rigorosa sobre as ações desses funcionários, mas também demonstra um descaso por parte dessa autarquia federal para com o patrimônio paleontológico nacional.

A MAIS EFICAZ FORMA DE MELHORAR AS COLEÇÕES PALEONTOLÓGICAS NO BRASIL É INVESTIR NA COLETA DE FÓSSEIS

Mesmo que houvesse um amparo legal efetivo, a mais eficaz forma de melhorar as coleções paleontológicas no Brasil é investir na coleta de fósseis. Apesar da saída ilegal de muitos exemplares para o exterior, que parece ter diminuído em face da ação de conscientização realizada por parte dos pesquisadores que militam nessa área do saber, podemos dizer que os depósitos fossilíferos brasileiros estão muito longe de serem exauridos, havendo um enorme potencial para novos achados. Porém, para isso, é necessária uma ação do poder público, destinando recursos mais expressivos e de forma contínua aos grupos de pesquisa nacionais já estabelecidos e também incentivar os núcleos emergentes, particularmente aqueles que atuam em regiões próximas a depósitos de interesse paleontológico. Nesse particular, infelizmente, já se sente, há algum tempo, uma certa diminuição no volume de recursos destinados pelas agências de fomento a projetos e bolsas destinados ao estudo dos fósseis, em especial por parte da principal agência de apoio à pesquisa, que é o CNPq. Tal fato levou, inclusive, à criação no início de 2015, de um movimento (S.O.S. Dinossauros) que procura alertar as autoridades sobre a necessidade de investimento na área para que os avanços realizados a duras penas não sejam perdidos (p. ex., 21-23). Até o momento, não houve nenhum resultado concreto dessa iniciativa e existe o temor que, com a situação econômica negativa pela qual passa o país, o cenário possa se complicar, sem solução a curto prazo (24).

Outro ponto importante que deve estar no radar dos paleontólogos (e no de outros pesquisadores que militam nas chamadas ciências básicas) é a situação geral do financiamento da pesquisa por parte do poder público. Não há como negar a tendência mundial em favorecer a ciência aplicada em detrimento da "ciência-pela-ciência", uma vez que a primeira produz resultados que são diretamente aproveitados para a melhoria da condição geral da sociedade (25). Essas melhorias podem variar desde avanços em procedimentos na indústria como para a cura de doenças. Essa cobrança já chegou a muitas agências de fomento no Brasil, que passaram a solicitar regularmente em seus editais uma explicação por parte do proponente sobre qual o impacto que o desenvolvimento do respectivo projeto pode gerar para a sociedade.

Como a paleontologia responde particularmente a essa pergunta? A resposta mais óbvia está ligada ao produto que o estudo dos fósseis pode oferecer: uma melhor compreensão da evolução e diversificação da vida no nosso planeta. Sem os paleontólogos, a sociedade não saberia nada de como os diversos grupos de organismos surgiram e se modificaram ao longo do tempo. Tampouco teriam uma noção de porquê certos organismos vivem atualmente em um ponto do planeta e não em outro (por exemplo o urso polar no Ártico e o leão na África). Sem contar com a compreensão do aparecimento da nossa própria espécie, que obrigatoriamente passa pelo estudo dos fósseis. Muitos pesquisadores defendem que esses motivos já são mais do que suficientes para justificar a aplicação de recursos na pesquisa paleontológica.

No entanto, existem outras vertentes que são pouco exploradas pelos cientistas brasileiros. A principal delas está relacionada à educação. Não existe necessidade de apontar a situação extremamente negativa do ensino em nosso país. Nesse sentido, a paleontologia, por sua natureza multidisciplinar, pode apresentar ao público diferentes aspectos de diversas ciências básicas. A aplicação da matemática e estatística para compreender questões como o estabelecimento do tamanho, massa e potencial de locomoção de espécies extintas, é um exemplo. A composição química dos fósseis e como estes se preservaram é outro. Sem contar com as noções ligadas aos ecossistemas e como estes mudaram ao longo do tempo profundo, ocasionando extinções que podem ser locais ou em escala mundial. Estes são apenas alguns dos temas que o estudo dos fósseis pode apresentar para os estudantes, auxiliando na sua formação.

Ademais, é fundamental que o paleontólogo apresente as mudanças no foco das pesquisas paleontológicas que estão cada vez mais sofisticadas. Um bom exemplo é a tomografia computadorizada que possibilita uma reconstrução detalhada de órgãos e tecidos moles nos organismos. Essa é uma (não a única) boa porta de entrada para apresentar diversos conceitos relacionados à física. Sem contar com a busca de biomoléculas – uma tecla na qual tenho batido há algum tempo.

Outro ponto, que é cada vez mais fundamental para a sobrevivência da paleontologia nestes tempos "bicudos" de restrição orçamentária, está ligado a divulgação e difusão científica. De nada adianta para o desenvolvimento dessa (e de outras) ciência básica que o pesquisador se encastele em seu laboratório e converse apenas com os seus pares! Existe uma demanda (até mesmo parcialmente reconhecida pelo CNPq e pelas agências de fomento estaduais) que o cientista venha a público e procure conversar com a sociedade sobre o seu trabalho. Nesse particular, apesar de melhorias, ainda há muito o que fazer. Uma matéria (pelo menos eletiva, senão obrigatória) nos cursos de pós-graduação na qual o aluno tenha que realizar atividades de divulgação junto ao público já seria um grande passo para a conscientização dos futuros pesquisadores sobre a necessidade de uma maior interação com a sociedade.

Ao mesmo tempo, existe uma força de trabalho que pode atuar na paleontologia que é praticamente inexistente no país: os voluntários. Em diversas instituições do exterior existe a possibilidade de pessoas – muitas vezes aposentadas com enorme interesse e tempo disponível – em auxiliar o desenvolvimento da pesquisa científica. Isso varia desde a atividade de catalogar material até mesmo em questões envolvendo a preparação e participação (juntamente com paleontólogos) na coleta de fósseis. Não é preciso enfatizar que a atuação de voluntários não está restrita à paleontologia. Infelizmente, não há maiores iniciativas para atividades de amadores no Brasil, o que também parte de uma certa desconfiança da academia. Entre as exceções está o Grupo Fossilis de Minas Gerais e os Colecionadores de Ossos no Rio Grande do Sul, cada um com características e propósitos distintos.

Por último, gostaria de frisar a fundamental importância do apoio por parte do poder público e da sociedade às instituições que se enquadram na categoria de museu de história natural (26). Sem me alongar muito, é justamente esse tipo de instituição que, além de ter a responsabilidade de proteger e guardar peças de importância científica e cultural (os acervos) para gerações futuras, tem um enorme potencial para atuar na educação e divulgação do conhecimento científico. É desnecessário alocar exemplos do apoio que os países verdadeiramente comprometidos com o desenvolvimento científico e cultural de sua população dispendem para os seus museus de história natural. Internacionalmente, esse apoio tem aumentado bastante, sobretudo pelo fato do avanço de questões religiosas (como o criacionismo) sobre a pesquisa, em muitos casos procurando desacreditá-la junto à sociedade, impactando negativamente na questão de alocação de recursos. São as exposições, tanto permanentes como temporárias (estas vitais para a renovação do interesse na visitação, como também para possibilitar a informação das mudanças científicas ocorridas em uma determinada área), que acabam por proporcionar uma efetiva democratização do conhecimento científico (27).

Finalizando, apesar de uma inegável melhoria das condições para o desenvolvimento da paleontologia nacional nos últimos anos, existe, hoje em dia, uma "nuvem negra" sobre essa área de pesquisa que se não for dissipada (ou ao menos mitigada) poderá gerar perdas dos avanços alcançados nos últimos anos. Se isso ocorrer, temo que os emblemáticos 7:1 da última copa mundial de futebol acabem, comparativamente, sendo pouco para a questão do retrocesso da pesquisa e, mais uma vez, o nosso país perderá uma excepcional chance de se destacar no cenário científico mundial.

***Alexander Kellner** é professor titular do Laboratório de Sistemática e Tafonomia de Vertebrados Fósseis do Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e membro da Academia Brasileira de Ciências.*

REFERÊNCIAS

1. Kellner, A. W. A. "Problemas no mundo jurássico". *Ciência Hoje*, 55 (329): 52-53, 2015.
2. Vieira, M. "Campeão de público". *Veja Rio*: 82 (15/09/1999), 1999.
3. Kellner, A. W. A. & Campos, D. A. "Form, function, and the flight of the pterosaur - response". *Science*, 297: 2207-2208, 2002.
4. Wang, X.; Kellner, A. W. A.; Zhou, Z. & Campos, D. A. "Pterosaur diversity and faunal turn over in Cretaceousterrestrialeco systems in China". *Nature*, 437: 875-879, 2005.
5. Cabreira, S. F. et al. "New stem-sauropodomorph (Dinosauria, Saurischia) from theTriassic of Brazil". *Naturwissenschaften* 98: 1035-1040, 2011.
6. Mori, A. L. O.; Marques, J.C.; Souza, P.A. & Lopes, R.C. "A new U-Pbzircon age dating and palynological data from a Lower Permian section of the southern most Paraná Basin, Brazil: biochronostrati graphical and geochronological implications for Gondwana correlations". *Gondwana Research*, 21: 654-669, 2011.
7. Cisneros, J. C.; Abdala, F.; Atayman-Guven, S.; Rubidge, B. S.; Sengar, A. M. C. & Schultz, C. L. "Carnivorous dinocephalian from the Middle Permian of Brazil and tetrapod dispersal in Pangea". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, p. 10.1073/pnas.11, 2012.
8. Pferrerkorn, H. W.; Alleman, V. &Iannuzzi, R." A green house interval between icehouse times: climate change, long-distance plant dispersal, and plate motion in the Mississipian (late Visean - earliest Serpukhovian) of Gondwana. *Gondwana Research* 15: 1338-1347, 2014.
9. Carvalho, I. S. et al. "A Mesozoic bird from Gondwana preserving feathers". *Nature Communication*, 6: 7141-7146, 2015.
10. Simões, T. R.; Wilner, E.; Caldwell, M.W.; Weinschütz, L.C. & Kellner, A.W.A. "A stemacrodontanlizard in the Cretaceous of Brazil, revises earlylizar devolution in Gondwana". *Nature Communication* 6:8149, 2015.
11. Caminha, S. A. F. da & Leite, F. P. R.. "Microfósseis: pequenos organismos que geram grandes informações sobre o passado do planeta". *Ciência& Cultura*, vol.67, no.4, 2015.

12. De Souza, J. M. "Paleobotânica - o que os fósseis vegetais revelam?" *Ciência & Cultura*, vol.67, no.4, 2015.
13. Gallo. V. "O estado da arte sobre a ictiofauna mesozoica do Brasil". *Ciência & Cultura*, vol.65, no.4, 2015.
14. Kellner, A. W. A. "O estudo dos répteis fósseis - cresce a contribuição da ciência brasileira". *Ciência & Cultura*, vol.67, no.4, 2015.
15. Soares, M. B. "Cinodontes brasileiros revelam os primeiros passos na evolução dos mamíferos". *Ciência & Cultura*, vol.67, no.4, 2015.
16. Sayão, J.M. &Bantim, R. "A paleontologia do século XXI: novas técnicas e interpretações". *Ciência & Cultura* vol.67, no.4, 2015.
17. Simões, T. R. & Caldwell, M.W. "Fósseis e legislação - breve comparação entre Brasil e Canadá". *Ciência & Cultura*, vol.67, no.4, 2015.
18. Lopes, R.J. "Cobra com quatro patas viveu no Ceará há 120 milhões de anos". *Folha de S. Paulo*, 23/07/2015 http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2015/07/1659491-cobra-com-quatro-patas-viveu-no-ceara-ha-120-milhoes-de-anos.shtml.
19. Documentário *Peixeiros - a história do tráfico de fósseis no Cariri*. TV Natureza Cariri, https://www.youtube.com/watch?v=hjqvD50BhWI, capturado em 06/10/2015.
20. Congresso Brasileiro de Paleontologia - Mesa Redonda sobre Proteção dos Depósitos Fossilíferos. (https://www.youtube.com/watch?-v=8ZWMXvLhA2U; capturado em 06/10/2015).
21. Grandelle, R. "SOS Dinossauros: sem recursos, paleontologia nacional corre perigo de extinção". *O Globo*, 02/01/2015 (http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/sos-dinossauros-sem-recursos-paleontologia-nacional-corre-perigo-de-extincao-14950400, capturado em 06/10/2015).
22. Lopes, R. J. "Cientistas `caçadores de dinossauros´ pedem mais verba ao governo federal". *Folha de S. Paulo*, 07/02/2015 (http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2015/02/1586540-cientisas-cacadores-de-dinossauros-pedem-mais-verba-ao-governo-federal.shtml, capturado em 06/10/2015).
23. Kellner, A. W. A. "SOS dinossauros". *Ciência Hoje On-Line* (13/02/2015), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2015. (http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/cacadores-de-fosseis/sos-dinossauros, capturado em 06/10/2015).
24. Pivetta, M. "Nas asas do passado". *Pesquisa Fapesp*, 232: 22-27, 2015 (também disponível on-line - http://revistapesquisa.fapesp.br/2015/06/16/alexander-wilhelm-armin-kellner-nas-assas-do-passado/).
25. Poppy, G. "Science must prepare for impact". *Nature*, 526: 7, 2015.
26. Kellner, A. W. A. "Exemplos de exposições de geologia e paleontologia e a divulgação da ciência". In: Massarani, L. (Ed.). *Ciência & Criança: a divulgação científica para o público infanto-juvenil*, p.71-75, 2008.
27. Kellner, A. W. A. "Museus e a divulgação científica no campo da paleontologia". Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, 28(1): 116-130, 2005.

MICROFÓSSEIS: PEQUENOS ORGANISMOS QUE GERAM GRANDES INFORMAÇÕES SOBRE O PASSADO

Silane A. F. da Silva Caminha
Fátima Praxedes R. Leite

Microfósseis podem ser organismos inteiros ou partes deles, como por exemplo carapaças ou placas, que se preservaram por processos geológicos. Os que formam carapaças são separados pelo tipo de composição química. Podem ser **carbonáticos**, cuja carapaça é formada por carbono (C) e oxigênio (C) associado a um outro elemento principalmente ao cálcio (Ca); ou **silicosos**, compostos por elementos de silício (Si) e oxigênio (O).

O tamanho varia conforme o grupo estudado de alguns milésimos de milímetro a poucos centímetros. Para observá-los é necessário o uso de equipamentos como microscópios e lupas que ampliam o tamanho original em 10, 100 ou até 2000 vezes.

O nome microfósseis é usado, então, para definir o grupo de diminutos organismos que viveram no passado e o conjunto de deles é estudado pela micropaleontologia.

A classificação que organiza os microfósseis em categorias pode ser artificial, ou seja, sem que haja uma relação de parentesco entre eles ou natural, com relações de parentesco. Os palinomorfos, objeto de estudo da palinologia, formam um grupo artificial. Isso ocorre porque eles são isolados por um método de preparação química que elimina a poção carbonática e de silicatos e concentra matéria orgânica. Significa dizer que todos os pequenos fósseis mineralizados são destruídos durante a preparação e todos os de parede orgânica são preservados. Estruturas de plantas vasculares (angiospermas, gimnospermas e pteridófitas), algas, fungos, cistos de protistas, parte orgânica de foraminíferos e restos de pequenos animais são comumente recuperados por possuírem parede orgânica. Devido a essa natureza heterogênea dos palinomorfos, eles são categorizados em grupos menores de acordo com critérios morfológicos (1).

Aqui apresenta-se alguns grupos organizados por reinos de acordo com o sistema de classificação natural.

Os representantes do reino Monera apresentam células sem núcleo organizado. As cianobactérias são um exemplo e estão presentes no registro fóssil desde 3,5 bilhões de anos e representam, por isso, o mais antigo registro de vida celular no planeta. Elas são células que podem agrupar-se em longos filamentos ou em finas camadas. Vivem em ambientes aquáticos e alguns inóspitos, com temperaturas extremas, por exemplo. Quando fragmentos inorgânicos ficam aprisionados em níveis ricos em cianobactérias formam os estromatólitos, estruturas laminadas que formam rochas muito comuns no final

do Pré-cambriano. Algumas cianobactérias juntamente com outras algas de afinidade desconhecida são agrupadas dentro dos Acritarcas. Elas foram os primeiros seres a realizar fotossíntese, processo que transformou completamente a atmosfera primitiva tornando-a rica em oxigênio e permitindo que a vida evoluísse posteriormente até tornar-se o que hoje conhecemos (2; 3).

No reino Protista todos organismos são eucariotas, ou seja, têm células com núcleo organizado. Podem ser unicelulares ou multicelulares, mas sem tecidos especializados. Os mais antigos foram encontrados na China e datam 1,8 bilhão de anos, ou seja, só depois de quase 2 bilhões de anos do primeiro registro de procariotas do reino Monera (4). Dentre os protistas, destacam-se para a micropaleontologia alguns grupos como descrito abaixo.

Os **dinoflagelados** são algas unicelulares, em sua maioria marinhas que possuem flagelos e alguns são fotossintetizantes. Eles são preservados no registro fóssil devido à parede interna orgânica sendo, por isso, considerado como palinomorfos marinhos (5). Com avanço da exploração de petróleo em seções marinhas brasileiras, o estudo de dinoflagelados se fortaleceu nos anos 1970 e 1980. Desde então, tornou-se um dos principais grupos de microfósseis analisados em bacias da margem continental brasileira (6). Os dinoflagelados surgiram no final do Triássico e se tornaram abundantes e com alta diversidade no Cretáceo, sendo por isso, usados como fósseis guias das principais seções cretáceas marinhas. Muitas delas com alto potencial petrolífero (7).

Os **foraminíferos** são uma classe de protistas amebóides. Normalmente têm uma carapaça ou testa exterior com uma ou várias câmaras, feitas de sílica, carbonato de cálcio ou partículas de sedimento aglutinadas. Seus pseudópodos formam uma fina rede externa para a captura de alimentos. São geralmente aquáticos, principalmente marinhos, e a maioria das espécies vivem sobre ou dentro do sedimento do fundo do mar, com um pequeno número de espécies pelágicas de várias profundidades. As formas mais antigas vêm desde o Cambriano (8).

Os **nanofósseis calcários** agrupam os elementos de composição carbonática formado pelos cocólitos, placas calcárias dos coccolitoforídeos, e outros grupos não identificados. Coccolitóforídeos são algas unicelulares com um esqueleto externo, planctônicos e exclusivamente marinhos. Elas podem ser encontradas em grandes quantidades por toda a zona onde a luz solar alcança dentro do oceano (9). Estes e os foraminíferos, juntamente com outros organismos que possuem carapaça com carbonato de cálcio, são responsáveis pela formação de extensos depósitos de rochas carbonáticas de origem biogênica.

Outros protistas tais como **radiolários** e algumas **diatomáceas** se diferem dos anteriores por terem o corpo protegido por uma carapaça formada por sílica. A sílica é mais resistente ao processo de dissolução em altas profundidades e, por isso, são os principais elementos encontrados em sedimentos de mares profundos, onde a pressão é tão alta que dissolve o a carapaça formada por carbonato.

Já os **ostracodes**, diferentemente dos outros grupos descritos acima, são invertebrados e, portanto, animais. Eles possuem duas valvas quitinosas impregnadas por carbonato articuladas na região dorsal. Seu tamanho varia de 0,1 a 32 mm. Existem aproximadamente 20.000 espécies viventes habitando mares, lagos e rios. Algumas espécies são adaptadas a um modo de vida semiterrestre em solos úmidos e folhas em decomposição. Devido à sua alta taxa de especiação e à capacidade de preservação, são utilizados em bioestratigrafia e reconstruções ambientais. Estudos de elementos-traços e isótopos estáveis da carapaça desses animais podem indicar variações climáticas principalmente dos períodos glaciais e interglaciais que ocorreram no globo nos últimos milhares de anos. A origem do grupo está bem documentada desde o Ordoviciano (10;11;12).

Com hábito aquático, predominante marinho, os microfósseis acima dão informações somente sobre esses ambientes. Existe, no entanto, um grupo exclusivamente terrestre que são os grãos de pólen e esporos.

OS MICROFÓSSEIS REPRESENTAM UMA FERRAMENTA MUITO IMPORTANTE PARA O ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA VIDA

Os grãos de pólen e esporos são células reprodutivas de plantas superiores e inferiores, respectivamente. Eles possuem uma proteção orgânica externa muito resistente composta por esporopolenina que se fossiliza facilmente desde que não haja oxidação no ambiente de deposição. Sua dispersão pode ser pelo vento, água e com auxílio de polinizadores como pássaros e insetos. A morfologia dos grãos de pólen e esporo é variada podendo ser diferenciada por simetria, abertura e ornamentação. Através do estudo das características morfológicas é possível identificar a família da planta que o produziu e, assim, obter dados sobre o habitat e hábito e, consequentemente, inferir sobre o ambiente onde vivia (1).

Pela sua diversidade, abundância e ampla distribuição geográfica, os microfósseis, de maneira geral, representam uma ferramenta muito importante para o estudo da evolução da vida nas diferentes etapas do planeta ao longo do tempo geológico. Por essa razão são usados, muitas vezes, como a única ferramenta para estabelecer a idade de rochas sedimentares. A indústria do petróleo, por exemplo, utiliza a distribuição temporal de diversos tipos deles para datar camadas e encontrar níveis ricos em petróleo e gás em suas prospecções. No Brasil, estudos micropaleontológicos foram muito úteis para a descoberta de petróleo e gás e mais recentemente do pré-sal, um dos sistemas petrolíferos mais conhecidos, e estima-se que com esse achado a reserva de petróleo e gás aumentará nos próximos anos, incrementando também o poder econômico do país (13).

Os microfósseis habitaram os mais diferentes ambientes da Terra e cada um deles foi ocupado por grupos e formas específicas. Devi-

Fátima Leite

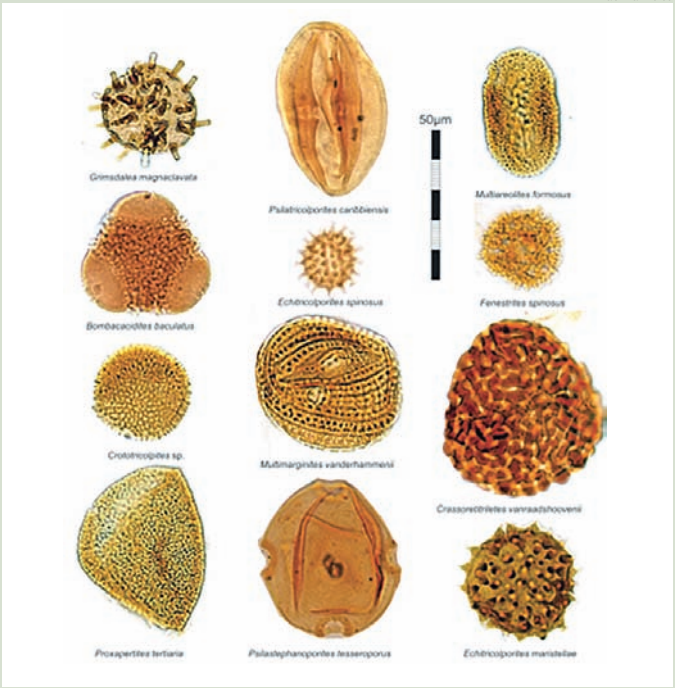


Figura 1: Grãos de pólen e esporo (*Crassoretitriletes vanraadshoveni*) usados para definir ambiente e determinar idade das rochas na Amazônia

do a isso, o estudo micropaleontológico associado, algumas vezes, a métodos isotópicos nos dá informações do paleoclima, salinidade, profundidade de mares antigos, disponibilidade de nutrientes e composição e diversidade da biota do passado (14).

ESTUDO DE CASO: A AMAZÔNIA HÁ MILHÕES DE ANOS ATRÁS Rochas sedimentares presentes na Amazônia são registros da história daquela região. Há mais de 30 anos um projeto milionário financiado pelo governo federal perfurou em 84 testemunhos de sondagem com profundidade variando de 50 a 411 metros, totalizando um pouco mais de 14 quilômetros de rocha. O objetivo dessa exploração era conhecer a disponibilidade e qualidade do carvão da região, pois níveis com carvão são bem comuns na região de fronteiras entre Brasil, Colômbia e Peru.

Uma comparação a ser feita quando se trabalha com rocha em subsuperfície é com uma máquina do tempo. Quanto mais profundo for perfurado a rocha, maior a chance de se encontrar intervalos mais antigos e, consequentemente, mais antigo é o "lugar" que se visita. O estudo micropaleontológico dessas seções permitiu acessar informações sobre a idade aproximada daquelas rochas e sobre o ambiente em que elas foram formadas.

Sobre a idade das rochas, elas variam entre 23 milhões a 3 milhões de anos atrás em período conhecido como Neógeno. A idade é estabelecida por meio da associação de grãos de pólen e esporos. Muitos deles têm seu primeiro aparecimento bem conhecido em outras localidades da América do Sul e alguns deles já se extinguiram, como é o caso da *Grimsdalea magnaclavata* (Figura 1).

A reconstrução paleoambiental do Neógeno da Amazônia mostra 3 tipos ambientes diferenciados pela composição palinológica, são eles: o de **planície de inundação** representado por grãos de pólen de árvores, arbustos de Malvaceae e Euphorbiaceae principalmente, lianas e samambaias típicas de florestas tropicais úmidas. O de **pântanos**, composto por grãos de pólen de palmeiras, gramíneas e samambaias típicas de ambiente pantanoso e de **lagos**, representado pela presença de gramíneas, plantas herbáceas de Asteraceae e muitas algas de ambientes de água doce (15). A figura 1 mostra a diversidade de formas de grãos usados como marcadores ambientais e de idade.

Outros microfósseis usados para inferir o ambiente naquela região são os ostracodes. Algumas modificações morfológicas na carapaça deles indicaram mudanças na salinidade em alguns intervalos, fato confirmado também pela presença de foraminíferos e dinoflagelados, sugerindo que em determinados momentos a Amazônia foi coberta por água do mar ocasionada principalmente pelo aumento do nível global do mar (16). Esses episódios de entrada de água marinha podem explicar porque nos rios da Amazônia, atualmente, encontra-se espécies de origem marinha como peixe-boi, botos e arraias. Esse é um dos exemplos de como eventos ocorridos no passado afetam, e muito, o que conhecemos do presente.

CONCLUSÕES Aqui apresentou-se as características de diversos grupos de microfósseis e suas aplicações no entendimento de ambientes do passado e como a indústria do petróleo utiliza essas informações para datar camadas com potencial para geração de óleo e gás.

A escolha do grupo de microfósseis a ser estudado é feita levando-se em conta o tipo de ambiente que se pretende estudar (marinho ou continental), idade estimada da rocha (bilhões, milhões ou milhares de anos), tipo de amostra (alta ou baixa oxidação).

Silane A. F. da Silva Caminha *é palinóloga, professora e responsável pelo Laboratório de Paleontologia e Palinologia do Departamento de Geologia Geral da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). Atualmente ocupa o cargo de coordenadora pró-tempore do curso de geologia.*
Fátima Praxedes R. Leite *é palinóloga, bolsista PNPD do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFMT e pesquisadora do Laboratório de Paleontologia e Palinologia da UFMT.*

NOTA E REFERÊNCIAS

1. Traverse, A. *Paleopalynology*. Springer. 2008
2. Biello, D. *Scientific American*, 9. 2009
3. Schopf, W. *Life's origin: the beginnings of biological evolution*. University of California Press. 2002A
4. Prothero, D. *Bringing fossils to life: an introduction to Paleobiology*. Columbia University Press. 2013).
5. Lana, C.; Beurlen, G. *Anuário do Instituto de Geociências*. 30 (1) 2007
6. Arai, M.; Lana, C. *Boletim de Geociências Petrobrás*, 12, 175-189. 2003.

7. Arai, M. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, 63(3). 2005
8. Zerfass, G.; Andrade, E. *Terrae Didatica* 3(1). 2008.
9. Guerra, R. M.; Tokutake, L. R.. *Terrae Didatica* 7(1). 2011.
10. Horne, D.; Holmes, J.; Rodriguez-Lazaro, J.; Viehberg, F. *Developments in Quaternary Sciences*, 17, 2-323. 2012.
11. Almeida, C.M. "Taxonomia, distribuição estratigráfica e paleocologia de ostracodes do Cretáceo superior, Coniaciano, ao Mioceno da bacia de Santos, margem continental sul do Brasil". Tese doutoramento, UnB. 2009
12. Horne, D.; Holmes, J.; Rodriguez-Lazaro, J.; Viehberg, F. *Developments in Quaternary Sciences*, 17. 2012
13. Riccomini, C.; Santa'Anna, L. G.; Tassinari, C.C.. *Revista USP*, 95. 2012.
14. Rodrigues, G. B. e Fauth, G. *Terrae Didatica,* 9, 34-49. 2013
15. Jaramillo, C. et al. "The origin of the modern Amazon rainforest: implications of the palynological and paleobotanical record". *In: Amazonia: landscape and species evolution.* Wiley-Blackwell. 2011.
16. Linhares, A. P. et al. *Geología Colombiana*. 36 (1) - Edición Especial. 2011
17. *The Archean World,* Peter Sawyer, Smithsonian Institute: http://ocean.si.edu/slideshow/ocean-throughout-geologic-time-image-gallery
18. Os autores agradecem ao Programa de Pós Graduação em Geociências, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, *campus* Cuiabá. Ao CNPq pelo apoio à pesquisa (processo no. 476020/2013-1). Ao dr. Cláudio Magalhães, especialista em ostracodes, pela ajuda com a descrição dos pequenos crustáceos.

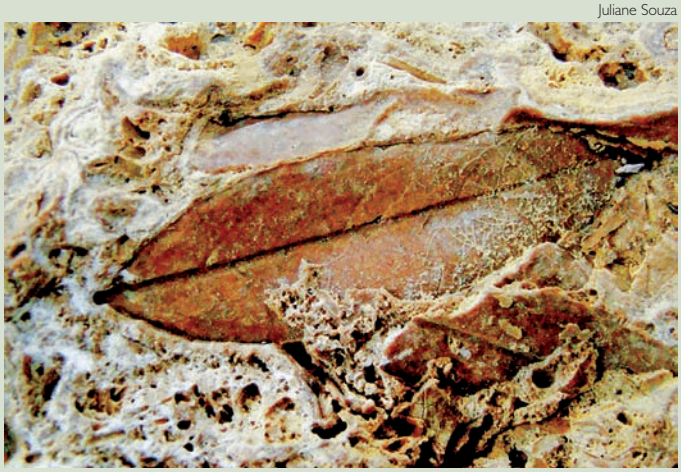
PALEOBOTÂNICA: O QUE OS FÓSSEIS VEGETAIS REVELAM?

Juliane Marques-de-Souza

A paleobotânica é uma área da paleontologia que, como tal, articula saberes de outras áreas do conhecimento, tais como a biologia e a geologia, para localizar, analisar e interpretar registros de organismos vegetais em rochas sedimentares formadas há milhares ou milhões de anos atrás. Para compreender, por exemplo, as dinâmicas ambientais que contribuíram para tamanha diversidade da flora atual, ou mesmo as novidades evolutivas associadas à saída do ambiente marinho e à conquista do ambiente terrestre, é preciso olhar para o passado. As rochas sedimentares são como fotografias desse passado e guardam com elas as memórias daquele tempo. Os paleontólogos e aqui, especificamente, os paleobotânicos são os profissionais treinados para olhar para essas rochas e decifrar seus registros, quando esses se referem a organismos do reino vegetal. De maneira geral, pode-se dizer que os paleobotânicos são como historiadores das plantas que buscam organizar a complexa pintura da história do reino vegetal (1).

Os restos vegetais fossilizados, objetos de estudo da paleobotânica, podem ser categorizados em macrofósseis e microfósseis vegetais (2). De maneira geral, pode-se dizer que o primeiro é representado por restos ou vestígios de estruturas vegetais macroscópicas, ou seja, visíveis a olho nu, tais como as folhas, os ramos, os lenhos, as sementes, as flores, os frutos, entre outras. O último é representado por estruturas microscópicas como grãos-de-pólen, esporos, cutículas etc, cuja visualização depende de aparelhos de magnificação como os microscópios e as lupas.

Juliane Souza



Exemplo de folha fóssil preservada na forma de impressão/ compressão

Nas últimas décadas, o estudo do registro fóssil associado aos estudos morfológicos e moleculares realizados em plantas atuais tem contribuído sobremaneira na compreensão da evolução da vida desde a proposição da teoria da seleção natural por Darwin (3). Contudo, mesmo diante de muitas gerações de pesquisadores que se dedicaram e se dedicam ao estudo das plantas fósseis, estas, diferentemente dos vertebrados (principalmente dos dinossauros), não são amplamente conhecidas pela população.

Mesmo dentre os estudantes de biologia ou geologia, seu potencial científico é muitas vezes desconhecido. Nos currículos escolares, e até mesmo no ensino superior, esse conteúdo é frequentemente negligenciado, mesmo persistindo o estudo da disciplina de botânica. E, se conteúdos como anatomia e morfologia vegetal de plantas atuais são elementos contidos no currículo, então o conhecimento sobre a paleobotânica passa a ser também fundamental para a compreensão lógica desses conceitos (4), visto que a paleobotânica, em suas várias formas, permanece como o único método pelo qual a história dos grupos vegetais pode ser visualizada e documentada (5).

A PALEOBOTÂNICA NA PRÁTICA Sabe-se, hoje, que as plantas foram as responsáveis por "preparar" o ambiente terrestre para que a evolução da vida animal fosse possível, contribuindo, por exemplo, com a oxigenação da atmosfera primitiva (6;7). Já se conhece o momento na história da vida na Terra em que os grandes grupos vegetais se originaram, o momento da máxima diversificação desses grupos e, em alguns casos, quando eles foram extintos (8). No entanto, não somente aos estudos evolutivos serve a paleobotânica.

Uma das primeiras e mais difíceis tarefas dos paleobotânicos está no reconhecimento e na reconstrução dos próprios organismos vegetais. Isso porque a maior parte do registro fóssil de plantas contém restos desarticulados desses organismos, ou seja, folhas desconectadas de ramos, ramos desconectados de caules e estruturas reprodutivas dispersas (frutos, sementes, grãos de pólen e esporos). Diante desse cenário, muitos pesquisadores dedicam-se anos a recompor esses organismos. Para isso, buscam nos registros amostras que contenham partes conectadas e, como um grande quebra-cabeça, reconstroem a planta em sua totalidade.

Um exemplo bem sucedido de reconstrução vegetal é o da *Glossopteris*. A flora *Glossopteris* é indicadora global de um momento específico da história da Terra em que os continentes estiveram unidos em uma única massa continental chamada Pangea. Em depósitos formados no período Permiano, em países como Brasil, Índia, Austrália e África do Sul e na Antártica é possível encontrar abundantes registros de partes representantes dessa flora. E, em virtude da sua importância na compreensão da evolução do reino vegetal, muitos pesquisadores do mundo dedicam-se ao estudo desse material. Essa abundância de registro associada ao esforço coletivo no estudo dessa planta permitiu, já em 1977, a primeira proposição da organização estrutural da *Glossopteris* (9).

Outro aspecto a se destacar é que a preservação de restos vegetais, assim como de outros organismos, depende da sua resistência à decomposição, ao transporte e a fatores físicos e químicos associados à transformação desse organismo em um fóssil (fossildiagênese). Assim, ela varia enormemente dependendo da estrutura do órgão vegetal e do tipo de ambiente ao qual foi exposto (10). Comparativamente, lenhos lignificados e grãos de pólen, estes últimos em virtude da presença da esporopolenina, tendem a ser mais resistentes ao transporte e ao retrabalhamento do que folhas as quais, dependendo da espécie, podem ser mais delicadas, porém normalmente são produzidas em abundância pelas "plantas-mãe" (11). Um depósito fossilífero contendo registro dessas estruturas menos resistentes ou de plantas preservadas em posição de vida são excelentes indicativos do local em que esses organismos viviam.

Juliane Souza

Diásporos/ sementes fósseis mineralizadas

Portanto, uma vez preparados para identificar e interpretar esses registros, os paleontólogos são capazes de, por vezes, sugerir reconstruções paleoambientais e compreender como as paisagens evoluíram ao longo dos milhões de anos de existência das plantas na Terra. Um caso interessante para exemplificar a aplicação da paleobotânica em reconstruções paleoambientais é o estudo desenvolvido por pesquisadores russos com o espécime de mamute pleistocênico (*Mammuthus primigenius* Blumenbach, 1799) apelidado de "Yuka", descoberto em 2010 na Sibéria. Por meio da análise de grãos de pólen e de macrofósseis vegetais, encontrados na mesma área de onde o espécime de mamute foi coletado, os pesquisadores reconstruíram a vegetação à época sugerindo tratar-se de um mosaico tundra-estepe combinado com prados enriquecidos por vegetação de estepe (12).

A biologia e a ecologia de muitos grupos vegetais do passado também podem ser conhecidas a partir das análises desses registros fósseis. Estruturas caulinares lignificadas, por exemplo, sugerem resistência e crescimento secundário (altura); o tamanho do limbo foliar pode sugerir, entre outras coisas, a posição no estrato florestal; a presença de estruturas reprodutivas aladas

pode dar indícios da sua estratégia de dispersão. E, o conjunto dessas informações permite reconstruir os ambientes ou a biologia de grupos que há muito deixaram de existir. Vale ressaltar, por outro lado, que essa tarefa não é simples e acaba tornando-se mais difícil justamente quando se trata de grupos que não apresentam representantes vivos atuais (13).

A descoberta de uma floresta de esfenófitas do tipo *Calamites* Suckow, 1784, preservada em posição de vida, é um exemplo recente da aplicabilidade ecológica dos estudos paleobotânicos. Tendo sido encontrados em depósitos sedimentares do Carbonífero superior do Reino Unido, os quais foram interpretados como provenientes de ambientes de planície costeira com influência marinha, as mais de uma centena de espécimes sugerem certa tolerância desse grupo de plantas a ambientes salinos. Essa tolerância pode ser observada a partir de sucessivos registros de recolonização, por meio da produção de uma regeneração adventícia após uma série de episódios de incursões salobras no ambiente de vida desses organismos (14).

Por fim, um último exemplo da aplicação da paleobotânica, escolhido dentre tantos outros que não foram abordados neste artigo, é na paleoclimatologia. Da mesma maneira que a partir dos registros fósseis vegetais é possível reconstruir um ambiente, é também possível reconstruir o clima do planeta no passado, bem como reconhecer suas mudanças ao longo do tempo.

As plantas são excelentes indicadores das condições climáticas às quais foram submetidas em vida. Isso porque além de serem sensíveis às modificações climáticas em escala continental (15), algumas estruturas morfo-anatômicas específicas evidenciam mecanismos de sobrevivência em diferentes condições de umidade, incidência solar, temperatura, entre outros. A densidade de estômatos presentes na superfície foliar, por exemplo, é utilizada para inferir mudanças nas concentrações atmosféricas de CO_2 em diferentes períodos geológicos (16). Ou, a ocorrência de paleoincêndios, que também fica marcada no registro fóssil vegetal, por ser importante indicadora das mudanças climáticas ocorridas no passado (17), tem sido ferramenta para proposições relacionadas às alterações nos níveis de oxigênio atmosférico global (18) ao longo da história da Terra.

Assim, longe de tentar abordar neste artigo todas as aplicações e interfaces da paleobotânica, o que se pretendeu foi dar ao leitor uma visão ampla da complexidade dessa disciplina e o quanto ela pode contribuir na compreensão da dinâmica ambiental terrestre. Diante do exposto, fica evidente que as mudanças no reino vegetal, ao longo da história da vida na Terra, guardam ainda muitas surpresas, as quais serão conhecidas pouco a pouco, à medida que os estudos avancem.

***Juliane Marques de Souza** é bióloga, doutora em geociências, na área de concentração da paleobotânica, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professora da Universidade Estadual de Roraima (UERR), sendo professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências no qual atua na linha de divulgação científica.*

REFERÊNCIAS

1. Taylor, T.N.; Taylor, E.L. & Krings, M. *Paleobotany: the biology and evolution of fossil plants*. 2 ed. Editora Elsevier. 2009.
2. Martin, R. E. *Taphonomy: a process approach*. Reino Unido: Cambridge. (Cambrige Paleobiology Serie; 4), 1999.
3. Willis, K. J. & McElwain, J. C. *The evolution of plants*. New York: Oxford University Press. 2002
4. Giebel, K. P. "Plant fossils in the laboratory". Disponível em: http://www.ableweb.org/volumes/vol-3/9-giebel.pdf
5. Taylor, T.N.; Taylor, E.L. & Krings, M. Op.cit., p. 2.
6. Spicer, R. A. "Plant taphonomic process". *In:* Allison, P. A. & Brigs, D. E. "Taphonomy: realeasing the data locked in the fossil record". *Topics in Geobiology*. New York: Plenum Press. 1999, p.71-95.
7. Gensel, P. "Introduction". *In:* Gensel, P. & Edwards, D. *Plants invade the land: evolutionary and environmental perspectives*, 2001, p.1.
8. Taylor, T.N.; Taylor, E.L. & Krings, M. O.cit.
9. Gould, R. E. & Delevoryas, T. "The biology of *Glossopteris*: evidence form petrified seed-bearing and pollen-bearing organs". *Alcheringa* 1: 387 – 399, 1977.
10. Spicer, R. A. Op. cit., p.76.
11. Martin, R. E. Op. cit., p.93.
12. Rudaya, N.; Protopopov, A.; Trofimova, S.; Plotinikov, V.; Snezhana, Z. "Landscape of the 'Yuka' mammoth habitat: a palaeobotanical approach". *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2015, 214, pp. 1–8.
13. Iannuzzi, R. & Vieira, C. E. L. *Paleobotânica*. Editora da UFRGS, 2005
14. Falcon-Lang, H. J. "A calamitalean forest preserved in growth position in the Pennsylvanian coal measures of South Wales: implications for palaeoecology, ontogenyand taphonomy". *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2015, 214: 51–67.
15. Guerra-Sommer, M. & Pires, E. T. "Conceitos e perspectivas". *In:* Carvalho, I. S (org.) *Paleontologia: paleovertebrados, paleobotânica*. Volume 3. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, pp. 217-218.
16. Schmidt, I. D.; Guerra-Sommer, M.; Bernardes-de-Oliveira, M. E. "Variation in stomatal numbers of *Glossopteris* leaves from the lower Permian of Paraná Basin, Brazil". *Revista Brasileira de Paleontologia* 14(2): 137-148, maio/agosto 2011.
17. Jasper, A.; Guerra-Sommer, M.; Uhl, D.; Bernardes-de-Oliveira, M.E.C.; Ghosh, A. K.; Tewari, R. & Secchi, M. I. "Palaeobotanical evidence of wildfire in the upper Permian of India: macroscopic charcoal remains from the Raniganj formation, Damodar basin". *The Palaeobotanist*, 2012, 61: 75-82
18. Abu Hamad A. M. B.; Jasper, A.; Uhl, D. "The record of Triassic charcoal and other evidence for palaeo-wildfires: signal for atmospheric oxygen levels, taphonomic biases or lack of fuel?". *International Journal of Coal Geology*, 2012, (96-97):60-71

ESTADO DA ARTE SOBRE A ICTIOFAUNA MESOZOICA DO BRASIL

Valéria Gallo

A era Mesozoica foi um tempo geológico caracteristicamente quente e com os mais altos níveis oceânicos já registrados na história do planeta, com grande diversidade biológica, especialmente na paleofauna marinha. Com a ictiofauna não foi diferente, sendo extremante diversificada e abundante, incluindo formas filogeneticamente basais e avançadas de peixes Chondrichthyes e Osteichthyes. A maioria dos táxons de níveis de generalidade mais amplos da ictiofauna atual já estava presente nos paleoambientes marinhos mesozoicos, interagindo e afetando tanto os ecossistemas daquela época quanto os subsequentes. Naturalmente as ictiofaunas lacustre e fluvial também sofreram, porém em menor escala, o impacto das amplas mudanças que ocorriam nos mares, conhecidas em conjunto como Revolução Marinha do Mesozoico (1;2).

Os fatores que foram mais atuantes na diversificação da ictiofauna marinha mesozoica possivelmente abrangem as extinções em massa ocorridas no final do Permiano e início do Triássico, as rupturas continentais, a formação de inúmeros mares epicontinentais pelas crescentes transgressões marinhas e as flutuações do nível do mar com consequente formação de novos oceanos (2). Com isso, surgiram possibilidades de intercâmbio de componentes das ictiofaunas que viviam nas plataformas continentais da América do Sul e África, assim como nas recém-estabelecidas conexões entre o equatorial Mar de Tethys e o Oceano Atlântico.

Neste contexto, destaca-se o acervo ictiológico do Mesozoico brasileiro, constituído por material abundante, de relativa diversidade taxonômica e com um bom estado de preservação, com destaque para as bacias do Araripe, Pelotas, Grajaú e Sergipe-Alagoas. Esta diversidade inclui tanto táxons de Chondrichthyes (*e.g.*, as extintas Hybodontidae, Anacoracidae, Sclerorhynchidae e Rhombodontidae, além dos ainda viventes Lamnidae, Rhinobatoidea e Myliobatidae), como de Osteichthyes (*e.g.*, as extintas Semionotidae, Pycnodontidae, Aspidorhynchidae, Pleuropholidae, Cladocyclidae, Pachyrhizodontidae, Dercetidae, Enchodontidae e Mawsoniidae, além dos ainda viventes Lepisosteidae, Amiidae, Elopidae, Albulidae, Elopomorpha *incertae sedis*, Clupeomorpha, Clupeocephala *incertae sedis*, Gonorynchiformes, Euteleostei basal e Holocentridae). Diversos táxons possuem distribuição restrita a essa era, enquanto outros continuaram suas trajetórias evolutivas, com representantes atuais. Este material ictiológico provém tanto de afloramentos, quanto de testemunhos de sondagem. Como exemplo deste último, destaca-se o registro das primeiras ocorrências e descrições de peixes na formação Atlântida, efetuadas apenas na década de 1990 (3;4).

Paulo Brito

Figura 1: Holótipo de †*Stahlraja sertanensis* Brito, Leal & Gallo, 2013 (UERJ-PMB P 400), modificada de Brito *et al.* (5). Barra de escala = 20 mm

Recentemente, novos táxons de Chondrichthyes e Osteichthyes foram descritos para o Mesozoico brasileiro.

Uma nova raia-viola foi reconhecida na formação Santana, que representa o Cretáceo inferior da bacia do Araripe (nordeste do Brasil), e nomeada †*Stahlraja sertanensis* Brito, Leal & Gallo, 2013 (Figura 1) – os nomes dos táxons extintos são precedidos por uma cruz, indicando a sua condição fóssil.

Está preservada nas famosas concreções carbonáticas do Araripe. Além dessa raia, apenas uma outra havia sido registrada na formação Santana, †*Iansan beurleni* (Santos, 1968), porém ambas diferem claramente em várias feições morfológicas (5;6).

Um novo celacanto foi identificado na formação Codó, Cretáceo inferior da bacia do Grajaú (nordeste do Brasil) e nomeado †*Axelrodichthys maiseyi* Carvalho, Gallo & Santos, 2013 (Figura 2). Este peixe também está preservado em concreções carbonáticas, porém estas da formação Codó são menos expressivas do que as da formação Santana, mencionadas anteriormente. Além

Valéria Gallo

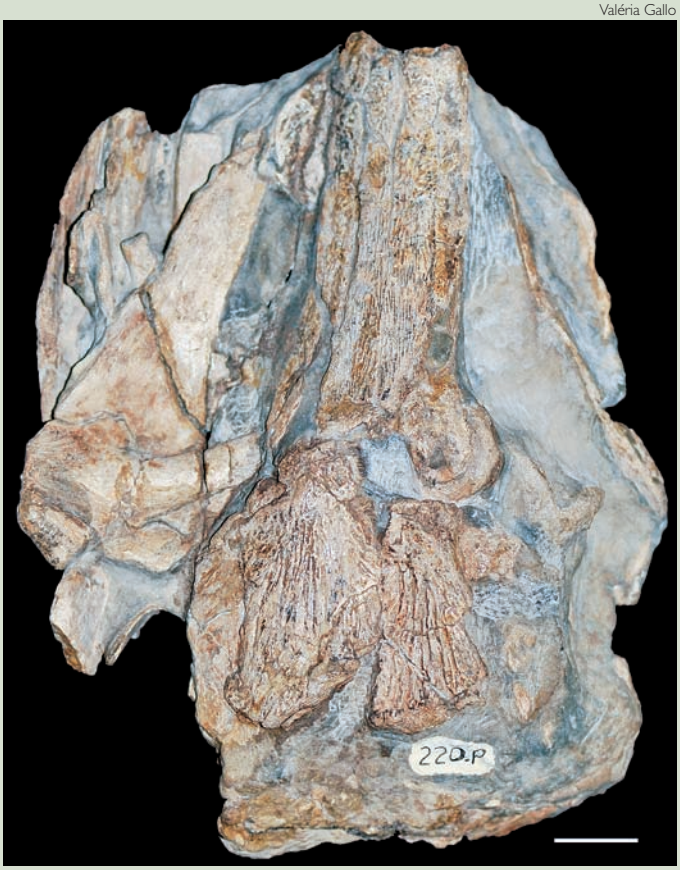


Figura 2: Holótipo de †*Axelrodichthys maiseyi* Carvalho, Gallo & Santos, 2013 (UFRJ-DG 220-P), modificada de Carvalho *et al.* (7). Barra de escala = 20 mm

disso, o gênero †*Axelrodichthys* também ocorre na bacia do Araripe, nas formações Crato e Santana, porém pertencendo a uma outra espécie: †*A. araripensis* Maisey, 1986. Ambas as espécies podem ser distintas por diversas caraterísticas morfológicas. Na verdade, as ictiofaunas das formações Crato e Santana podem ser correlacionadas com aquela da formação Codó, nas quais estão presentes os táxons extintos Semionotidae, Aspidorhynchidae, Cladocyclidae, Pachyrhizodontidae e Mawsoniidae, e os ainda viventes Amiidae, Albulidae, Chanidae e Characiformes. Some-se a essas ocorrências a presença de †*Axelrodichthys* no Cretáceo inferior e superior da África, ou seja, esse gênero estaria distribuído na Gonduana Ocidental.

Para a formação Atlântida, Cretáceo superior da bacia de Pelotas, foi proposta a espécie †*Parawenzichthys minor* Figueiredo, Gallo & Delarmelina, 2012, um pequeno euteleósteo proveniente de um testemunho de sondagem extraído de uma profundidade de cerca de 4.000 metros de sedimentos (8). Essa formação possui uma assembleia de peixes composta por tubarões lamniformes e diversos osteictes, dos grupos fósseis picnodontídeo, cladociclídeo, dercetídeo e enchodontídeo, e dos viventes clupeomorfo e holocentrídeo (9). Embora alguns estudos biogeográficos apontem para uma relação espaço-temporal dessa assembleia com aquelas de Marrocos e México (10; 11), †*P. minor* compartilha algumas similaridades morfológicas com *Wenzichthys congolensis* (Arambourg & Schneegans, 1935), proveniente da formação Cocobeach, Cretáceo inferior da bacia do Gabão (oeste da África).

Em adição a essas novas ocorrências, os peixes mesozoicos vêm sendo estudados mais recentemente no âmbito da biogeografia histórica, considerando que, no decorrer da era Mesozoica, a fragmentação terminal dos supercontinentes Gonduana e Laurásia e a formação dos oceanos Atlântico e Pacífico resultaram em reconhecidos eventos vicariantes. Estes eventos provavelmente influenciaram na constituição da biota marinha atual, bem como, em menor escala, nas ictiofaunas lacustre e fluvial.

Esses estudos biogeográficos estão sendo realizados para a compreensão do processo de abertura do Atlântico Sul, as possíveis conexões entre as diversas bacias marginais do leste brasileiro e oeste africano, e as prováveis ligações marinhas com as bacias sedimentares interiores do Brasil.

Neste contexto, destaco o estudo de Parméra *et al.* (12), que resultou na obtenção de padrões de distribuição da ictiofauna cretácica do intervalo Aptiano-Albiano, no Gonduana Ocidental, utilizando a análise de traços. Há um interessante padrão na bacia do Araripe, indicando a existência de duas biotas distintas: uma mais ao norte, denominada Araripe Setentrional; e outra ao sul, designada Araripe Meridional. Entre as duas biotas, existe uma interseção, na qual foi encontrada uma fauna exclusiva, indicando a presença de uma terceira biota com características próprias. Um outro padrão localiza-se no centro-norte do Gonduana Ocidental, sendo denominado Trans-Gonduana. Esse padrão indica uma similaridade entre a ictiofauna dos dois continentes e reconhece a quebra do Gonduana como o evento que as separou. Um outro padrão localiza-se no norte do Gonduana Ocidental, o qual representaria uma provável conexão marinha local (Conexão Marinha Nigeriana), originada através de transgressões marinhas, promovendo um intercâmbio das ictiofaunas através de ingressões marinhas e mares epicontinentais

***Valéria Gallo** é professora associada do Departamento de Zoologia, do Instituto de Biologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e atua no Laboratório de Sistemática e Biogeografia. Email:* gallo@uerj.br.

REFERÊNCIAS

1. Roy, K.. "Effects of the Mesozoic marine revolution on the taxonomic, morphologic, and biogeographic evolution of a group: aporrhaid gastropods during the Mesozoic". *Paleobiology, 20*(3): 274-296. 1994.
2. Gregory, F.J.. "Mesozoic marine revolution". *In*: *Encyclopedia of Life Sciences*. Chichester, John Wiley & Sons. 2002.

3. Figueiredo, F.J.; Gallo, V.; Santos, R.S. & Aires, J.R.. "Cretaceous fishes of the Pelotas basin, Brazil". *Journal of Vertebrate Paleontology*, *16*(3): 33A. 1996.
4. Gallo-da-Silva, V. & Figueiredo, F.J.. "*Pelotius hesselae*, gen. et sp. nov. (Teleostei: Holocentridae) from the Cretaceous (Turonian) of Pelotas basin, Brazil". *Journal of Vertebrate Paleontology*, *19*(2): 263-270. 1999.
5. Brito, P.M.; Leal, M.E.C. & Gallo, V.. "A new lower Cretaceous guitarfish (Chondrichthyes, Batoidea) from the Santana formation, Northeastern Brazil". *Boletim do Museu Nacional*, *Geologia*, *75*: 1-13. 2013.
6. Brito, P.M. & Seret, B.. "The new genus *Iansan* (Chondrichthyes, Rhinobatoidea) from the early Cretaceous of Brazil and its phylogenetic relationships". *In:* Arratia G. & Viohl G. (eds.). *Mesozoic Fishes-Systematics and Paleoecology*. München, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, p. 47-62. 1996.
7. Carvalho, M.S.S.; Gallo, V. & Santos, H.R.S.. "New species of coelacanth fish from the lower Cretaceous (Albian) of the Grajaú basin, NE Brazil". *Cretaceous Research*, *46*: 80-89. 2013.
8. Figueiredo, F.J.; Gallo, V. & Delarmelina, A.F.P.. "A new protacanthopterygian fish from the upper Cretaceous (Turonian) of the Pelotas basin, southern Brazil". *Cretaceous Research*, *34*: 116-123. 2012.
9. Gallo, V.; Figueiredo, F.J. & Coelho, P.M.. "Paleoictiofauna da formação Atlântida, Cretáceo superior da bacia de Pelotas, sul do Brasil". *In*: Gallo, V.; Brito, P.; Silva, H.M.A. & Figueiredo, F. (orgs.). *Paleontologia de vertebrados: grandes temas e contribuições científicas*. Rio de Janeiro, Interciência, p. 113-131. 2006.
10. Gallo, V.; Cavalcanti, M.J. & Silva, H.M.A.. "Track analysis of the marine palaeofauna from the Turonian (late Cretaceous)". *Journal of Biogeography*, *34*: 1167-1172. 2007.
11. Blanco, A.; Gallo, V.; Alvarado-Ortega, J.. "*Robertichthys riograndensis* from the lower Turonian (upper Cretaceous) Vallecillo Lagerstätte, NE-Mexico: description and relationships". *In:* Arratia G.; Schultze H.-P. & Wilson, M.V.H. (eds.). *Mesozoic Fishes 4-Homology and Phylogeny*. München, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, p. 389-397. 2008.
12. Parméra, T.C.C.; Gallo, V. &; Silva, H.M.A.. "Padrões de distribuição da ictiofauna aptiana-albiana com base no método pan-biogeográfico de análise de traços". *In:* IX Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, 2014, Vitória. *Paleontologia em Destaque - Edição Especial*, *Boletim de Resumos*. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 100. 2014.

O ESTUDO DOS RÉPTEIS FÓSSEIS – CRESCE A CONTRIBUIÇÃO DA CIÊNCIA BRASILEIRA

Alexander Kellner

Dentre os grupos de organismos encontrados como fósseis que mais se destacam por terem um grande apelo popular estão os répteis. Capitaneados pelos dinossauros, esse grupo é extremamente diversificado, incluindo formas relativamente conhecidas como os crocodilomorfos, as tartarugas, os lagartos e as serpentes, e também grupos mais raros e desconhecidos, como os rauissúquios (formas predadores com hábitos terrestres distantemente relacionados aos crocodilomorfos), os pterossauros (primeiros vertebrados a desenvolverem o voo ativo), os mosassauros (grupo de lagartos marinhos, alguns de porte gigantesco) e os rincossauros (espécies herbívoras que tinham uma projeção anterior no crânio que lembra um bico) (1).

Muito se aprendeu sobre esses vertebrados ao longo dos anos e hoje existem centenas de pesquisadores que se dedicam ao estudo dos répteis fósseis, também chamado de paleoherpetologia, cuja tendência é de alta em nível mundial.

Até pouco tempo, o conceito de Reptilia era bem diferente do de hoje e englobava os chamados "répteis mamaliformes", muito bem representados no Brasil através dos dicinodontes (formas herbívoras quadrúpedes, geralmente providas com um grande dente "canino" em cada lado do crânio [2]). No entanto, a maneira de classificação dos organismos mudou profundamente com o advento da sistemática filogenética – também conhecida como cladismo (3) – e afetou a composição do grupo Reptilia. Segundo essa metodologia, que, inclusive, vem se sofisticando cada vez mais (p. ex., 4), as classificações devem envolver agrupamentos que refletem com maior precisão a história evolutiva de um determinado grupo, que também é designado de clado. Desta forma, procura se estabelecer (ou reconhecer) apenas os grupos (clados) chamados de naturais (ou monofiléticos), que obrigatoriamente têm que incluir todos os descendentes derivados de um único ancestral. Ademais, a caracterização (ou diagnose) desse agrupamento se dá por características únicas (chamadas de sinapomorfias), que são compartilhadas apenas pelos membros de um determinado clado.

Voltando aos dicinodontes e formas afins (os "répteis mamaliformes"), eles são considerados sinápsidos (p. ex., 2) e, como tal, estão na linha evolutiva dos mamíferos e não na dos répteis. Ou seja, eles têm mais em comum com os mamíferos atuais do que com os répteis *stricto sensu* e, portanto, são excluídos de Reptilia. Da mesma forma, sabe-se que as aves são descendentes dos dinossauros, o que vem sendo fundamentado por uma série de achados. Uma vez que os grupos naturais têm que incluir todos os descendentes de uma linha-

gem, esses vertebrados plumados obrigatoriamente fazem parte do clado Reptilia, algo que pode ser considerado quase que consensual entre os pesquisadores, mas que ainda não é muito bem difundido e assimilado pelo público em geral.

O presente artigo irá enfocar o avanço das pesquisas sobre os répteis fósseis em nível mundial, destacando a crescente participação brasileira. Por limitação de espaço, serão abordados apenas três grupos de destaque: os dinossauros, os crocodilomorfos e os pterossauros. Ao final serão apresentadas algumas pesquisas recentes que envolvem temas ligados – mas não exclusivos – aos répteis fósseis, como também perspectivas para o desenvolvimento dos estudos paleoherpetológicos.

DINOSSAUROS Não é necessário enfatizar que dentre os organismos que mais recebem atenção do grande público estão os dinossauros (Figura 1). De uma forma geral, existe uma percepção equivocada que todo vertebrado de grande porte extinto seria um representante desses "répteis terríveis" – uma tradução livre para o termo Dinosauria (designação oficial do grupo). No entanto, como destacamos no início, existem diversos outros répteis que viveram, inclusive, durante o mesmo período dos dinossauros porém seguiram um caminho evolutivo independente e, por isso, não pertencem a esse grupo.

Para exemplificar o que faz do dinossauro um dinossauro, temos que procurar características únicas (as sinapomorfias, como mencionado acima) compartilhadas exclusivamente pelos membros desse grupo. Entre elas, destaca-se a presença de um orifício na região pélvica, denominada de acetábulo, onde se encaixa o fêmur. Ter essa região aberta (tecnicamente denominado de acetábulo perfurado) é uma das características que são encontradas apenas nos dinossauros. Em todos os demais vertebrados, como nos mamíferos, crocodilomorfos e lagartos, essa região é fechada por uma parede óssea. Até mesmo nas aves o acetábulo é perfurado, novamente confirmado a sua classificação dentro de Dinosauria e, desta forma, no clado Reptilia.

Não se sabe exatamente quando o primeiro dinossauro foi descoberto. Ao que consta, "ossos de gigantes extintos" foram relatados em escritos chineses muito antigos (5). Possivelmente poderiam se tratar de restos desses répteis, particularmente material encontrado na Mongólia (5), uma região extremamente rica em fósseis. Apenas por curiosidade, vale a pena registrar que no Brasil existem marcas feitas por indígenas ao lado de pegadas de dinossauros encontradas na Paraíba (5). Desta forma, existe uma grande probabilidade que essas populações nativas tenham se surpreendido não apenas pelas pegadas terem sido marcadas nas camadas endurecidas, mas, sobretudo, por pertencerem a animais de grande porte que eles não conheciam e que não estavam presentes na região.

Durante os séculos 17 e 18, diversos ossos de "grandes animais" extintos foram sendo encontrados e reportados mundo afora, porém não estudados em detalhe. O primeiro dinossauro descrito formalmente foi o *Megalosaurus* em 1824 a partir de fragmentos encontrados em rochas jurássicas da Inglaterra e que mais tarde foram

Alexander Kellner

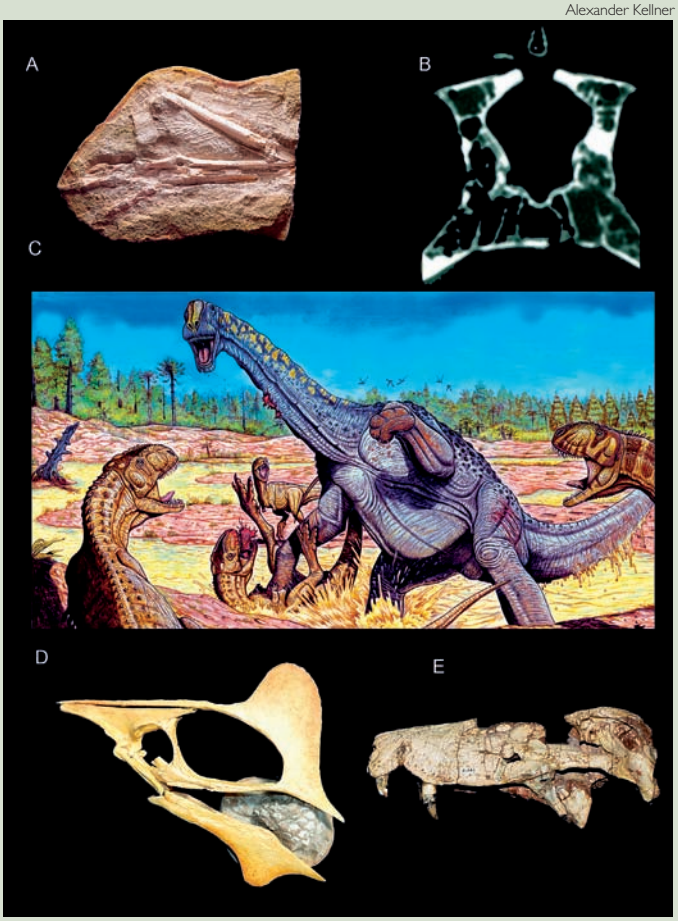


Figura 1: Alguns répteis fósseis encontrados no Brasil. A) membro posterior do dinossauro *Santanaraptor placidus*, que contém tecido mole preservado juntamente com os ossos; B) imagem de tomografia computadorizada mostrando a caixa craniana de um pterossauro (*Anhanguera* sp.); C) cena hipotética de um *Maxakalisaurus topai* sendo atacado por um grupo de *Pycnonemosaurus nevesi* (arte de Maurílio Oliveira); D) réplica de crânio e mandíbula de *Tapejara wellnhoferi*, um réptil alado tido como frugívoro, com um cone preservado em um nódulo calcário; E) crânio de *Barurusuchus pachecoi*, um crocodilomorfo que competia com dinossauros carnívoros

atribuídos a uma espécie carnívora (*Megalosaurus bucklandi* Mantell, 1827). O nome Dinosauria surgiu apenas anos depois, através do trabalho de Richard Owen (1804-1892) publicado em 1842 (6). Naquela época, eram apenas três espécies e que esse naturalista inglês corretamente identificou como sendo representantes de um grupo de répteis totalmente distinto daqueles que vivem hoje em dia. Estimativas de quantos dinossauros não-avianos foram descritos até hoje giram em torno de 1500 espécies, das quais menos de 1000 são consideradas válidas, já que muitas foram baseadas em ossos bastante fragmentados e pouco diagnósticos.

Pode-se dizer que em nível mundial existe uma grande tendência em sofisticar bastante a pesquisa dos dinossauros. Enquanto que no passado a ênfase estava na caracterização e descoberta de novas formas, atualmente existe uma maior preocupação com aspectos biológicos, numa tentativa de decifrar como esses animais viviam e funcionavam. Existe um esforço cada vez maior por parte dos pesquisadores em procurar entender, dentro das limitações naturais impostas pela pesquisa dos fósseis, os possíveis hábitos das espécies e até mesmo questões ligadas à sua fisiologia que envolvem, entre outros aspectos, as suas características externas como o revestimento do seu corpo. Para isso, tem-se empregado cada vez mais tecnologia e métodos elaborados (7).

Entre as pesquisas, chamadas de fronteira, referente aos répteis fósseis estão os trabalhos de tomografia computadorizada que procuram entender (ou mapear) os espaços vazios no esqueleto, incluindo o crânio, e oferecer modelos do tipo de tecido que os preenchia (8). Diversas são as contribuições do emprego dessa tecnologia de imagem (que também tem as suas variações de acordo como o equipamento e o material onde é empregada), variando desde aspectos fisiológicos (endotermia – ectotermia) até o posicionamento mais provável de órgãos internos. A análise tomográfica computadorizada de répteis fósseis e recentes forneceram até mesmo uma localização mais precisa das narinas externas dos dinossauros, que deveriam se posicionar mais na ponta do focinho do que as reconstruções reportavam até então. Sem contar com o estabelecimento do grau de pneumaticidade dos ossos do esqueleto, que, entre outros, influenciaram a reavaliação da estimativa de massa de diversas espécies.

Também o Brasil inicia, ainda que de forma tímida, pesquisa utilizando a tomografia computadorizada em répteis fósseis. Os resultados obtidos até o momento variam desde uma melhor compreensão da estrutura interna de vértebras (9) até a reconstrução da caixa craniana onde ficava alojado o cérebro (10).

Uma outra área da pesquisa dos dinossauros que tem evoluído bastante é o estabelecimento da relação de parentesco entre aves e um grupo de formas carnívoras (terópodes): os deinonicossauros. Apesar da descendência das aves a partir dos dinossauros ser uma ideia bem antiga, são os achados dos depósitos paleontológicos da China, particularmente de Liaoning, que têm fornecido as melhores evidências dessa relação (11). Entre as descobertas que mais se destacam estão fósseis que contêm não apenas penas, mas também estruturas revestindo o corpo do animal identificadas como protopenas e que revelam os primeiros estágios de desenvolvimento dessa estrutura epidérmica outrora considerada exclusiva das aves. Sem contar nos traços anatômicos do próprio esqueleto, tais como o encontro da fúrcula, osso tido como característico das aves, em várias espécies de dinossauros não-avianos, incluindo os velociraptores (11).

Entre os temas principais onde o Brasil tem dado uma contribuição mais significativa para a pesquisa dos dinossauros está a questão da origem desse grupo de répteis, particularmente por achados realizados nos depósitos triássicos (~210-220 milhões de anos) do Rio Grande do Sul (p. ex., 12). Esses achados são bem importantes e, em conjunto com descobertas realizadas na Argentina, auxiliam no estabelecimento dos passos evolutivos que culminaram com o surgimento dos primeiros dinossauros.

Em termos de aves, vale a pena registar que ossos e penas têm sido encontrados em alguns depósitos. Vale o registro, inclusive, da primeira ave fóssil brasileira a ser formalmente nominada e que apresenta as penas da cauda bastante alongadas, cuja função ainda não é totalmente elucidada (13).

PTEROSSAUROS Pterossauros são répteis alados que foram os primeiros vertebrados a desenvolverem o voo ativo (Figura 1D). Surgiram em torno de 220 milhões de anos atrás e se extinguiram no limite entre o Cretáceo e o Paleógeno, em uma das mais bem estudadas extinções em massa já documentadas no nosso planeta (veja abaixo). A abertura alar (distância entre as extremidades das asas) desses animais variava desde menos de um palmo até mais de 11 metros, fazendo deles os maiores vertebrados – tanto considerando formas extintas como recentes – a alçarem voo (14).

A primeira vez na qual se falou nesses animais alados foi em 1784, quando Cosimo Alessandro Collini (1727-1806), um antigo secretário do filósofo iluminista Voltaire (1694-1778), descreveu um pequeno fóssil preservado em uma laje de rocha calcária proveniente da Baviera, sul da Alemanha. Olhando para aquele exemplar, Collini determinou que se tratava de um vertebrado novo para a ciência, de posição zoológica dúbia e possivelmente de hábitos anfíbios. Resumindo: ele não tinha a menor noção do que havia encontrado. Foi apenas em 1801, quando o naturalista e grande anatomista francês Georges Cuvier (1769-1832) teve acesso a alguns desenhos desse mesmo fóssil (15), que se teve a percepção real do que aquele animal representava: um réptil que desenvolveu a capacidade de voar! Para desenvolver o voo ativo, esses vertebrados alongaram o quarto dígito da mão, que passou a ser a estrutura principal de sustentação de uma membrana alar, ao contrário do que ocorreu com os morcegos (que se valem de quatro dígitos para suportar a membrana da asa) e das aves (que desenvolveram penas e aumentaram o tamanho do antebraço formado pelos ossos denominados de rádio e ulna), que são os outros dois grupos de vertebrados a desenvolverem o voo ativo. O termo Pterosauria – nome oficial desse grupo (clado) de vertebrados alados – somente surgiu tempos depois, em 1834 (14).

Até hoje existem perto de 240 espécies de pterossauros descritas, das quais cerca de 150 são consideradas válidas. Essa discrepância se deve ao fato da grande maioria das espécies terem sido propostas em material bastante fragmentário. Apesar dessa questão ser geral na paleontologia, uma vez que o material que efetivamente é encontrado preservado nas rochas do organismo extinto tende a ser muito incompleto, a situação dos pterossauros pode ser vista como extrema dentre os vertebrados. Por serem animais voadores, eles possuem o esqueleto bem frágil, onde as

paredes ósseas raramente superam 2 milímetros de espessura, mesmo em indivíduos com uma envergadura alar acima de 8 metros (16). Ademais, por serem animais voadores, eles estavam longe dos ambientes mais propícios para a fossilização dos organismos, que são o fundo de lagos e mares rasos. Desta forma, a fragilidade do esqueleto e o seu modo de vida faz com que fósseis de pterossauros sejam bem raros.

Apesar de já terem sido encontrados em todos os continentes (incluindo a Antártica), perto da metade de todas as espécies desses répteis voadores conhecidas e mais de 90% de todos exemplares são procedentes de apenas cinco conjuntos de depósitos: o calcário de Solnhofen, de idade jurássica (150 milhões de anos [Ma] e de onde vem o material descrito por Collini) na Alemanha; Grupo Jehol que reúne as formações cretáceas Yixian (125 Ma) e Jiufotang (120 Ma); as formações Crato (115 Ma) e Romualdo (110 Ma) da bacia do Araripe, nordeste do Brasil; o Cambridge Greensand (Cretáceo superior, ca. 95 Ma) da Inglaterra; e a formação Niobrara (87-82 Ma) da América do Norte. O material brasileiro, em particular da formação Romualdo, exibe uma preservação excepcional, com os ossos geralmente preservados em três dimensões sem terem sofrido distorções significativas na sua estrutura anatômica, diferindo da condição achada (bidimensional) que é comum no material de outros depósitos. Desta forma, os pterossauros (e outros fósseis) da bacia do Araripe são muito importantes do ponto de vista científico e cobiçados internacionalmente (17). Pode-se afirmar que quase todos os temas principais relacionados aos pterossauros passam em maior ou menor grau pela discussão de exemplares brasileiros (14), tais como estudos morfofuncionais envolvendo aspectos como a locomoção terrestre, a capacidade e modo de voo, as possíveis funções das cristas cranianas e diversas outras questões biológicas (p. ex., 18-20).

QUASE TODOS OS TEMAS RELACIONADOS AOS PTEROSSAUROS PASSAM POR EXEMPLARES BRASILEIROS

Além dos pterossauros brasileiros, importantes contribuições para a pesquisa desses répteis alados vêm sendo realizadas através de descobertas na China. Desde 1997 foram encontrados mais exemplares desses répteis voadores em depósitos chineses do que a soma combinada no mesmo período de todo o material do grupo proveniente dos demais depósitos fossilíferos do mundo. Além da expressiva quantidade de material, os fósseis da China surpreendem pela sua diversidade (21). Cabe registrar que muitas formas são, surpreendentemente, mais proximamente relacionadas com espécies brasileiras do que com as espécies de outras partes do mundo (p. ex., 22), algo que ainda carece de um estudo mais aprofundado.

Os destaques dos achados chineses incluem o primeiro ovo de pterossauro a ser registrado, comprovando que esses animais eram ovíparos (23). Recentemente o primeiro registro de uma acumulação em massa de pterossauros – a primeira da Ásia – apresentou diversos ovos excepcionalmente preservados, contribuindo para um melhor entendimento da estratégia reprodutiva desses animais (24). Até mesmo uma fêmea grávida (25) foi encontrada, junto com a qual foram descobertos dois ovos, um ainda dentro do seu corpo (26), demonstrando que esses animais alados tinham dois ovidutos funcionais, diferente do que ocorre nas aves.

Além da contribuição brasileira ao estudo dos pterossauros a partir de descobertas realizadas no próprio país, que incluem o achado de uma rara concentração de centenas de indivíduos (a mais numerosa já documentada) de uma espécie tida como frugívora em rochas que representam um oásis dentre um paleodeserto (27), vale a pena destacar que muitas das pesquisas de destaque envolvendo material encontrado na China têm participação de paleontólogos brasileiros (p. ex., 24, 26).

CROCODILOMORFOS Não se pode falar na pesquisa paleoherpetológica realizada no Brasil sem mencionar os crocodilomorfos, termo que envolve tanto as formas recentes como as extintas. Para alguns pesquisadores, esse é o grupo de répteis fósseis mais diversificado no país (28). Hoje em dia os crocodilomorfos são representados pelos crocodilos, gaviais e jacarés e estão restritos a 23 espécies, todas de hábitos semiaquáticos, ocupando a faixa intertropical do planeta. No entanto, no passado geológico, esses répteis eram extremamente diversificados e estavam, ao longo de sua história evolutiva, presentes nos mais variados ambientes em todos os continentes com exceção da Antártica. Havia formas totalmente adaptadas para uma vida aquática, como os representantes dos clados Teleosauridae, Metriorhynchidae e Dyrosauridae, alguns chegando a ter os seus membros apendiculares modificados em verdadeiras nadadeiras. Outros eram muito bem adaptados para ambientes terrestres, com os membros dispostos abaixo do corpo, assumindo uma posição mais ereta ao contrário das formas recentes, o que é o caso dos sebecídeos e dos baurussuquídeos, ambos representados no Brasil (29).

A origem dos Crocodylomorpha ainda não é bem compreendida, mas a maioria dos autores considera que os primeiros membros deste grupo surgiram no Triássico (há cerca de 230 milhões de anos). Eram formas relativamente pequenas com um comprimento em torno de 1 metro e de esqueleto delicado, conjuntamente classificados dentro de Sphenosuchia. Apesar de caminhar nas quatro patas, teriam o esqueleto ereto e foram encontrados sobretudo na Argentina e nos Estados Unidos (30). Também no Brasil existe um réptil que pode estar ligado a origem dos crocodilomorfos: *Barberenasuchus brasiliensis* Mattar, 1987. No entanto, a sua posição filogenética é tida como controversa (30).

Uma das linhas principais de pesquisa relacionada aos crocodilomorfos é a biogeografia, que se preocupa com a distribuição dos organismos no espaço e no tempo. Um dos primeiros estudos nessa linha se deu a partir do encontro de espécies na bacia do Araripe,

mais especificamente as encontrados na formação Romualdo (16; 31; 32), que também foram descobertas em depósitos do continente africano, demonstrando que durante o Cretáceo inferior as massas continentais da América do Sul e da África ainda estavam unidas. Em especial *Araripesuchus* Price, 1959, chama a atenção, pois espécies desse gênero foram encontrados noo Brasil, na República do Níger, em Madagascar, no Marrocos e em duas localidades da Argentina, fazendo desse um dos mais interessantes crocodilomorfos para questões biogeográficas (33).

O contraste entre a diversidade desses répteis em tempos passados comparados ao atual levou os pesquisadores a procurarem entender melhor as características ecológicas dos membros extintos dos crocodilomorfos. Entre os principais grupos enfocados estão os notossúquios por possuírem uma morfologia muito particular. A grande maioria são animais de pernas longas, postura ereta, corpo delgado e de pequeno porte, atingindo um comprimento total em torno de 1 metro. Além disso, possuíam a parte rostral (focinho) do crânio reduzido e são predominantemente encontrados em áreas do antigo supercontinente denominado de Gonduana, que reunia as massas continentais da América do Sul, África, Antártica, Austrália e Índia. O mais surpreendente nos notossúquios é a sua dentição bem diversificada, a maioria apresentando marcada heterodontia (dentes com morfologias distintas na mesma espécie). Existem formas com dentes possuindo várias cúspides (pontas) como os encontrados em *Candidodon*, que chegou a ser equivocadamente classificado como um mamífero (34). Também foram encontradas espécies com dentes em forma de folha sugerindo hábitos herbívoros (35); outros com dentes curtos e robustos, dispostos diagonalmente nas arcadas, possuindo lâminas indicando que eram utilizados para quebrar material resistente, como ossos, (36); e até mesmo uma espécie que possuía dentes dispostos em uma plataforma formada pela região do dentário (principal osso da mandíbula), possivelmente utilizados para amassar e triturar o alimento (37). Todas essas variações dentárias, que são encontradas sobretudo (mas não unicamente) em espécies de depósitos brasileiros e africanos, demonstram que os notossúquios foram, sob o ponto de vista ecológico, os mais diversificados membros de Crocodylomorpha.

Outra importante contribuição brasileira ao estudo desses répteis foi o encontro de espécies de grande porte que possuíam dentes achatados lateralmente e serrilhados, a exemplo do que de observa nos dinossauros carnívoros. Trata-se, principalmente, de espécies classificadas dentro dos clados Baurusuchidae (Figura 1E) e Peirosauridae (p. ex., 39) – grupos que alguns pesquisadores classificam dentro de Notosuchia (40) predominantemente encontrados em depósitos brasileiros. Curiosamente, o fato de dinossauros carnívoros serem bastante raros no Brasil sugere que possivelmente esses crocodilomorfos tenham ocupado no supercontinente Gonduana o mesmo nicho ecológico que os dinossauros terópodes ocupavam na Laurásia (supercontinente que unia a América do Norte, Europa e Ásia).

Outra interessante contribuição brasileira à pesquisa dos crocodilomorfos foi o estudo demonstrando que os dirossaurídeos (formas marinhas) eram encontrados em menor diversidade e número antes da extinção em massa ocorrida há aproximadamente 66 milhões de anos no limite entre o Cretáceo e o Paleógono (K-Pg), mas que se tornaram os principais predadores marinhos após o K-Pg (41). Segundo o estudo, esse domínio somente foi possível pelo fato de alguns grupos de répteis marinhos, em especial os mosassauros (largartos marinhos), que competiam com os dirossaurídeos antes do K-Pg, terem sido extintos.

O último destaque sobre a pesquisa brasileira realizada no campo da paleoherpetologia que será focada aqui são os crocodilomorfos gigantes encontrados em depósitos formados entre 15 e 6 milhões de anos atrás no Acre. Entre os principais está a forma *Purussaurus* Barbosa Rodrigues, 1892, que poderia alcançar perto de 15 metros de comprimento, tamanho próximo a de um *Tyrannosaurus rex*. Além desse, diversas outras espécies de crocodilomorfos da região vêm sendo descritas, todos de grande porte (28).

TEMAS DIVERSOS Entre os temas que têm sido cada vez mais enfatizados na pesquisa paleontológica e que também interessam aos estudos paleoherpetológicos estão as questões relacionadas às extinções. Apesar de existirem várias que influenciaram a história evolutiva dos répteis, como a ocorrida no limite do Permiano e Triássico, há aproximadamente 252 milhões de anos, e que é tida como a mais devastadora de todos os tempos (42), a mais famosa é a que ocorreu há 66 milhões de anos e dizimou algo em torno de 70% de toda a vida existente no planeta (43).

A hipótese de que um impacto de um corpo celeste foi responsável pela extinção em massa ocorrida no limite entre os períodos Cretáceo e Paleógeno (K-PG) foi proposta em 1980 por uma equipe que incluía um ganhador de prêmio Nobel em física (44). A partir dessa proposta, dezenas de pesquisadores das mais diferentes áreas (por exemplo paleontologia, geoquímica, sedimentologia, física, estatística e biologia) se debruçaram sobre o tema, procurando encontrar respostas que pudessem confirmar ou oferecer alternativas à proposta da causa extraterreste para a extinção em massa do K-Pg. Nesse processo foi se acumulando uma enorme quantidade de conhecimento. Até mesmo uma cratera, denominada de Chicxulub em referência à cidade homônima onde se situa, na península de Iucatã no México, foi encontrada.

Entre as alternativas à proposta de Alvarez e colegas (44), surgiu o vulcanismo expresso pelos depósitos denominados de Deccan Traps, na Índia, que com mais de 2 km de espessura e abrangendo uma área de meio milhão de quilômetros quadrados oferecia uma alternativa viável para a explicação da extinção dos dinossauros e outras formas de vida (45). Houve, inclusive, quem tenha levantado a hipótese que possivelmente esses dois eventos de grande magnitude estejam relacionados, com o impacto de um corpo celeste podendo estimular e aumentar a atividade vulcânica. Essa hipótese, mesmo que ainda con-

troversa, tem ganho corpo através de estudos recentes de datação das lavas do Deccan Traps, demonstrando que 50 mil anos após o impacto representado pela cratera de Chicxulub, houve um aumento do derramamento de lava na Índia, que perdurou por mais de 500 mil anos após o impacto, retardando a recuperação pós-extinção da biota (43).

Outro tema muito interessante que pode ser visto como pesquisa de fronteira, refere-se ao encontro de biomoléculas, o que tem sido feito particularmente em material de répteis fósseis. Até pouco tempo atrás, a preservação de tecido mole ainda era algo visto como bastante improvável, particularmente ao nível molecular. Porém, quando alguns exemplares foram analisados com tecnologias e metodologias modernas, esse tipo de tecido passou a ser encontrado com uma frequência cada vez maior. Entre os estudos mais interessantes existem alguns que apresentam evidências da preservação de vasos sanguíneos e até mesmo de estruturas semelhantes a células sanguíneas em um material do dinossauro carnívoro *Tyrannosaurus rex* Osborn, 1905 (46). Apesar de controverso (p. ex., 47), o tema é fascinante, particularmente pelo fato de que biomoléculas foram encontrados em material ósseo de dinossauros não particularmente bem preservados (48). Não resta dúvidas que essa área deverá crescer muito nos anos vindouros.

Nestes dois temas – extinções e biomoléculas fossilizadas – o Brasil praticamente não realiza pesquisa. Ambas requerem um investimento de maior vulto e laboratórios onde esse tipo de análise possa ser feita. Apesar do limite K-PG ter sido encontrado no país (p. ex., 49), não existem grupos de pesquisa dedicados ao estudo das extinções. No que tange a tecidos moles fossilizados, trabalhos isolados como o que encontrou músculos e vasos sanguíneos em um dinossauro da bacia do Araripe (50), que posteriormente foi denominado de *Santanaraptor placidus* Kellner, 1999, são exceções e não chegam a investigar o potencial para a preservação de biomoléculas.

PERSPECTIVAS De uma forma geral, as perspectivas da pesquisa em paleoherpetologia no Brasil são bastante interessantes, naturalmente se houver investimento contínuo e atenção para a área de paleontologia como um todo. O grande potencial de aumento na contribuição dos cientistas brasileiros se deve ao fato que temos em nosso país muitos depósitos onde a ocorrência de exemplares de répteis fósseis já foi comprovada e ainda há diversos outros a explorar. Mesmo naqueles onde esses vertebrados já foram encontrados, praticamente todos estão longe de ser exauridos. Um bom exemplo são os depósitos triássicos do Rio Grande do Sul, conhecidos há mais de um século e que nos últimos anos têm revelado, entre outros vertebrados (2), vários novos exemplares de dinossauros basais (p. ex., 12). Faltam nesses depósitos o registro dos chamados proto-dinossauros, que são formas que estão na linha evolutiva desses répteis e que os antecederam. Esse tipo de animal (que é classificado como dinossauromorfo basal) já foi encontrado na vizinha Argentina (p. ex., os lagerpetídeos), cujos depósitos triássicos são, pelo menos em parte, correlacionáveis aos do Brasil (2; 12). Desta forma, é apenas uma questão de tempo (e de esforço de coleta) para que algum desses proto-dinossauros seja encontrado no território nacional.

Esses mesmos depósitos triássicos do Rio Grande do Sul também têm o potencial de oferecer exemplares basais de pterossauros e de crocodilomorfos. No caso dos pterossauros, tal contribuição teria expressivo impacto mundial, já que não se tem absolutamente nenhum animal que se enquadra nessa categoria: o representante desse clado mais basal conhecido já possui todas as feições de um pterossauro típico como o quarto dígito alar alongado e as paredes dos ossos bem delgadas (até mais o que se observa nas aves).

Além dos depósitos com répteis fósseis já conhecidos, existem centenas de afloramentos, particularmente no nordeste do país, com enorme potencial para o encontro de mais exemplares desses vertebrados (além de outros organismos). A Bahia, por exemplo, tem dezenas de formações inexploradas onde achados fantásticos poderiam ser realizados. A medida em que mais paleontólogos são fixados nas instituições daquele estado (e de outros como Ceará, Piauí e Pernambuco), as chances de uma maior atividade de coleta aumentam e certamente descobertas de impacto serão realizadas.

Uma linha de pesquisa que poderia ser mais desenvolvida pelos pesquisadores do nosso país é a tomografia computadorizada. Praticamente usual em centros paleontológicos mais avançados como nos Estados Unidos, Canadá, diversos países da Europa, China e Japão, esse tipo de tecnologia ainda é utilizado de forma muito tímida no Brasil, sobretudo no que tange à publicação de resultados. No caso dos répteis fósseis, temos diversos exemplares que se prestariam a esse tipo de análise, como os excepcionais crânios de crocodilomorfos e pterossauros encontrados em depósitos cretáceos brasileiros, cujo estudo poderiam contribuir sobremaneira para o entendimento de aspectos ecológicos, inclusive comportamentais de diversas espécies. Uma comparação paleoneurológica dos notossúquios, por exemplo, seria muito importante para procurar entender o desenvolvimento das diferentes estruturas do cérebro desses répteis ao longo do tempo e as relacionar com o modo de vida e alimentação de cada uma das espécies.

Outro assunto científico que poderia ser desenvolvido com répteis fósseis no Brasil é o da busca de biomoléculas. O nível de preservação de exemplares encontrados no país muitas vezes é bem superior ao de outros países, abrindo a possibilidade para achados extremamente importantes. Entre outros, poderíamos ter uma melhor noção dos limites da preservação de tecidos moles em fósseis, algo que vem sendo debatido e pesquisado com maior intensidade nas nações desenvolvidas. Como sabemos da situação complexa que envolve a saída de fósseis do Brasil (p. ex., 17), é apenas uma questão de tempo para que descobertas importantes em termos de biomoléculas com base em material brasileiro seja feito, possivelmente sem a participação dos pesquisadores nacionais.

***Alexander Kellner** é professor titular do Laboratório de Sistemática e Tafonomia de Vertebrados Fósseis Museu Nacional/UFRJ e membro da Academia Brasileira de Ciências.*

REFERÊNCIAS

1. Benton, M. J. *Vertebrate Palaeontology*. Wiley-Blackwell 3ed., 472p, 2009.
2. Soares, M. B. "Cinodontes brasileiros revelam os primeiros passos na evolução dos mamíferos". *Ciência e Cultura*, Vol.67, no.4, 2015.
3. Amorim, D. S. *Fundamentos de sistemática filogenética*. Holos: 156p, 2002.
4. Goloboff, P. A.; Farris, J. F. & Nixon, K. C. "TNT - a free program for phylogenetic analysis". *Cladistics,* 24(5): 774-786, 2008.
5. Kellner, A. W. A. Sim, nós temos dinossauros... e muitos! *In:* Soares, M. B. (ed). *A paleontologia na sala de aula.* Sociedade Brasleira de Paleontologia, Ed. Imprensa Livre, Porto Alegre, 1ª edição (livro digital) (ISBN 978-85-7697-316-4) (www.paleontologianasaladeaula.com), 2015.
6. Padian, K. "Phylogeny of dinosaurs". *In:* Currie P.J. & Padian, K (ed.) *Encyclopedia of dinosaurs*. San Diego Academic Press, p. 546-551, 1997.
7. Sayão, J.M. & Bantim, R. "A paleontologia do século XXI: novas técnicas e interpretações". *Ciência & Cultura*, Vol.67, no.4, 2015.
8. Bourke, J.M. et al. "Breathing life into dinosaus: tackling challenges of soft-tissue restauration and nasal airflow in extinct species". *Anatomical Record* 297: 2148-2186, 2014.
9. Machado, E. B.; Avilla, L. S.; Nava, W. R.; Campos, D. A. & Kellner, A. W. A. "A new titanosaur sauropod from the late Cretaceous of Brazil". *Zootaxa* 3701(3): 301-321, 2013.
10. Sobral, G.; Hipsley, C.A. & Müller, J. "Braincase redescription of dysalotosaurus lettowvorbecki (Dinosauria, Ornithopoda) based on computed tomography". *Journal of Vertebrate Paleontology* 32: 1090-1102, 2012.
11. Norell, M.; Makovicky, P. & Clark, J.M. "A *Velociraptor* wishbone". *Nature*, 389: 447, 1997.
12. Bittencourt J. S. & Langer, M. C. "Mesozoic dinosaurs from Brazil and their biogeographical implications". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83: 23-60.
13. Carvalho, I. S. et al. "A new genus and species of enantiornithine bird from the early Cretaceous of Brasil". *Brazilian Journal of Geology*, 45: 161-171, 2015.
14. Kellner, A. W. A. *Pterossauros - os senhores do céu do Brasil*. Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 176p, 2006.
15. Padian K. "The case of the bat-winged pterosaur". *In:* Czerkas S. J.; Olson E. C. (eds.). *Dinosaur past and present*. Los Angeles: University of Washington Press, 65-81, 1987.
16. Kellner, A. W. A. et al. "The largest flying reptile from Gondwana: a new specimen of *Tropeognathus* cf. *T. mesembrinus* Wellnhofer, 1987 (Pterodactyloidea, Anhangueridae) and other large pterosaurs from the Romualdo formation, lower Cretaceous, Brazil". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(1): 113-135, 2013.
17. Simões, T. R. & Caldwell, M.W. "Fósseis e legislação - breve comparação entre Brasil e Canadá". *Ciência e Cultura*, Vol.67, no.4, 2015.
18. Wellnhofer P. *The illustrated encyclopedia of pterosaurs*. London, Salamander Books, 192 p., 1991.
19. Sayão J. M. "Histovariability in bones of two pterodactyloid pterosaurs from the Santana formation, Araripe basin, Brazil: preliminary results". Geol Soc London, *Spec Public* 217: 335-342, 2003.
20. Steel L. "The palaeohistology of pterosaur bone: an overview". *Zitteliana Reihe* B 28: 109-125, 2008.]
21. Wang, X. & Zhou, Z. "Pterosaur assemblages of the Jehol biota and their implication for the early Cretaceous pterosaur radiation". *Geological Journal* 41: 405–418, 2006.
22. Wang, X.; Kellner, A. W. A.; Jiang, S. & Cheng, X. "New toothed flying reptile from Asia: close similarities between early Cretaceous pterosaur faunas from China and Brazil". *Naturwissenschaften*, 99: 249-257, 2012.
23. Wang X. & Zhou, Z. "Pterosaur embryo from the early Cretaceous". *Nature* 429: 621, 2004.
24. Wang X. et al. "Sexually dimorphic tridimensionally preserved pterosaurs and their eggs from China". *Curr Biol* 24(12): 1323-1330, 2014.
25. Lü J.C. et al. "An egg-adult association, gender, and reproduction in pterosaurs". *Science* 331: 321-324, 2011.
26. Wang, X., et al. "Eggshell and histology provide insight on the life history of a pterosaur with two functional ovaries". *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 87(3): 669-689, 2015.
27. Manzig, P. C. et al, "Discovery of a rare pterosaur bone bed in a Cretaceous desert with insights on ontogeny and behavior of flying reptiles". *Plos One*, 9(8): e100005, 2014.
28. Riff, D.; Souza R. G.; Cidade, G. M.; Martinelli, A. G. & Souza-Filho, J.P. "Crocodilomorfos: a maior diversidade de répteis fósseis do Brasil". *Terrae*, 9: 12-40, 2012.
29. Gasparini, Z.; Chiappe, L. M. & Fernandez, M. "A new Senonian peirosaurid (Crocodylomorpha) from Argentina and a synopsis of the South American Cretaceous crocodilians". *Journal of Vertebrate Paleontology*, 11(3):316-333, 1991.
30. Irmis, R .B.; Nesbitt, S. J. & Sues, H. "Early Crocodylomorpha". Geological Society, London, *Special Publications*, 379: 275-302, 2013.
31. Kellner, A. W. A. "Ocorrência de um novo crocodiliano no Cretáceo inferior da bacia do Araripe, nordeste do Brasil". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 59(3): 219-232, 1987.
32. Buffetaut, E. "Die biogeographische Geschichte der Krokodilier, mit Beschreibung einer neuen art, *Araripesuchus wegeneri*. *Geologische Rundschau* 70(2):611-624, 1981.
33. Sereno, P. C. & Larsson, H. C. E. "Cretaceous crocodyliforms from the Sahara". Zookeys, 28(1):1-143, 2009.
34. Carvalho, I. S. "*Candidodon*: um crocodilo com heterodontia (Notosuchia, Cretáceo inferior)". *Anais da Academia Brasileira de Ciências, 66(3):331-346. 1994.*
35. Buckley, G. A.; Brochu, C. A.; Krause, D. W.; Pol, D. "A pug-nosed crocodyliform from the late Cretaceous of Madagascar". *Nature,* 405: 941–944, 2000.
36. Kellner, A. W. A.; Campos, D. A.; Riff, D. & Andrade, M. B. "A new crocodylomorph (Sphagesauridae, Notosuchia) with horn-like tubercles from Brazil". *Zoological Journal of the Linnean Society*, 163(Supl.): 57-65, 2011.

37. Kellner, A. W. A;, Figueiredo, R. G.; Campos, D. A. & Azevedo, S. A. K. "A new cretaceous notosuchian (Mesoeucrocodylia) with bizarre dentition from Brazil". *Zoological Journal of the Linnean Society*, 163(Supl.): 109-115, 2011.
38. Riff, D. & Kellner, A. W. A. "Baurusuchid crocodyliforms as theropod mimics: clues from the skull and appendicular morphology of Stratiotosuchus maxhechti (upper Cretaceous of Brazil)". *Zoological Journal of the Linnean Society*, 163(Supl.): 37-56, 2011.
39. Carvalho, I. S.; Ribeiro, L. C. B. & Avilla, L. S. "*Uberabasuchus terrificus* sp. nov., a new Crocodylomorpha from the Bauru basin (upper Cretaceous), Brazil". *Gondwana Research*, 7(4): 975-1.002, 2004.
40. Pol, D. "New remains of *Sphagesaurus huenei* (Crocodylomorpha: Mesoeucrocodylia) from the late Cretaceous of Brazil". *Journal of Vertebrate Paleontology*, 23(4): 817-831, 2003.
41. Barbosa, J. A.; Kellner, A. W. A. & Viana, M. S. "New dyrosaurid crocodylomorph and evidences for faunal turnover at the K-P transition in Brazil". *Proceedings of the Royal Society B*, 275: 1385-1391, 2008.
42. Sahney, S. & Benton, M. J. "Recovery from the most profound mass extintion of all time". *Proceedings of the Royal Society* B 275: 759-765, 2008.
43. Renne et al. "State shift in Deccan volcanism at the Cretaceous-Paleogene boundary, possible induced by impact". *Science*, 350:76-78, 2015.
44. Alvarez, L. M.; Alvarez, W.; Asaro, F. & Michel, H. "Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction". *Science*, 208: 1095-1108, 1980.
45. Keller, G. "The Cretaceous-Tertiary mass extinction, Chicxulub impact, and Decca volcanims. Earth and life". In: Talent, J. A. *Earth and life: global diversity, extinction intervals and biogeographic perturbations through time*. *Springer*, pp. 759-793, 2012.
46. Schweitzer M.H. et al. "Analyses of soft tissue from *Tyrannosaurus rex* suggest the presence of protein". *Science* 316: 277-280, 2007.
47. Kaye, T. G.; Gaugler, G. & Sawlowicz, Z. "Dinosaur soft tissues interpreted as bacterial biofilms". *PLoS ONE* 3(7): e2808, 2008.
48. Bertazzo, S. et al. "Fibres and cellular structures preserved in 75-million-year-old dinosaur specimens". *Nature Communications*, 6:7352, 2015.
49. Fauth, G.; Colin, J.; Koutsoukos, E. A.M. & Bengtson, P. "Cretaceous-tertiary boundary ostracodes from the Poty quarry, Pernambuco, northeastern Brazil". *J. South Am. Earth Sci.* 19, 285-305, 2005
50. Kellner, A. W. A. "Fossilized theropod soft tissue". *Nature*, 379: 32, 1996.

CINODONTES FÓSSEIS BRASILEIROS REVELAM OS PRIMEIROS PASSOS DA EVOLUÇÃO DOS MAMÍFEROS

Marina Bento Soares

"A diferenciação dos primeiros mamíferos ocorreu próximo ao limite entre os períodos Triássico e Jurássico, cerca de 215 milhões de anos atrás. Seus ancestrais diretos foram pequenos cinodontes de hábitos insetívoros da família Brasilodontidae, reconhecida recentemente a partir da descoberta de numerosos exemplares muito bem conservados, coletados na formação Caturrita do estado do Rio Grande do Sul". (1)

Esta citação foi feita por José Fernando Bonaparte, renomado paleontólogo argentino, em seu livro intitulado *A origem dos mamíferos* (1) e evidencia a importância do papel dos cinodontes brasileiros como fósseis-chave na elucidação de questões relacionadas à aurora da história evolutiva dos mamíferos, um dos temas de maior interesse na paleontologia de vertebrados (2; 3; 4).

Cinodontes e mamíferos são membros da linhagem mamaliana, formalmente denominada de linhagem Synapsida, a qual evoluiu independentemente da outra linhagem de tetrápodes (vertebrados com quatro membros), a linhagem reptiliana, ou Sauropsida. Esta última inclui tartarugas, crocodilos, lagartos, dinossauros e aves, entre outros. Assim como os saurópsidos, os sinápsidos são tetrápodes amniotas que, diferente dos anfíbios, apresentam fecundação interna e não dependem da água para sua reprodução.

Synapsida é um grupo monofilético, ou seja, um grupo natural que reúne todos os descendentes de um ancestral comum, incluindo as formas extintas e as viventes. Apesar de bastante diversa no passado, sendo constituída por vários subgrupos, como pelicossauros, dinocefálios, anomodontes, terocefálios e cinodontes, os únicos representantes atuais da linhagem Synapsida são os mamíferos (Figura 1). Exagerando um pouco, podemos dizer que os mamíferos são a ponta do *iceberg* da linhagem Synapsida. A história evolutiva dos sinápsidos inicia-se com os pelicossauros (Pelycosauria) (Figura 1A), que são os membros mais primitivo do grupo, e que, posteriormente, foram substituídos por formas mais avançadas, os terápsidos (Therapsida). Cinodontes e mamíferos (Figura 1B a D) fazem parte deste último grupo. Em uma analogia bem simples, podemos ver esse agrupamento monofilético como uma série de matrioscas, aquelas bonecas russas de madeira, colocadas umas dentro das outras. Os mamíferos (Mammalia) seriam a menor boneca da sequência, que seria englobada pela boneca Cynodontia. Esta seria envolvida pela boneca Therapsida, que por sua vez estaria inserida dentro de uma boneca maior, denominada de Synapsida.

Reprodução

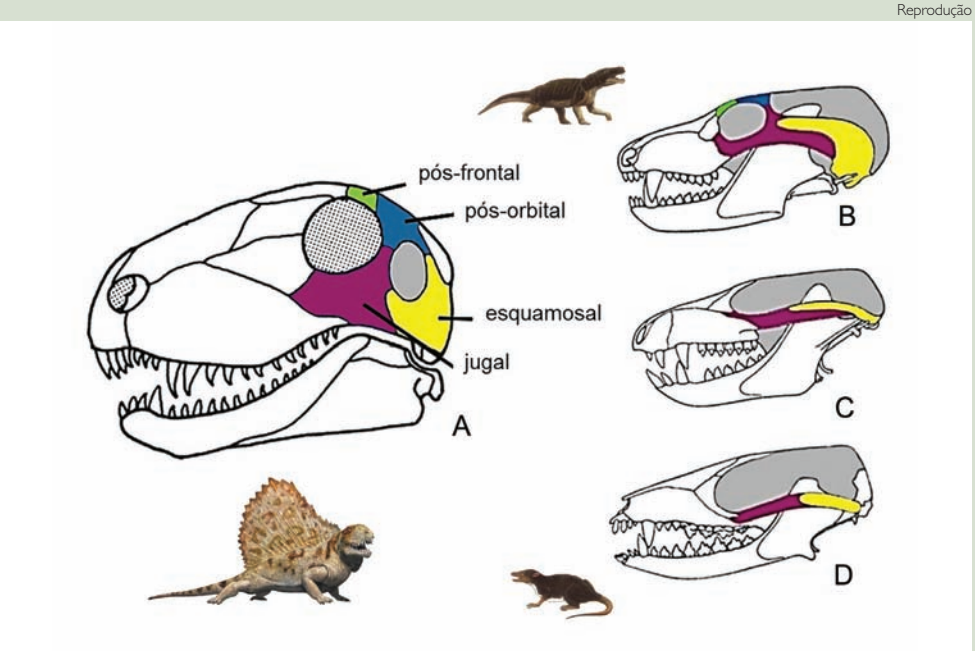


Figura 1: O crânio dos Synapsida em vista lateral. A) o pelicossauro *Dimetrodon* apresentando o padrão primitivo, com a fenestra temporal (cinza), bordeada pelos ossos pós-orbital, jugal e equamosal, em posição lateral e pequena; reconstituição artística de (33); B) o "cinodonte" basal *Thrinaxodon*; reconstituição artística de (34); C) o "cinodonte" avançado *Pachygenelus* (tritelodontídeo); D) o mamífero basal *Morganucodon*; reconstituição artística de (34). Note as seguintes tendências: expansão da fenestra sinápsida, perda dos ossos pós-frontal (verde) e pós-orbital (azul), com consequente perda da barra que separava a fenestra da órbita; estreitamento do arco zigomático; desenvolvimento da mandíbula; e diferenciação dentária. Modificado de (26)

A característica osteológica distintiva que reúne todos os sinápsidos é a presença de uma abertura (ou fenestra), destinada à fixação da musculatura mandibular, localizada na região temporal do crânio (Figura 1). Esta configuração é diferente da dos répteis, que possuem duas aberturas de cada lado do crânio.

Os pelicossauros surgiram no final do Carbonífero (~320 milhões de anos atrás) e durante a maior parte do Permiano seus membros foram os mais abundantes e notáveis tetrápodes terrestres (5). Eles foram os primeiros amniotas carnívoros a surgir no planeta (mas também existiam formas herbívoras) e alguns atingiram mais de 3 metros. Compartilhavam muitas características anatômicas com seus "primos" répteis, como um grande número de ossos no crânio e na mandíbula, e um esqueleto pós-craniano com a postura abduzida dos membros, ou seja, úmero e fêmur posicionados paralelos ao solo (como nos lagartos). Algumas formas, como *Dimetrodon* Cope, 1877 (Figura 1A) desenvolveram longos prolongamentos em suas vértebras, formando uma "vela", que, segundo alguns autores, poderia atuar na regulação térmica corporal como superfície de troca de calor (6). A grande maioria dos pelicossauros é proveniente da América do Norte, mas fósseis são também encontrados na Rússia e Europa, com registros pontuais no hemisfério sul (África do Sul e Uruguai) (5). Ao longo do Permiano, os pelicossauros declinaram em diversidade, sendo substituídos nos ecossistemas terrestres pelos mais avançados terápsidos (Therapsida).

Dentro de Therapsida são reconhecidos seis subgrupos, incluindo formas herbívoras e carnívoras: Biarmosuchia, Dinocephalia, Anomodontia (incluindo os dicinodontes), Gorgonopsia, Therocephalia e Cynodontia (incluindo os mamíferos) (7) (Figura 1B a D). A história evolutiva dos terápsidos documenta com bastante detalhe os passos anatômicos envolvidos na transição do padrão amniota basal dos pelicossauros (compartilhado com os répteis), pouco eficiente em termos energéticos, para formas mais ativas metabolicamente, cada vez mais similares ao padrão mamaliano. Comparados aos pelicossauros, os terápsidos mostram redução no número de ossos que formam crânio e mandíbula, redução no número de dentes, aumento na fenestra temporal do crânio e do osso dentário da mandíbula onde os músculos adutores se fixam (Figura 1). Isso conferiu uma força maior de mordida, o que também é atestado pelo aumento de tamanho dos dentes caninos. Em termos de esqueleto pós-craniano, este se tornou, em geral, mais grácil, nas formas mais avançadas, com membros mais delgados e alongados, e especialmente as pernas passaram a ter uma postura mais verticalizada (Figura 1C e E) do que aquela dos pelicossauros (Figura 1). "Equipados" com essas novidades evolutivas, os terápsidos experimentaram uma ampla dispersão ao longo do supercontinente Pangeia, ainda no Permiano, incluindo áreas continentais situadas acima (Laurásia) e abaixo (Gonduana) do Equador (8).

O Brasil, que no Permiano fazia parte da Gonduana, possui registros de terápsidos, até o momento, restritos à formação Rio do Rasto da bacia do Paraná, que aflora no sul do Brasil. Ainda é um registro bastante escasso quando comparado ao da África do Sul, por exemplo. Apenas um dicinodonte, *Endothiodon* Owen 1876, foi encontrado no Paraná (9); no Rio Grande do Sul foram registrados um dinocefálio carnívoro (*Pampaphoneus biccai* Cisneros, Abdala, Atayman-Güven, Rubidge, Sengör & Schultz, 2012), um anomodonte aparentado aos dicinodontes (*Tiarajudens eccentricus* Cisneros, Abdala, Rubidge, Dentzien-Dias & Bueno, 2011) e um dicinodonte ainda não descrito (10; 11; 12).

De forma geral, os sinápsidos foram muito afetados pela grande extinção em massa que ocorreu no final do Permiano, há 250 mi-

lhões de anos. Das 37 famílias de tetrápodes presentes, 27 foram extintas, sendo que 15 delas eram de sinápsidos (13). Nesse cenário, nenhum pelicossauro e apenas três grupos de terápsidos sobreviveram: os anomodontes (na forma de dicinodontes), os terocefálios e os cinodontes (14). Foi no Triássico que os sobreviventes dicinodontes e cinodontes atingiram seu maior grau de cosmopolitismo. Especialmente o grupo dos cinodontes experimentou intensa diversificação, com diversas famílias reconhecidas.

Uma vez que mamíferos se originaram dentro de Cynodontia, e o foco deste artigo é a origem dos mamíferos, devemos conhecer melhor os cinodontes. Mas antes disso, são necessários alguns comentários nomenclaturais. Pensando na analogia das bonecas russas é fácil compreender que quando usamos o termo cinodonte estamos automaticamente incluindo aí não só formas fósseis, como também todos os mamíferos fósseis e atuais. Neste artigo, serão enfocados, sobretudo, os cinodontes extintos, que não são considerados parte do grupo Mammalia. O registro fóssil dos cinodontes é temporalmente amplo, compreendendo um intervalo que vai desde o final do Permiano (~255 milhões de anos atrás) até o Cretáceo (~130 milhões de anos atrás). Seus mais antigos fósseis são provenientes da África do Sul e Rússia (8). No período Triássico (entre 248 e 205 milhões de anos atrás), eles são encontrados em todos os continentes, com exceção da Oceania, mas com representatividade maior na África do Sul e na América do Sul (Brasil e Argentina). A partir da metade do Triássico, os cinodontes atingiram o auge de sua diversificação, com várias famílias bem estabelecidas, como Traversodontidae, Chiniquodontidae, Probainognathidae, Tritheledontidae, Tritylodontidae e Brasilodontidae. Assim como outros grupos de tetrápodes, os cinodontes foram afetados novamente por um evento de extinção em massa, este, no final do Triássico. Apenas duas famílias de cinodontes, Tritheledontidae e Tritylodontidae, romperam o limite Triássico-Jurássico e, somente a última sobreviveu até o Cretáceo (8).

Em termos de dimensões, os cinodontes variavam desde o tamanho de um cão de grande porte, como, por exemplo, *Exaeretodon riograndensis* Abdala, Barberena & Dornelles, 2002 (um traversodontídeo) até tamanhos bastante diminutos, como *Riograndia guaibensis* Bonaparte, Ferigolo & Ribeiro, 2001 (um triteledontídeo), que tinha o porte de um camundongo (Figuras 2C, D e F).

Durante a evolução dos cinodontes ocorreram várias modificações anatômicas que culminaram no aparecimento das características típicas dos mamíferos, como complexas mudanças na dentição, na função mastigatória, no palato ósseo secundário, na articulação crânio-mandibular, no aparelho auditivo e no esqueleto pós-cranial (15; 16; 17).

O completo fechamento do palato secundário (céu da boca) permitiu uma maior habilidade para o processamento nutricional do alimento na boca antes da deglutição e a exploração de novos itens alimentares (18) e, também, propiciou o ato de mamar (19). Nas formas mais avançadas de cinodontes como chiniquodontídeos, triteledontídeos e brasilodontídeos, o palato ósseo secundário é tão alongado quanto o dos mamíferos. Também é observado um aumento progressivo no volume das cavidades que alojam o sistema nasofaringeal e o cérebro, atestando um aumento crescente na capacidade de percepção de estímulos do meio (20). Acompanhando esse aumento no volume dos órgãos internos da cabeça, o crânio foi atingindo um maior grau de ossificação, com maior fusão de ossos. Ainda no crânio, a fenestra temporal sinápsida tornou-se mais dorsalizada e cada vez mais ampla, ficando confluente com a órbita nos cinodontes mais avançados, devido à perda da barra pós-orbital (como nos mamíferos) (Figura 1C e D). Também é observado um aumento gradual no osso dentário da mandíbula com concomitante diminuição dos demais ossos (em conjunto chamados ossos pós-dentários) (Figura 2F). Nos cinodontes mais basais, além do dentário, os ossos pós-dentários ocupavam um espaço considerável na mandíbula, padrão observado também nos demais sinápsidos e nos saurópsidos (répteis). Nessas formas mais basais, a articulação entre o crânio e a mandíbula se dava por um dos ossos pós-dentários, o articular, e pelo osso quadrado do crânio. Tal articulação quadrado-articular é o tipo comum de articulação de todos os saurópsidos e dos demais sinápsidos. Nas formas mais avançadas de cinodontes, como triteledontídeos e brasilodontídeos, a articulação quadrado-articular ainda foi mantida, mas, adicionalmente, o dentário passou a fazer contato com o osso esquamosal do crânio. A articulação dentário-esquamosal vai se estabelecer definitivamente,

Luiz Flávio Lopes

Figura 2: Cinodontes Probainognathia do Triássico do Rio Grande do Sul. A) o brasilodontídeo *Brasilitherium* (UFRGS-PV-0929-T) em vista dorsal; B) *Brasilitherium* em vista ventral (a seta vermelha indica o promontório); 3C: o triteledontídeo *Riograndia* (UFRGS-PV-0596-T) em vista lateral; D) *Riograndia* (U-4881) em vista palatal; E) detalhe da dentição "triconodonte" de *Brasilitherium* (UFRGS-PV-0850-T); F) mandíbula de *Riograndia* (UFRGS-PV-0624-T) mostrando o amplo desenvolvimento do osso dentário (seta). Escala = 5 mm

como única articulação entre crânio e mandíbula, nos mamíferos. Nestes, a articulação dentário-esquamosal é mais elaborada do que nos cinodontes avançados, já que a extremidade posterior do dentário forma uma protuberância esferoidal, chamada côndilo, que se encaixa em uma cavidade (chamada glenoide) do osso esquamosal do crânio. Nos mamíferos, acompanhando esse processo, quadrado e o articular passaram a assumir função de audição, sendo, então, conhecidos como martelo e bigorna, que junto com o estribo formam os três ossículos da orelha média. Esse trio de ossículos é responsável pela propagação das ondas sonoras para a orelha interna. Por sua vez, a cóclea, que compõe a orelha interna, sofre um alongamento nos mamíferos e passa a ser alojada em uma região óssea arredondada chamada promontório, localizada na porção posterior da região ventral, de cada lado do crânio (basicrânio). O promontório se origina pela fusão dos ossos proótico e opistótico, que passam a ser chamados de petrosal. Em pelo menos uma família de cinodontes avançados, os brasilodontídeos, já pode ser observado um promontório incipiente (Figura 2B) (4). Outra inovação dos cinodontes refere-se à área dos côndilos occipitais (projeção na parte posterior do crânio onde a primeira vértebra da coluna se articula), os quais passaram a ser um par (característica observada nos mamíferos), contrastando com o côndilo ímpar dos demais sinápsidos e saurópsidos (20; 21).

Os cinodontes são o primeiro grupo de terápsidos a apresentar heterodontia, ou seja, dentes com formas e funções distintas. Em um cinodonte é possível identificar os dentes incisivos, os caninos e a série de dentes pós-caninos. Mas, diferente dos mamíferos, esses dentes pós-caninos ainda são todos muito semelhantes, não podendo ser reconhecidos como pré-molares e molares. As diferentes morfologias dentárias exibidas pelos membros do grupo mostram que os cinodontes estavam adaptados a explorar diversos recursos alimentares, como plantas, vertebrados e artrópodes. Dois padrões básicos de dentes pós-caninos são observados nos cinodontes: dentes setoriais, comprimidos lateralmente, com uma série de cúspides alinhadas ântero-posteriormente, típicos de formas carnívoras e insetívoras; dentes gonfodontes, com coroas baixas, retangulares, típicos de formas herbívoras. Também contrastando com os mamíferos, os cinodontes ainda não apresentavam dentição de leite e permanente (o que é chamado difiodontia). Seu padrão de substituição dentária era polifiodonte, ou seja, dentes podiam ser substituídos constantemente ao longo da vida. Este é o padrão observado também nos répteis e em todos os demais sinápsidos. Entretanto, alguns autores sugerem que as formas mais avançadas de cinodontes, como triteledontídeos e brasilodontídeos, poderiam apresentar menor número de substituições ao longo da vida, convergindo para um padrão mais mamaliano, o que seria atestado pelo alto grau de desgaste no esmalte dos dentes (8; 20).

Por fim, transformações no esqueleto pós-cranial implicaram em mudanças posturais nos membros e na forma de locomoção, especialmente nas formas mais avançadas de cinodontes. A postura passou a ser mais aduzida (ereta), ocorrendo também uma regionalização da coluna vertebral, que passa a ser dividida em região cervical, dorsal, lombar, sacral e caudal, características tipicamente mamalianas. O número de costelas se reduziu, ficando estas confinadas à região torácica, o que sugere a presença de um músculo diafragma dividindo as regiões torácica e lombar (8; 22).

A maior parte das reconstruções artísticas de cinodontes apresentadas em trabalhos científicos e de divulgação retratam esses animais com o corpo revestido por pelos, à semelhança dos mamíferos. De fato, várias feições anatômicas como musculatura torácica desenvolvida, presença de um possível diafragma, palato ósseo secundário totalmente fechado e presença de ossos turbinais na cavidade nasal sugerem que a endotermia (capacidade de produzir calor corporal através do próprio metabolismo) foi sendo adquirida ao longo da história evolutiva dos cinodontes, não se constituindo, portanto, em uma característica exclusivamente mamaliana. O mesmo teria ocorrido com os pelos que nos cinodontes já deveriam estar presentes (23), mas restritos a algumas regiões do corpo, servindo para captação de estímulos do meio ou proteção contra abrasão, sendo ainda insuficientes para propiciar isolamento térmico efetivo. Ruben e Jones (24) sugeriram que a pelagem de cobertura, com função eficiente de isolamento térmico, deve ter surgido, de fato, somente dentro de Mammalia.

Apesar de muitas dessas e de outras modificações estruturais que culminaram no padrão mamaliano terem evoluído de modo gradual dentro de Cynodontia, são as formas mais avançadas do final do Triássico, os Probainognathia, que compartilham o maior número de características com os mamíferos. Desde a década de 1960, a partir do trabalho de referência de Hopson e Crompton (25), passou a ser consensual a ideia de que os mamíferos se originaram a partir de algum grupo de cinodontes probainognátios. Os Probainognathia eram, de modo geral, cinodontes de pequeno porte (tamanho de um camundongo), com uma dentição carnívora/insetívora formada por dentes setoriais, com cúspides alinhadas ântero-posteriormente, um completo e longo palato secundário, arco zigomático mais delgado e fenestra temporal ampla e confluente com a órbita. Dentro dos Probainognathia, entre outros, estão inseridas as famílias Tritheledontidae e Brasilodontidae já mencionadas. Esses cinodontes avançados são anatomicamente tão semelhantes aos mamíferos basais que fica bastante difícil estabelecer o limite mamífero-não mamífero.

Segundo Kielan-Jaworowska e colaboradores (20), basicamente as seguintes características exclusivas separam os mamíferos dos cinodontes probainognátios: (2) uma articulação crânio-mandibular formada por um côndilo globoso do dentário que se encaixa na cavidade glenoide do esquamosal e; (3) presença de um petrosal promontório para acomodar o canal coclear (orelha interna).

Os primeiros táxons de mamíferos, que apresentam as características acima citadas, ocorrem no registro fossilífero entre 220 e 200 milhões de anos atrás. São formas bem pequenas, não ultrapassando 15 centímetros de comprimento cabeça-cauda. Esses são considerados os mamíferos mais basais: *Sinoconodon* Patterson & Olson, 1961 e *Morganucodon* Kühne, 1949. O primeiro é proveniente do Jurássico inicial da China e o segundo, do Triássico tardio e Jurássico inicial do Reino Unido e do Jurássico inicial da China (21). Assim,

Mammalia pode ser definido como o grupo monofilético que reúne o último ancestral comum de *Sinoconodon e Morganucodon,* e todos os seus descendentes fósseis e viventes (20).

Apesar de esses dois mamíferos basais ainda exibirem a articulação primitiva quadrado-articular coexistindo com a articulação entre dentário e esquamosal, esta última já é essencialmente mamaliana, uma vez que o dentário exibe o côndilo globoso que se encaixa na cavidade glenoide do esquamosal. Além disso, o petrosal promontório é bem projetado e arredondado, atestando o aumento da região da cóclea, típico dos mamíferos. Esses mamíferos basais apresentam os dentes com o conhecido padrão triconodonte, ou seja, dentes setoriais com três cúspides principais alinhadas ântero-posteriormente, sendo a central mais desenvolvida. Também, as raízes dos dentes pós-caninos (agora chamados de molares e molares) se apresentam bifurcadas. É assumido que *Morganucodon* já seria difiodonte, ou seja, com dentição decídua (de leite) seguida por dentição permanente; *Sinoconodon*, por sua vez, ainda teria o padrão poliofiodonte primitivo de substituição dentária (21; 22).

BRASILODONTIDAE: O GRUPO-IRMÃO DOS MAMÍFEROS Foi a partir da década de 1980 que a descoberta de novos táxons fósseis de cinodontes probainognátios avançados e fósseis mais completos de mamíferos basais (incluindo *Sinoconodon* e *Morganucodon*) provenientes, principalmente, do Triássico superior e do Jurássico inferior da Europa, Ásia, África do Sul e América do Sul (Brasil e Argentina) conferiu um substancial avanço ao conhecimento sobre os passos anatômicos envolvidos na origem dos mamíferos, bem como sobre as relações de parentesco (filogenéticas) dentro de Cynodontia. Com isso, análises filogenéticas abrangentes e bem fundamentadas começaram a ser publicadas, interpretando as relações entre cinodontes e mamíferos basais. O corpo de conhecimento que se acumulou gerou duas fortes correntes que defendiam distintas hipóteses sobre qual grupo de cinodontes seria mais próximo aos primeiros mamíferos. Assim, duas famílias de probainognátios avançados – Tritheledontidae e Tritylodontidae – foram "eleitas" para disputar a posição de grupo-irmão dos mamíferos, cada uma sendo defendida por um bom número de pesquisadores (26). Os triteledontídeos (África, América do Sul e América do Norte) apresentavam um número maior de características compartilhadas com mamíferos, principalmente no que se refere à articulação crânio-mandibular, ao arco estreito zigomático, ao palato ósseo secundário e ao basicrânio (porção ventral posterior do crânio). Os tritilodontídeos (Europa, China, América do Norte), por sua vez, compartilhavam com mamíferos um maior número de caracteres relativos à parede lateral do crânio (caixa cerebral) e à anatomia do osso quadrado. Em termos de esqueleto pós-craniano, ambos os grupos se assemelhavam bastante com os mamíferos basais. Segundo Luo (22), apesar das duas hipóteses filogenéticas estarem bem suportadas por grande número de características derivadas compartilhadas entre cada uma das duas famílias e os primeiros mamíferos, ambas ainda permaneciam frágeis em certos aspectos anatômicos, principalmente no que se referia à dentição. Nenhuma dessas duas famílias apresentava um padrão de dentição que as aproximaria do padrão triconodonte dos primeiros mamíferos.

É na elucidação desse debate que o registro fóssil brasileiro vem desempenhando um importante papel. No Brasil, fósseis de cinodontes probainognátios proximamente aparentados aos mamíferos ocorrem apenas no Rio Grande do Sul, único estado que tem rochas preservadas do período Triássico. As rochas fossilíferas dessa idade são encontradas na supersequência Santa Maria, unidade geológica que aflora na região central do estado, em uma faixa leste-oeste de 300 km de extensão por 30 km de largura. A supersequência Santa Maria abrange as tradicionais formações Santa Maria e Caturrita, que representam antigos sistemas lacustres/fluviais, com idades entre 240 e 208 milhões de anos atrás (27). Além de cinodontes probainognátios, os terápsidos também estão representados por cinodontes traversodontídeos e dicinodontes; répteis, como rincossauros, rauissúquios e dinossauros, entre outros, também tem sido recuperados nessas rochas (28). A riqueza taxonômica de cinodontes probainognátios no Triássico do Rio Grande do Sul já contabiliza mais de 12 espécies descritas, evidenciando a diversidade morfológica e ecológica que o grupo alcançou, com formas insetívoras e carnívoras, principalmente de pequeno porte. Cabe salientar que essa diversidade observada no Rio Grande do Sul é ímpar, não ocorrendo em nenhuma outra parte do planeta.

A DIVERSIDADE DE CINODONTES PROBAINOGNÁTIOS NO RS É ÍMPAR, NÃO OCORRENDO EM NENHUMA OUTRA PARTE DO PLANETA

O interesse pelos probainognátios brasileiros cresceu substancialmente a partir dos anos 2000, quando uma nova fauna foi descoberta em rochas da formação Caturrita (~220 milhões de anos atrás). Essa descoberta se deveu a uma série de trabalhos de campo, financiados pela National Geographic Society, coordenados por José Bonaparte e com a participação de paleontólogos da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Dessa fauna, foram descritos, até o momento, seis novos táxons proximamente aparentados aos mamíferos, de dimensões muito reduzidas e esplêndida preservação: *Riograndia guaibensis*, *Irajatherium hernandezi* Martinelli, Bonaparte, Schultz & Rubert, 2005, *Botucaraitherium belarminoi* Soares, Martinelli & Oliveira, 2014, *Brasilodon quadrangularis*, *Brasilitherium riograndensis* Bonaparte, Martinelli, Schultz & Rubert, 2003 e *Minicynodon maieri* Bonaparte, Schultz, Soares & Martinelli, 2010 (29; 30; 31; 32). Os dois primeiros são representantes da já mencionada família Tritheledontidae. *Riograndia* (Figuras 2C, D e F) o mais completo triteledontídeo conhecido, e seu estudo, bem como o de *Irajatherium*, contribuíram na ampliação do conhecimento anatômico da família. Os últimos três probainognátios citados, *Brasilodon*, *Brasilitherium* (Figuras 2A, B e E) e *Minicynodon*, compõem a família Brasilodontidae. *Botucaraitherium* é uma forma com afinidades próximas a essa família.

Os brasilodontídeos foram descritos e reconhecidos por Bonaparte (4; 32), como os probainognátios que compartilham o maior número de características derivadas com os mamíferos basais *Sinoconodon* e *Morganucodon*. Dentre essas características, podemos citar: articulação entre dentário e esquamosal, presença de um promontório (porém ainda não globoso), dentes pós-caninos com raízes incipientemente bifurcadas e dentição com padrão triconodonte (Figura 2E).

A nova hipótese filogenética Brasilodontidae-Mammalia proposta por Bonaparte e colaboradores (4; 32) mostrou que o número de características derivadas compartilhadas por brasilodontídeos e mamíferos supera, em grande parte, aquelas que suportavam as hipóteses baseadas nos Tritheledontidae e Tritylodontidae, ilustrando bem o dinamismo da investigação sobre a origem das etapas iniciais da evolução dos mamíferos. A relação Brasilodontidae-Mammalia é tão bem suportada que acabou por desbancar as propostas anteriores, tornando-se consensual entre os pesquisadores que investigam a origem dos mamíferos. Nessa perspectiva, brasilodontídeos e mamíferos são considerados grupos-irmãos, compartilhando um ancestral comum. Essa relação reforça o fato de que caracteres essencialmente mamalianos estabeleceram-se dentro de Probainognathia, na base do grupo que reúne brasilodontídeos e mamíferos.

A descoberta dos Brasilodontidae colocou o Brasil no palco do cenário mundial da transição cinodonte-mamífero. Mas mesmo com esse aporte de relevantes evidências trazidas pelos brasilodontídeos, a questão sobre a origem dos mamíferos ainda está longe de se esgotar. Assim, dar continuidade à coleta e prospecção de fósseis de cinodontes probainognátios reveste-se de fundamental importância, visto que o estudo de novos materiais pode trazer contribuições ainda mais significativas para a elucidação dos passos anatômicos envolvidos na transição cinodonte-mamífero. Nesse sentido, os afloramentos do Triássico da região central do Rio Grande do Sul se configuram como um campo de estudo cada vez mais fértil, com perspectivas de brindar a paleontologia de vertebrados com novidades ainda mais instigantes sobre o tema. Quem sabe em breve não sairá de lá o mais antigo mamífero brasileiro?

***Marina Bento Soares** é professora associada do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Dedica-se à área de paleontologia de vertebrados, desenvolvendo pesquisas em anatomia, filogenia, paleoecologia e tafonomia de tetrápodes fósseis do Permo-Triássico, com ênfase nos cinodontes. E-mail:* marina.soares@ufrgs.br.

NOTAS E REFERÊNCIAS

1. Tradução da autora.

1. Bonaparte, J. F. *El origen de los mamíferos.* Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Felix de Azara, 2014. 28p.
2. Rougier, G. "Los mamíferos mesozoicos". *Ciencia Hoy*, 6(32):1-9. 1996.
3. Cifelli, R. "Early mammmalian radiations". *Journal of Paleontology*, 75(6):1214-1226. 2001.
4. Bonaparte, J. F.; Martinelli, A.; Schultz, C. L.; Rubert, R. "The sister group of mammals: small cynodonts from the late Triassic of southern Brazil". *Revista Brasileira de Paleontologia*, 5:5-27. 2003.
5. Reizs, R. "The Pelycosauria: a review of phylogenetic relationships". *In:* A.L. Panchen (ed.). *The terrestrial environment and the origin of land vertebrates*, Syst. Assoc. Sp. Vol. 15. London, Academic Press. 1980.
6. Bennet, A. F. "The evolution of activity capacity". *Journal of Experimental Biology*, 160:1-23. 1991.
7. Olson, E. C. 1986. "Relationships and ecology of the early therapsids and their predecessors". *In:* Hotton III, N.; Maclean, P.; Roth, J.; Roth, E. (eds.) *The ecology and biology of mammal-like reptiles*. Smithsonian Inst. Press. P. 83-106. 1986.
8. Kemp, T. S. *The origin and evolution of Mammals*. Oxford University Press, New York, 331 p. 2005
9. Boos, A. S.; Schultz, C. L.; Vega, C. S.; Aumond, J. J. "On the presence of the late Permian dicynodont *Endothiodon* in Brazil". *Palaeontology*. v. 56, p. 837-848. 2013.
10. Cisneros, J. C.; Abdala, F.; Rubidge, B. S.; Dentzien-Dias, P. C.; Bueno, A. O. "Dental occlusion in a 260-million-year-old therapsid with saber canines from the Permian of Brazil". *Science*, 331, p. 1603-1605. 2011.
11. Cisneros, J. C.; Abdala, F.; Atayman-Güven, S.; Rubidge, B. S.; Sengör, A. M. C.; Schultz, C. L. "Carnivorous dinocephalian from the middle Permian of Brazil and tetrapod dispersal in Pangaea". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2012.
12. Dias-da-Silva, S. "Middle-late Permian tetrapods from the Rio do Rasto formation, southern Brazil: a biostratigraphic reassessment". *Lethaia*. v. 45, p. 109-120. 2012.
13. Benton M. J. *When life nearly died: the greatest mass extinction of all time*. London: Thames & Hudson. 2003.
14. Kemp, T. S. *Mammmal-like reptiles and the origin of mammals*. London: Academic Press, 363 p. 1982.
15. Crompton, A. W. "Evolution of the jaw articulation in cynodonts". In: Joysey, K. A.; Kemp, T. S. (eds.) *Studies in vertebrate evolution*. Edinburgh: Oliver & Boyd. p. 231-253. 1972.
16. Crompton, A. W.; Hylander, W. L. "Changes in mandibular function following the acquisition of a dentary-squamosal jaw articulation". *In:* Hotton III, N.; Maclean, P. ; Roth, J.; Roth, E. (eds.) *The ecology and biology of mammal-like reptiles*. Smithsonian Inst. Press. p.263-282. 1986.
17. Allin, E. F.; Hopson, J. A. "Evolution of the auditory system in Synapsida ("Mammal-like Reptiles" and primitive Mammals) as seen in the fossil record". In: Wester, D. B.; Fay, R. R., Popper, A. N. (eds.) *The evolutionary biology of hearing*. New York: Springer-Verlag, p. 587-614. 1992.
18. Barghusen, H. "On the evolutionary origin of the therian sensor veli palatini and tensor tympani muscles". *In:* Hotton III, N.; MacLean, P.; Roth, J.; Roth, E. (eds.) *The ecology and biology of mammal-like reptiles*. Smithsonian Inst. Press. p. 253-262. 1986.
19. Maier, W.; Van Der Heever, J.; Durand, F. "New therapsid specimens and the origin of the secondary hard and soft palate of mammals". *J. Zoo. Syst. Research* 34: 9-19. 1996.
20. Kielan-Jaworowska, Z.; Cifelli, R. L.; Luo, Z. *Mammals from the age of dinosaurs: origins, evolution and structure*. Columbia University Press, New York. 630p. 2004.

21. Luo, Z. "Sister-group relationships of mammals and transformation of diagnostic mammalian characters". *In:* N. C. Fraser; H. D. Sues (eds.) *In the shadow of the dinosaurs*. Cambridge University Press, p. 98-128. 1994.
22. Crompton, A. W.; Jenkins, F.A. "Origin of mammals". *In:* J. A. Lillegraven; Z. Kielan-Jaworowska; W. A. Clemens (eds.) *Mesozoic mammals: the first two-thirds of Mammalian history*. Berkeley: University of California Press. p. 59-72. 1979.
23. Bennet, A. F.; Ruben, J. A. "The metabolic thermoregulatory status of Therapsids". In: Hotton III, N.; MacLean, P.; Roth, J.; Roth, E. (eds.) *The ecology and biology of mammal-like reptiles*. Smithsonian Inst. Press. p. 207-218. 1986.
24. Ruben, J.A.; Jones, T. D. "Origin of feathers". *American Zoologist*, 40:585-596. 2000.
25. Hopson, J. A.; Crompton, A. W. 1969. "Origin of mammals". *In:* T. Dobzhansky; M.K. Hecht; W.C. Steere (eds.), *Evolutionary Biology*, vol. 3, New York, Appleton-Century-Crofts. p. 15-72.
26. Soares, M. B.; Dornelles, J. E. "Cinodontes, a chave para a origem dos mamíferos". In: Da-Rosa, A. S. (org.) *Vertebrados fósseis de Santa Maria e região*. Santa Maria: Palloti, p. 153-208. 2009.
27. Zerfass, H.; Lavina, E. L.; Schultz, C. L.; Garcia, A. J. V.; Faccini, U. F.; Chemale Jr., F. "Sequence stratigraphy of continental Triassic strata of southernmost Brazil : a contribution to southwestern Gondwana palaeogeography and palaeoclimate". *Sedimentary Geology*, 161: 85-105. 2003.
28. Schultz, C. L.; Scherer, C. M. S.; Barberena, M. C. "Biostratigraphy of the southern Brazilian Middle-Upper Triassic". *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3):491-494. 2000.
29. Soares, M. B.; Schultz, C. L.; Horn, B. D. "New information on *Riograndia guaibensis* Bonaparte, Ferigolo & Ribeiro, 2001 (Eucynodontia, Tritheledontidae) from the late Triassic of southern Brazil: anatomical and biostratigraphic implications". *Anais da Academia Brasileira de Ciências,* 83: 329-354. 2011.
30. Martinelli, A. G.; Bonaparte J. F.; Schultz; C. L. Rubert, R. "A new tritheledontid (Therapsida, Eucynodontia) from the late Triassic of Rio Grande do Sul (Brazil) and its phylogenetic relationships among carnivorous non-mammalian eucynodonts". *Ameghiniana* 42:191-208. 2005.
31. Soares, M. B.; Martinelli, A. G.; Oliveira, T. V. "A new prozostrodontian cynodont (Therapsida) from the late Triassic Riograndia Assemblage Zone (Santa Maria Supersequence) of southern Brazil". *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 86(4): 1673-1692. 2014.
32. Bonaparte, J, F.; Martinelli, A. G.; Schultz, C. L. "New anatomical information on the sister-group of mammals: *Brasilodon* and *Brasilitherium* (Non-mammalian cynodontia, Probainognathia) from the late Triassic of southern Brazil". *Revista Brasileira de Paleontologia* 8(1):25-46. 2005.
33. Lambert, D.; Naish, D.; Wyse, E. *Encyclopedia of dinosaurs and prehistoric life*. London: Dorling Kindersley, 376 p. 2003.
34. Papolio, C. *Dinosaurios de Gondwana: um viaje através del tiempo*. Buenos Aires: Quondam, 240 p. 2006.

A PALEONTOLOGIA NO SÉCULO XXI: NOVAS TÉCNICAS E INTERPRETAÇÕES

Juliana Manso Sayão
Renan Alfredo Machado Bantim

A paleontologia constitui um ramo da ciência que se encarrega de estudar os fósseis e entender como se deram as sucessões de fauna e flora em nosso planeta, ao longo de milhões de anos (1). Para isso, desde os primeiros trabalhos realizados na área, se caracterizou como uma ciência primordialmente descritiva. Isso pode ser explicado por uma tendência que acontecia no início do século XIX, quando a morfologia era tida como a "menina dos olhos" das ciências biológicas, direcionando os estudos para descrições anatômicas e morfológicas detalhadas, incluindo o conhecimento das características microscópicas e das teorias de geração e determinação da forma. Na paleontologia não foi diferente, e por mais que algumas técnicas de microscopia tivessem sido empregadas apenas rotineiramente, essas não vingaram até muito recentemente.

Foi nas décadas de 1980 e 1990, a partir de um conhecimento maior a respeito dos organismos pretéritos da Terra, que os paleontólogos se viram com inúmeros debates a respeito dos organismos fósseis que estudavam. Apenas descrever, identificar e classificar já não era suficiente para saciar sua curiosidade. Começaram então a buscar técnicas que permitissem entender algumas questões relacionadas com a biologia desses organismos, muitos deles extintos sem deixar descendentes. Dentre elas estavam perguntas relacionadas à idade dos organismos ao serem fossilizados. Se aqueles animais cresciam rápido ou lentamente. Se seu corpo seria capaz de desenvolver determinados movimentos. Em qual ambiente viviam e suas adaptações para aquele tipo de vida. Mais recentemente, se perguntaram qual a capacidade e alcance dos órgãos sensoriais dos organismos fossilizados. Para resolver esses dilemas, algumas técnicas oriundas de áreas correlatas começaram a ser empregadas. Com os novos métodos, vieram também novas análises e interpretações acerca do conteúdo fossilífero. Dentre estas destacamos a paleohistologia, a microscopia eletrônica de varredura, a tomografia computadorizada com a geração de imagens para impressão em três dimensões e, atualmente, a paleometria.

Embora os primeiros estudos envolvendo as técnicas mencionadas acima e suas adaptações para sua utilização com os fósseis tenham se originado em países da Europa e também nos Estados Unidos, atualmente, todas podem ser encontradas em utilização no Brasil. Aos poucos os pesquisadores nacionais foram direcionando suas pesquisas para uma ou mais de uma dessas técnicas, resultando no surgimento de laboratórios especializados, com to-

dos os equipamentos necessários para estudos de cunho paleobiológico em nosso país. As principais instituições que fazem desse tema suas pesquisas atualmente são: o Museu Nacional ligado à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Universidade de São Paulo (USP, campus Ribeirão Preto), a Universidade Federal do Cariri (UFCA) e a Universidade Regional do Cariri (Urca).

RECUPERANDO INFORMAÇÕES PALEOBIOLÓGICAS DE ORGANISMOS EXTINTOS A paleohistologia está mais relacionada ao estudo da composição dos ossos fossilizados (osteohistologia), no entanto também pode ser empregada para o estudo de vegetais, principalmente na análise dos tecidos que compõem os lenhos, chamada de dendrologia. Através dos estudos osteohistológicos é possível revelar quatro sinais sobre a biologia dos fósseis: ontogenia, filogenia, mecânica de deposição dos tecidos e influências ambientais (2). Existe um consenso de que esses sinais se refletem na micromorfologia dos tecidos depositados no osso, a qualquer momento da vida do fóssil analisado. Para o emprego dessa técnica é necessário retirar uma porção do osso com o auxílio de uma serra diamantada. O fragmento do fóssil é então envolvido em resina transparente e colado numa lâmina de vidro. A parte oposta à lâmina é submetida a um desgaste através de um equipamento chamado politriz, onde lixas de diferentes granulometrias desbastam o fragmento na resina, até que fique muito fina e transparente para ser observada ao microscópio (2).

NO BRASIL DESCOBRIU-SE VASOS SANGUÍNEOS E FIBRAS MUSCULARES EM FÓSSIL DE DINOSSAURO

Vários aspectos da história de vida de vertebrados extintos são dedutíveis a partir da microestrutura do osso fossilizado. Por meio da análise histológica é possível inferir as adaptações no estilo de vida, os gradientes e estratégias de crescimento e indicar o seu estágio ontogenético. A quantidade e o tipo de tecido ósseo encontrado nessas estruturas fósseis são importantes para entender como se deu o seu desenvolvimento e a ligação existente com o estágio ontogenético. Os ossos podem mostrar marcas de crescimento, mais comumente chamadas de linhas de pausa de crescimento, demonstradas pela deposição óssea, mesmo que por duração desconhecida e linhas de polimento. Através de suposições bem fundamentadas de ciclicidade de crescimento anual, os registros de marcas de crescimento podem ser quantificados; esta técnica é denominada esqueletocronologia. Os registros de crescimento estão contidos em cada tipo de osso, isso porque cada um está ligado a uma determinada taxa de deposição, uma relação conhecida como regra de Amprino.

De uma maneira geral, pode-se dividir o tipo de tecido ósseo em três grupos: crescimento rápido, composto por osso fibro-lamelar sem linhas de pausa de crescimento; taxas de crescimento intermediário, indicadas por osso fibro-lamelar com linhas de pausa de crescimento e baixas taxas de crescimento, sendo indicadas por osso lamelar-zonal (3). Análises paleohistológicas em ossos constituem, portanto, uma das melhores formas de identificar diferentes estágios ontogenéticos em populações de organismos extintos tais como: dinossauros, pterossauros (répteis voadores) e fósseis de crocodilomorfos (todos arcossauros).

Tudo começou em 1861 quando Richard Owen, por uma questão de rotina, resolveu retirar uma amostra do osso do dinossauro *Scelidosaurusharrisonii* Owen, 1861 e realizar uma secção fina ao descrevê-lo (4). Apesar da análise da estrutura microscópica do osso fossilizado não ter sido um campo bem desenvolvido, nesses anos iniciais, algumas décadas depois e principalmente no século seguinte alguns pesquisadores foram considerados pioneiros nesses estudos como: Quekett, Gross, Foote, Enlow, Peabody, de Ricqles e Reid (5). O que nem sempre percebemos é que embora ossos fósseis tenham sido seccionados por séculos, eles nunca foram amostrados sistematicamente até recentemente (4). Isso fez com que, por muito tempo, todas as pesquisas paleohistológicas tratassem de trabalhos isolados, sendo uma área bastante solitária.

Esse cenário começou a se modificar nos anos de 1980 e 1990, quando o paleontólogo norte-americano John R. Horner e colegas contemporâneos, como o alemão Martin Sander, começaram a utilizar melhores amostras para tentar explicar as idades e taxas metabólicas dos dinossauros (6). Essa revolução se deu, primordialmente, por Horner coletar seus fósseis na região de Montana (EUA) e ser o curador da coleção, se permitindo utilizar sistematicamente esse material para sua pesquisa, o que gerou um procedimento padrão para os estudos paleohistológicos (4). Foi então que, em seus trabalhos, teve acesso a uma variação de tamanhos e idades dos espécimes que analisou, sempre recolhendo amostras do mesmo tipo de osso e do mesmo ponto nos diferentes indivíduos (2). Juntamente com esse novo pioneirismo, Anusuya Chinsamy, Jack Horner, Martin Sander e seus alunos, logo aplicaram as novas abordagens para um grande número de outros grupos de animais fósseis como anfíbios, répteis e aves.

No Brasil a tendência logo foi seguida e, no início dos anos 2000, surgiram os primeiros trabalhos independentes de paleohistologia dos fósseis nacionais (7). Foi dada uma especial atenção aos estudos com arcossauros (pterossauros e crocodilomorfos) e também com mamíferos. Um dos destaques atuais foi a observação da microestrutura dos ossos do crocodilo marinho *Guarinisuchusmunizi*, encontrado nas rochas localizadas no litoral do estado de Pernambuco. Nessa pesquisa verificou-se, a partir da análise da tíbia e do fêmur, que essa espécie de crocodilo possuía ossos bastante leves e vascularizados, o que poderia conferir a esse animal a capacidade de ser um exímio nadador (8). A partir dessa e de outras características observadas na composição do osso, os autores propuseram que o

animal teria a capacidade de ocupar o nicho de predador nas águas da costa nordeste do Brasil, após a grande extinção dos dinossauros e dos grandes répteis marinhos. Mais recentemente, uma outra publicação de julho de 2015 nos *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, fruto de uma parceria entre pesquisadores brasileiros e chineses, revelou a ausência de um tecido depositado na cavidade medular por fêmeas em época de postura de ovos em um exemplar de pterossauro *Kunpengopterus* sp. que possuía dois ovos em seu interior. O trabalho foi conduzido pelo paleontólogo chinês Xiaolin Wang e colaboradores e revelou ainda que os pterossauros tinham dois ovários funcionais capazes de gerar ovos simultaneamente e não apenas um como se pensava anteriormente (9).

A mesma técnica utilizada para confeccionar lâminas de ossos, também apresentou excelentes resultados nos estudos das cascas de ovos fossilizados e de dentes de dinossauros, lagartos marinhos e crocodilos fósseis. Destacamos que a utilização dessa técnica nesse caso específico, juntamente com imagens feitas através de microscópio eletrônico de varredura (figura 1), permitiu que fosse identificado o grupo de animais ao qual pertenceram fragmentos de cascas e ovos fossilizados, sem a presença dos esqueletos dos animais que os colocaram. Entre os trabalhos realizados, está o que foi publicado no ano passado pelo então estudante de mestrado Julio Marsola e colegas de diferentes instituições brasileiras e estrangeiras, que identificou, a partir da microestrutura da casca, o primeiro ovo fossilizado de um pássaro que viveu no Brasil durante a era Mesozoica (entre 252 e 66 milhões de anos atrás) (10).

APLICAÇÃO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA NOS FÓSSEIS A tomografia computadorizada é uma técnica bastante recente, descoberta no ano de 1961 pelo médico neurologista norte-americano William Henry Oldendorf, que realizou as primeiras experiências com imagens computadorizadas. Este processo foi modernizado pelo inglês Godfrey Newbold Hounsfield, que aperfeiçoou os conhecimentos e desenvolveu uma forma de reconstruir imagens a partir dos raios X por meio da tomografia axial computadorizada. Apesar disso, o primeiro tomógrafo computadorizado do Brasil foi instalado apenas em 1971, no Hospital Beneficência Portuguesa, em São Paulo. Contudo a técnica de tomografia, até então utilizada para fins médicos e de identificação de doenças, apenas foi utilizada em outras áreas a partir da década de 1980, para aquisição de imagens tridimensionais.

O aparelho tomógrafo é caracterizado basicamente pela parte mais proeminente, o "Gantry", uma moldura circular, rotatória com um tubo de raios-X montado em um lado e um detector no lado oposto. Um feixe de raios-X em formato de leque gira o tubo de raios-X e o detector em torno do paciente ou da amostra analisada. Conforme o aparelho roda, milhares de imagens são tiradas em uma rotação resultando em uma imagem de seção transversal completa do corpo. Baseado nesses dados é possível se criar uma visualização 3D além de visões de diferentes ângulos. Exames de tomografia fornecem imagens bem mais detalhadas do que os de raios-X convencionais, especialmente no caso de vasos sanguíneos e tecidos moles tais como órgãos internos e músculos.

Essa técnica começou a ser aplicada em estudos paleontológicos a partir do ano de 1984 quando Glenn C. Conroy e Michael W. Vannier publicaram um trabalho na renomada revista acadêmica *Science*. Em seu trabalho analisaram crânios bem preservados de mamíferos ungulados do Oligoceno e Mioceno e (de 34 a 23 milhões de anos aproximadamente (11). Posteriormente essa técnica passou a ser amplamente utilizada por paleontólogos, pois fornecia uma nova perspectiva de análise de fósseis, podendo ser utilizada como base para diferentes tipos de pesquisas, não somente em estudos de vertebrados, mas também aplicada em invertebrados e até vegetais fósseis. A tomografia computadorizada se tornou então a principal ferramenta para elucidar a anatomia dos táxons fósseis, incluindo estudos da caixa craniana e do ouvido interno no caso dos vertebrados (12).

Os estudos pioneiros no Brasil utilizando a tomografia computadorizada foram realizados por pesquisadores do setor de paleovertebrados do Museu Nacional da UFRJ, a partir dos anos 1994 quando Sérgio Alex Azevedo e colaboradores ressaltaram a importância do uso da tomografia em vertebrados fósseis. Dois anos depois, Alexander Kellner, da mesma instituição, aplicou a técnica de tomografia para descrever morfologicamente as cavidades internas de dois crânios de pterossauros do Brasil, um anhanguerídeo e um tapejarídeo (13). Após esses estudos iniciais, diversos grupos de pesquisadores do Brasil começaram a utilizar essa importante técnica em pesquisas paleontológicas.

Ao utilizar a tomografia na paleontologia, percebeu-se que o mapeamento de imagens 3D e a utilização de modelos tridimensionais criados em computação gráfica poderiam também contribuir para a manutenção de coleções paleontológicas, armazenando informações sobre a morfologia de cada exemplar em um novo formato, o 3D digital. Concomitantemente, essa nova técnica de aquisição de dados possibilitou a visualização de estruturas internas dos fósseis sem preparação mecânica, diminuindo a probabilidade de ocasionar qualquer tipo de dano nos fósseis excepcionais. Além disso, a prototipagem aliada a estudos mais acurados de anatomia, fisiologia e biomecânica, gerou uma sub-área dentro da paleontologia e da neurologia, a paleoneurologia.

A paleoneurologia é o estudo da evolução do cérebro por meio de análise de *endocasts* cerebrais, com a finalidade de determinar traços endocranianos e volumes cerebrais. A paleoneurologia combina técnicas de outros campos de estudo incluindo a paleontologia e arqueologia. Fósseis de crânios e seus *endocasts* podem ser comparados entre si, podendo-se traçar inferências sobre a anatomia funcional, fisiologia e filogenia. A paleoneurologia é em grande parte influenciada pela neurociência como um todo; sem o conhecimento substancial sobre a funcionalidade atual dos cérebros e *endocasts*, seria impossível fazer inferências sobre a funcionalidade dos cérebros em fósseis.

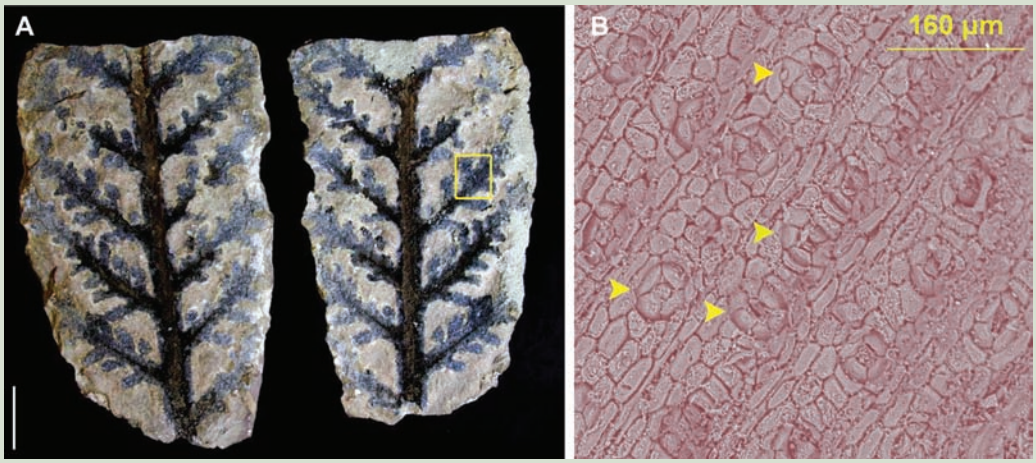


Figura 1: Exemplo de análise microscópica de varredura em plantas fósseis. A) fóssil de uma gimnosperma da espécie *Brachyphyllumobesum* pertencente ao Museu de Paleontologia da Urca em Santana do Cariri (MPSC PL 1178), com detalhe para a área analisada sob o microscópio eletrônico de varredura – escala 2cm; B) fotomicrografia do ramo do fóssil com detalhe para os estômatos da epiderme da planta preservados como em vida

Um exemplo da aplicação da paleoneurologia em fósseis brasileiros, é o estudo do pesquisador Pablo Rodrigues da UFRGS, publicado este ano, no qual foram obtidas reconstruções tridimensionais do crânio e moldes digitais do encéfalo e orelha interna do cinodonte *Brasilitherium riograndensis* – encontrado em rochas do período Triássico do sul do Brasil – a partir de imagens de tomografias computadorizadas. Nesse trabalho, ele também descreveu os aspectos da caixa craniana e a trajetória de alguns vasos cranianos. Ele pôde concluir com essa análise que, em comparação com outros cinodontes não-mamaliaformes, o molde endocraniano de *Brasilitherium* possui um aumento do encéfalo, especialmente dos bulbos olfatórios, relativamente maiores do que os de outros cinodontes do período Triássico, o que pode representar um aumento na capacidade de ouvir altas frequências (14). Além disso, esse estudo fortaleceu a proposta da evolução do cérebro dos mamíferos, inicialmente associada a pressões seletivas para melhor acuidade sensorial, em cinodontes pequenos e, possivelmente, noturnos que viveram durante o Mesozoico.

DESVENDANDO AS CARACTERÍSTICAS MICROESTRUTURAIS DOS FÓSSEIS O microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um dos mais importantes instrumentos disponíveis para a observação e análise das características microestruturais de materiais sólidos. O primeiro trabalho reconhecido descrevendo o conceito de um MEV é o de Knoll em 1935. Posteriormente, Von Ardenne, em 1938, construiu um microscópio eletrônico de varredura e transmissão (STEM) adaptando bobinas de varredura a um microscópio eletrônico de transmissão. Desde os primeiros estudos em MEV, o primeiro instrumento comercial apenas foi construído em 1965 e, após isso, muitos avanços foram obtidos. Atualmente, os modernos microscópios eletrônicos de varredura são equipados com estrutura digital que permite o armazenamento temporário da imagem para observação ou, até mesmo, a transferência por rede para outras partes do planeta.

A aplicação dessa técnica é primordial para análises microestruturais em fósseis. O uso do MEV na paleobotânica é o mais utilizado, pois geralmente os fósseis de plantas apresentam caracteres epidérmicos preservados ou estruturas anatômicas tridimensionais, que são importantes quando a anatomia estomática de uma planta fóssil pode ser utilizada para distinguir diferentes grupos entre as plantas. Estudos anatômicos são suficientes para reconhecer a composição de uma paleoflora (Figura 1A). Análises estomáticas também podem ser feitas para distinguir diferentes grupos de plantas (Figura 1B). Na maioria dos casos, ao se analisar parte da cutícula de uma folha fossilizada, as estruturas preservadas ali são iguais ou bastante semelhantes às encontradas nas folhas de vegetais atuais. A palinologia (estudo de pólens, esporos) também é auxiliada pelo MEV, quando grãos de pólen apresentam morfologia polínica semelhante, sendo apenas diferenciados em MEV.

Além disso, a microscopia eletrônica pode ser utilizada em alguns exemplares de vertebrados fósseis, que apresentem alguma preservação de tecido mole. O caso mais famoso no Brasil é a descoberta de vasos sanguíneos e fibras musculares preservados em um fóssil de dinossauro, a espécie *Santanaraptor placidus* Kellner, 1999 encontrada no interior do Ceará, na bacia do Araripe. Dessa mesma localidade fossilífera, outros espécimes de fósseis, ao serem analisados sob a ótica do microscópio eletrônico, apresentaram tecidos moles e estruturas microscópicas. Existem peixes com fibras musculares preservadas em concreções e parasitas preservados em seus coprólitos, ocorrência de estruturas pilosas (similares a pelos) preservadas em asas de pterossauros, estruturas de coloração (melanossomos) preservados em penas e plumas e possíveis bactérias preservadas em uma crista composta por tecido mole de um pterossauro tapejarídeo.

DADOS SOBRE A COMPOSIÇÃO DOS FÓSSEIS Uma técnica que vem ganhando reconhecimento nos estudos paleontológicos no Brasil e no mundo é a paleometria. Tendo em vista a constituição química

geral dos organismos, os fósseis podem ser adequadamente estudados por técnicas de paleometria tais como: infravermelho, espectroscopia Raman, difração de raios X e fluorescência de raios-X, com intuito de identificar e caracterizar os compostos que constituem o material fossilizado. Com o uso da paleometria pode-se elucidar a composição química de esqueletos de vertebrados e invertebrados, além da composição de lenhos e fragmentos de vegetais fossilizados, o que viabiliza a compreensão de processos de fossilização, paleoambientes e mudanças de clima, possibilitando traçar evidências adicionais a respeito das condições e processos tafonômicos.

Os principais trabalhos de paleometria no Brasil remetem a estudos na bacia do Araripe. O trabalho pioneiro na utilização da paleometria, em fósseis da bacia do Araripe, foi realizado em 2007 por Ricardo Lima e colaboradores que submeteram à difração de raios-X e espectroscopia na região do infravermelho amostras retiradas de escamas fósseis de um peixe da espécie *Rhacolepis buccalis* Agassiz, 1841 preservado em uma concreção calcária da formação Romualdo. Com isso, os pesquisadores perceberam que a maior parte da composição química da amostra era similar a de escamas de peixes atuais, concluindo que a fossilização pouco alterou a composição das escamas.

Recentemente, em 2014, Adriana Delgado e colaboradores realizaram um trabalho compilando algumas aplicações paleométricas em diferentes fósseis, tais como parte do esqueleto duro de *Corumbella werneri* Hahn, Hahn, Leonardos, Pflugand Walde 1982, aspectos geoquímicos acerca de bivalves de água doce do Grupo Bauru e a preservação excepcional de artrópodes da formação Crato. Os autores utilizaram reflexão difusa no infravermelho (DRIFT) e energia dispersiva de raios-X (EDX) para elucidar os tipos de esqueletogênese na amostra fóssil de *Corumbella*. No caso dos bivalves, a DRIFT revelou-se importante para elucidar aspectos sobre a morte e fossilização desses organismos. Quanto aos artrópodes da formação Crato, a análise morfológica com microscopia eletrônica de varredura (MEV) associado com EDX foi mais viável para compreender o processo de fossilização e traçar implicações paleoambientais.

Juliana Manso Sayão *é professora adjunta do Centro Acadêmico de Vitória, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e membro da Academia Brasileira de Ciências.*
Renan Alfredo Machado Bantim *é doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFPE.*

REFERÊNCIAS

1. Lima, F. J. & Bantim, R. A. M. 2013. "Introdução ao estudo dos fósseis e os processos envolvidos em sua preservação". In: Sayão, J. M. (ed) *Fósseis do litoral norte de Pernambuco: evidências da extinção dos dinossauros*. Gráfica Provisual, Recife, 96p.
2. Padian, K. & Lamm, E. T. 2013. *Bone histology of fossil tetrapods*. University of Califórnia press, Los Angeles, 285p.
3. Huttenlocker, A. K.; Woodward, H. N. & Hall, B.K. 2013. "The biology of bone". In: Padian, K. & Lamm, E. T. (eds.) 2013. *Bone histology of fossil tetrapods*. University of Califórnia press, Los Angeles, 285p: 13-34
4. Padian, K. 2013. "Why study the bone microstructure of fossil tetrapods?". In: Padian, K. & Lamm, E.T. 2013. *Bone histology of fossil tetrapods*. University of Califórnia press, Los Angeles, 285p, 1-11.
5. Steel, l. 2003. "The John Quekett sections and the earliest pterosaur histological studies". *In:* Buffetaut, E. & Mazin, J. M. (eds) 2003. "Evolution and palaeobiology of pterosaurs". *Geological Society*, London, Special Publications, 217, 325-334.
6. Horner, J. R.; De Ricqlés, A. J. & Padian, K. 1999. "Variation in skeletochronological indicators of the hadrosaurid dinosaur Hypacrosaurus: implications for age assessement of dinosaurs". *Paleobiology*, 25: 295-304.
7. Sayão, J. M. 2003." Histovariability in bones of two pterodactyloid pterosaurs from the Santana formation, Araripe basin, Brazil: preliminary results". *Geological Society*, London, *Special Publications,* 217: 335-342
8. Andrade, R. C. L. P. & Sayão J. M. 2014. "Paleohistology and lifestyle inferences of a dyrosaurid (Archosauria: Crocodylomorpha) from Paraíba basin (Northeastern Brazil)". *PLoS ONE* 9(7): e102189. doi:10.1371/journal.pone.0102189
9. Wang, X.; Kellner, A..W..A.; Cheng, X.; Jiang, S.; Wang, Q.; Sayão, J. M.; Rodrigues, T.; Costa, F. R.; Li, N.; Meng, X. & Zhou, Z. 2015. "Eggshell and histology provide insight on thelLife history of a pterosaur with two functional ovaries". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. http://dx.doi.org/10.1590/0001 3765201520150364
10. Marsola, J. C. A.; Grellet-Tinner, G.; Montefeltro, F. C.; Sayão, J. M.; Hsiou, A. S. & Langer, M.C. 2014. "The first fossil avian egg from Brazil". *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, 38:4, 563-567,
11. Vannier, M. W.; Conroy, G. C.; Marsh, J. L. & Knapp, R. H. 1985. "Three-dimensional cranial surface reconstructions using high-resolution computed tomography". *Am. J. Phys. Anthropol.*, 67: 299 – 311.
12. Sobral G., Hipsleya C. A. & Müller J. 2012. "Braincase redescription of *Dysalotosauruslettowvorbecki* (Dinosauria, Ornithopoda) based on computed tomography". *Journal of Vertebrate Paleontology*, 32 (5): 1090-1102.
13. Kellner, A. W. A. 1996. "Description of the braincase of two early cretaceous pterosaurs (Pterodactyloidea) from Brazil". *American Museum Novitates*, 3175: 1-36.
14. Rodrigues, P. G. 2011. "Reconstituições digitais do encéfalo e da orelha interna de *Brasilitheriumriograndensis* Bonaparte et al., 2003, e considerações sobre a evolução neurológica e sensorial na transição entre cinodontes não-mamalianos e mamíferos". Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências. 220p.

FÓSSEIS E LEGISLAÇÃO: BREVE COMPARAÇÃO ENTRE BRASIL E CANADÁ

Tiago R. Simões
Michael W. Caldwell

As ciências naturais, incluindo a paleontologia, necessitam invariavelmente da obtenção de espécimes, ou materiais científicos, para o desenvolvimento de grande parte das suas linhas de pesquisa. A obtenção desses materiais em território brasileiro é regulamentada por leis e portarias, além de ser subordinada a diferentes órgãos reguladores. Estes últimos, têm como objetivo proteger a diversidade biológica (atual e pretérita) e, ao mesmo tempo, garantir o acesso e manipulação desses espécimes aos membros da comunidade acadêmica.

No Brasil, os fósseis, bem como todos os recursos de origem mineral (rochas e minério), são considerados propriedade da União. Portanto, as atividades de escavação e coleta de fósseis são regulamentadas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), órgão que atualmente está subordinado ao Ministério das Minas e Energia (MME). Além disso, os fósseis também são considerados oficialmente como material científico e, como consequência, as atividades de coleta também seguem normas estabelecidas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI).

A lei que determina as regras de coleta e extração de fósseis no Brasil foi estabelecida em 1942 (1), sendo uma das mais antigas do mundo. A lei brasileira determina que toda a atividade de extração de fósseis depende de autorização prévia e fiscalização por parte do DNPM. No entanto, fogem à essa regra instituições tais como museus nacionais, estaduais, e estabelecimentos oficias congêneres: instituições científicas criadas por leis federais, estaduais e distritais, sem fins lucrativos e mantidos, total ou preponderantemente, com recursos públicos (2). Os últimos, devem apenas realizar uma comunicação prévia ao DNPM. Tal legislação difere, por exemplo, da existente no país relativa à coleta e transporte de material científico de origem biológica recente (como flora e fauna), na qual uma licença de coleta (temporária ou permanente), faz-se necessária mesmo a pesquisadores de instituições públicas nacionais.

Recentemente, o DNPM publicou uma portaria que define de forma mais explícita os itens da lei de 1942, bem como as regras e os formulários para a comunicação prévia e o requerimento de autorização de coleta (2). Alguns itens importantes, como o que constitui exatamente aos olhos da lei um "fóssil", ou um "depósito fossilífero", são definidos nessa norma. Fica determinado também que, mesmo no caso de pesquisadores pertencentes a instituições públicas federais ou estaduais, além da comunicação prévia, faz-se necessário também a delegação do pesquisador interessado por parte de sua instituição de pesquisa ao DNPM, além da produção de um relatório técnico de atividades subsequentes às atividades de coleta.

COLABORAÇÃO COM PESQUISADORES ESTRANGEIROS A paleontologia brasileira tem crescido consideravelmente na última década, tanto na produção de artigos científicos, como em número de pesquisadores contratados e alunos de pós-graduação. Como consequência natural, o conhecimento por parte de cientistas estrangeiros sobre os fósseis brasileiros e a colaboração com pesquisadores de várias partes do mundo também cresceu. Perguntas fundamentais sobre a evolução da vida no planeta têm sido respondidas (mesmo que apenas em parte) a partir do estudo de fósseis da América do Sul, inclusive os brasileiros (Figura 1). Exemplos disso incluem fósseis que ajudaram a compreender como se deu a origem evolutiva de importantes grupos de vertebrados, como os dinossauros, os mamíferos, as cobras, entre outros (Figura 2). Portanto, dado as leis que protegem os fósseis brasileiros, uma pergunta essencial surge: pesquisadores de outros países podem estudar fósseis brasileiros? Sim.

Qualquer pesquisador estrangeiro (sendo pessoa física ou jurídica) pode realizar coleta de material científico em território brasileiro, incluindo fósseis, desde que obtenha uma autorização prévia do MCTI mediante a apresentação de um projeto de pesquisa em colaboração com instituições brasileiras (3; 4). Ficam isentos de tal autorização pesquisadores estrangeiros que se enquadrem em situações específicas tais como: estarem vinculados a programas de intercâmbio no Brasil; serem bolsistas de agências de fomento nacionais; estarem sob regime de contrato de trabalho com instituições de pesquisa nacionais; entre outros (4). A exigência de colaboração com instituições nacionais, a permanência em território nacional de exemplares tipo (aqueles na qual uma nova espécie é nomeada), além de uma porcentagem mínima dos espécimes coletados, permite a participação de pesquisadores estrangeiros de uma forma que também permita o desenvolvimento da pesquisa nacional como consequência.

UM EXEMPLO EXTERNO: O CANADÁ A legislação que protege o patrimônio fossilífero canadense é de responsabilidade individual de cada província e território. Sendo um sistema parlamentarista tanto na esfera federal quanto regional, o corpo legislativo de cada província e território é o responsável por criar tais leis. Os atos provinciais que protegem o patrimônio fossilífero canadense são, portanto, muito variáveis entre as diversas regiões do país. Contudo, alguns pontos fundamentais são compartilhados por diversas províncias. Das dez províncias e três territórios canadenses, nove possuem uma legislação específica para a proteção do patrimônio fossilífero, tratan-

Imagens: Tiago Simões

Figura 1: Espécime tipo da espécie *Calanguban alamoi*, encontrado em rochas de cerca de 115 milhões de anos no estado do Ceará, Brasil, e um dos lagartos mais antigos conhecidos até o momento do continente sul-americano

do-os legalmente como um patrimônio histórico e propriedade da Coroa (um termo oficial que indica tais objetos como pertencente a "todo o povo canadense"). O Northwest Territories atualmente não possui uma legislação sobre fósseis, enquanto que as províncias de Ontário, Quebec e British Columbia possuem leis de proteção ao patrimônio fossilífero vinculadas à sua legislação mineradora (mining acts e land acts). Dentre as províncias e territórios que possuem uma legislação própria para a proteção do patrimônio fossilífero, há três pontos que são bem claros em tais leis: 1) todos os fósseis pertencem à Coroa, sejam encontrados em terras públicas ou privadas; contudo indivíduos podem possuir fósseis em nome da Coroa caso encontrados na superfície do terreno; 2) é ilegal para qualquer cidadão comum escavar, exportar e possuir fósseis como bens particulares; 3) a coleta legal de fósseis só pode ser conduzida por paleontólogos profissionais que possuam autorização de coleta expedida pela província ou território aonde o fóssil foi encontrado. Além disso, os fósseis dever ser tombados em um museu, geralmente

Figura 2: Exemplar da serpente primitiva *Dinilysia patagonica*, encontrada na Patagônia argentina em rochas de cerca de 90 milhões de anos

na província de origem do material (Figura 3). Em alguns casos, fósseis podem ser depositados em coleções federais, como o Museu Canadense da Natureza, em Ottawa, caso a província ou território não possua um local apropriado para tal.

Apesar da legislação que regula e protege a coleta de fósseis ser fundamentalmente provincial, há dois atos do parlamento canadense que complementam as leis regionais na esfera federal. O primeiro ato refere-se aos fósseis encontrados em parques e reservas federais, já que a administração e legislação sobre essas regiões são responsabilidade do governo federal. O segundo ato indica que o Canadá, bem como seus órgãos administrativos federais (alfândega, a Real Polícia Montada Canadense etc.) são obrigados a atuar em prol do Tratado sobre os Patrimônios Mundiais da Unesco de 1970 (5). Segundo tal tratado, o Canadá deve policiar a importação e exportação de fósseis cuja origem é não-canadense, mas pertencendo a países que também ratificaram o acordo de 1970 e tenham leis de proteção do patrimônio fossilífero. Sob esse ato, o governo canadense já processou, julgou e condenou diversos indivíduos e entidades, dentre os quais empresas atuando na importação/exportação ilegal de fósseis de outros países para dentro e fora do Canadá.

A legislação canadense, tanto na esfera federal quanto provincial, é direcionada a proteger o patrimônio histórico representado pelos fósseis em nome do povo canadense, e de outros países onde também há legislação semelhante. Embora nem sempre explícito na legislação, alguns atos provinciais reconhecem que os fósseis que estão sob sua tutela somente podem ser estudados e analisados através da pesquisa científica. Desta forma, a legislação canadense objetiva garantir que os fósseis sejam protegidos, estudados e curados pelo bem da ciência, do povo ao qual eles pertencem, e à aquisição contínua de conhecimento pela informação trazida pelos mesmos.

Tiago Simões

Figura 3: Foto do Dinosaur Provincial Park, em Alberta, Canadá. Inúmeros fósseis de dinossauros, dentre outros grupos de vertebrados, foram encontrados nesse local ao longo do século XX. Muitos dos fósseis coletados estão depositados no Royal Tyrrell Museum, localizado na cidade de Drumheller, também em Alberta

TRÁFICO DE FÓSSEIS E COLEÇÕES PARTICULARES Um assunto de natureza delicada associado às leis que protegem o patrimônio fossilífero de diversos países (mas que é fundamental de ser discutido) é a questão da compra e venda de fósseis, tanto dentro quanto fora desses países. Segundo a lei brasileira de 1942, que torna os fósseis um bem da União (1), o comércio de fósseis brasileiros coletados a partir de 1942 é ilegal. Ainda assim, os fósseis, bem como obras de arte e outros artigos raros, são costumeiramente objetos de desejo por parte de colecionadores de várias partes do mundo, e o tráfico de peças decorrente de tal motivação se tornou um problema no Brasil e em vários outros países.

Antes de debater o tráfico de fósseis faz-se necessário entender o contexto no qual que ele se dá. O comércio de fósseis, assim como a possibilidade de adquiri-los e mantê-los em coleções particulares, é permitido em vários países europeus e norte-americanos. Essa prática não é recente. Data de séculos, especialmente no caso europeu. Antigas coleções particulares (outrora chamadas de "gabinetes de curiosidades"), tanto de fósseis e/ou de outros artigos científicos de interesse popular, formaram a base inicial para se formar as (hoje imensas) coleções científicas de diversos museus de ciências e história natural da Europa (6). Essa prática se beneficiou amplamente das expedições europeias que levaram exemplares da flora e fauna dos países do continente americano e africano entre os séculos XVII e XIX à Europa. Com o surgimento dos primeiros grandes museus europeus de história natural, ao final do século XVIII e durante o século XIX, a prática de levar espécimes "exóticos" às suas coleções científicas passou a ser financiada em grande parte por essas instituições ou por seus patronos (6). Foi dessa forma que museus de renome como o Museu Nacional de História Natural de Paris (França), o Museu de História Natural de Londres (Reino Unido), ou o Museu Carnegie de História Natural, em Pittsburgh (EUA), adquiriram uma parte significativa de suas coleções que vêm servindo de base para a pesquisa científica em ciências naturais nesses países há várias gerações.

Que os materiais científicos coletados ao redor do mundo (inclusive fósseis) por instituições europeias e norte-americanas foram a base fundamental para grandes avanços científicos, não há dúvidas. Exatamente por essa razão, países com um grau comparativamente menor ou mais recente de desenvolvimento científico (como no caso do Brasil e de outros países latino-americanos, africanos e muitos asiáticos) necessitam coletar tais materiais e mantê-los, pelo menos em parte, em território nacional. Somente através da manutenção e ampliação de suas coleções científicas é que avanços significativos nas ciências naturais poderão ser alcançados nesses países. É por tal necessidade (dentre outros motivos, como os de natureza econômica) que o Brasil possui legislação que protege o seu patrimônio biológico e geológico.

Muitos colecionadores particulares em países estrangeiros conhecem e respeitam as leis brasileiras, assim como as de outros países onde o comércio de fósseis é ilegal. Contudo, em certas ocasiões essas leis não são seguidas. Seja por falta de conhecimento, por ingenuidade, ou mesmo por descaso com as leis vigentes, fósseis brasileiros podem ser comprados em lojas de gemas e minerais em diversos países pelo mundo. De tempos em tempos, a polícia federal brasileira apreende fósseis em rotas de contrabando, destinados a coleções particulares ou museus no exterior (7). Infelizmente para o avanço da paleontologia brasileira o contrabando ainda ocorre, apesar dos consideráveis avanços realizados nos últimos anos. No entanto, algumas campanhas contra o comércio ilegal de fósseis no Brasil e em outros países têm contribuído para despertar a conscientização de potenciais compradores no exterior sobre o risco de estarem comprando fósseis de procedência ilegal. Recentemente um caso marcante ocorreu nos Estados Unidos, chamando bastante atenção na América do Norte sobre a questão de compra e venda ilegal de fósseis. Um esqueleto de um dinossauro carnívoro de grande porte (do gênero *Tarbosaurus*) proveniente da Mongólia tentou ser leiloado em Nova York. Através da colaboração de pesquisadores norte-americanos e canadenses, juntamente com autoridades da Mongólia, o material foi apreendido e os comerciantes processados criminalmente.

Dentro do mundo acadêmico se percebe também um aumento na conscientização e preocupação com as questões éticas que envolvem a publicação de materiais de proveniência ilegal. Um número crescente de editores e revisores de periódicos científicos tem exigido comprovação de que materiais fósseis do Brasil e localizados no exterior tenham sido adquiridos por vias legais. A

publicação de materiais de procedência ilegal ou duvidosa também tem chamado a atenção da mídia, tanto no Brasil (8) quanto no exterior (9). Tamanha repercussão pública, assim como dentro do meio acadêmico, tem obrigado os cientistas a tomarem cuidado extra com a origem dos fósseis com os quais decidem trabalhar, ou sobre a melhor forma de fazê-lo.

Com tanto em jogo, fica uma questão central: o que um cientista deveria fazer quando encontra um fóssil de grande potencial científico, porém de possível origem ilegal? Nessa altura, chegamos a um ponto do debate onde muitas ideias e culturas científicas distintas entram em conflito. Enquanto não houver regras de conduta ética sobre esse tema claramente estabelecidas e compartilhadas por comunidades científicas pelo mundo, sempre haverá margem para interpretação e dúvida. No entanto, se o objetivo final for respeitar as regras e leis vigentes em cada país, incluindo o Brasil, a resposta deveria girar em torno de tentativas de repatriamento do material ao seu país de origem. Materiais brasileiros de origem ilegal, por exemplo, caso sejam devolvidos ao país, podem ser objeto de estudos e de publicações científicas efetuados em regime de colaboração entre autores/pesquisadores nacionais e estrangeiros. Ao serem depositados em coleções públicas nacionais, tais fósseis ficam acessíveis também a pesquisadores estrangeiros que desejem analisar o material para suas pesquisas. Além disso, podem ser feitas réplicas científicas dos fósseis, além de ser possível o empréstimo de forma temporária do próprio material original a instituições ao redor do mundo. Tais medidas não apenas permitem o estudo de um material de forma legal, como também ajudam o desenvolvimento da paleontologia nacional, e o estabelecimento de importantes parcerias com pesquisadores estrangeiros.

Assim como as leis canadenses, a legislação brasileira prevê o cuidado permanente do seu patrimônio histórico e científico representado pelos fósseis. Ela garante a acessibilidade da informação contida nos fósseis tanto a pesquisadores brasileiros quanto a de outros países, bem como promove a colaboração internacional na área. Em essência, os fósseis encontrados no Brasil representam um patrimônio nacional, bem como uma fonte de conhecimento científico para toda a humanidade, cujo cuidado é de responsabilidade e privilégio do povo brasileiro.

***Tiago R. Simões** é aluno de doutorado do Departamento de Ciências Biológicas, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2E9, Canadá. Email:*tsimoes@ualberta.ca.
***Michael W. Caldwell** é professor do Departamento de Ciências Biológicas e Departamento de Ciências da Terra e Atmosféricas, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2E9, Canadá.*

REFERÊNCIAS

1. Presidência da República, *Decreto-Lei nº 4.146 de 14 de março* (1942).
2. Departamento Nacional de Produção Mineral, *Portaria nº 542, de 18 de dezembro* (2014).
3. Ministério da Ciência e Tecnologia, *Portaria MCT nº 55, de 14.03.1990* (1990).
4. Presidência da República-Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, *Decreto no. 98.830, de 15 de janeiro* (1990).
5. Unesco, *Convention on the means of prohibiting and preventing the illicit import, export and transfer of ownership of cultural property*, 14 de novembro (1970).
6. Impey, O. R.; MacGregor, O. R. *The origins of museums: The cabinet of curiosities in sixteenth and seventeenth-century Europe*. (Oxford University Press, Oxford, 1985).
7. "Operação Munique é deflagrada para combater crime de contrabando de fósseis". Agência de Notícias da Polícia Federal 07/10/2013.
8. Escobar, H. "Author of 4-legged-snake paper defies Brazilian fossil laws", *O Estado de S. Paulo*, 23/07/2015.
9. Montanari, S. "The (potentially illegal) fantastic four-legged snake and ethics of fossil collection", *Forbes*, 24/07/2015.

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

A paleontologia nos museus brasileiros

Paulo Manzig

Museu dos Dinossauros de Peirópolis (MG) é uma das iniciativas recentes no Brasil, na área de divulgação de paleontologia, fora dos grandes centros urbanos

A notícia da descoberta de uma nova espécie de lagarto, de 80 milhões de anos, em Cruzeiro do Oeste, no noroeste do Paraná, em agosto passado, foi acompanhada de outra notícia não menos importante. O prefeito da cidade, Valter da Rocha, anunciou a criação de um centro de pesquisa paleontológica. Segundo Rocha, "precisamos criar condições para que a pesquisa possa ser feita aqui mesmo em nossa cidade, promovendo a capacitação de pessoal em instituições da região para a fixação dos fósseis no seu local de origem". Os fósseis, um verdadeiro cemitério de pterossauros, foram descobertos pelo agricultor Alexandre Dobruski, em 1971, mas permaneceram ignorados até 2012, quando ganharam destaque após a publicação do livro de divulgação científica, *Museus & fósseis da região Sul do Brasil* (Germânica, 2012).

É significativa a tendência de aumento no número de museus relacionados à paleontologia, especialmente a partir da década de 1980. Essa tendência coincide com a crescente interiorização das universidades brasileiras e é possível que esteja relacionada também a um maior interesse da mídia por dinossauros, desde o fenômeno cinematográfico *Jurassic Park*, de 1993. Mas, até que ponto essas iniciativas são sustentáveis em longo prazo e são capazes de aumentar o conhecimento do público sobre paleontologia?

CENÁRIO NACIONAL Atualmente, no Brasil, existem 68 instituições com material paleontológico em seu acervo. Dos 3.025 museus catalogados pelo Instituto Brasileiro de Museus, Ibram, em 2011, 2,25% estão relacionados com a guarda e exibição de material paleontológico. A distribuição geográfica desses museus mostra um padrão praticamente similar ao padrão de distribuição da totalidade dos museus brasileiros, ou seja, grande concentração nas regiões Sul e Sudeste, destacando-se os estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais. A maior parte do conteúdo fossilífero (32,4%) apresentado em museus está inserido em museus de ciências naturais. Museus de paleontologia *stricto sensu* exibem 23,6% desse conteúdo; museus de natureza eclética, 14,7% e museus de geociências, 13,3%. O restante está distribuído em museus de ciência, de arqueologia e parques temáticos.

A criação de uma consciência sobre valor cultural e preservação do patrimônio cultural e natural dá a tônica do trabalho de boa parte das instituições brasileiras, a despeito da precariedade que lhes é imposta devido a diversos fatores, em especial o econômico, que repercute principalmente na qualidade da expografia, mediação, contratação de pessoal, serviços básicos de manutenção e limpeza, atualização de acervo, segurança, entre outros.

Dos 68 museus com acervo paleontológico, 35% são museus universitários, públicos ou privados, submetidos à cultura do academicismo científico. Normalmente, os espaços ocupados por museus universi-

tários são adaptações não adequadas à finalidade museológica, com recursos humanos compostos por acadêmicos e estagiários de diversas disciplinas nem sempre relacionadas com as áreas de museologia, curadoria, expografia e mediação.

PALEONTOLOGIA NO INTERIOR No Brasil, a maior autonomia dada aos municípios pela Constituição de 1988, possibilitou o crescimento no número de museus municipais, a maioria constituída por pequenas instituições. Dentro do universo da paleontologia, pouco mais de um quarto (27,9%) dos museus são municipais, mas eles ainda são vistos com certo preconceito, algumas vezes justificado, de que a transitoriedade das administrações municipais e a precariedade de recursos não garantem a esses espaços a certeza de continuidade que seria desejada. Mas a sua presença numérica no cenário museológico brasileiro não pode ser ignorada.

Os museus municipais devem ser pensados e respeitados dentro do princípio do direito de cidadania – uma conquista recente da democracia brasileira que acabou chegando também ao universo dos fósseis – direito este relacionado à preservação da memória e do patrimônio. O Museu dos Dinossauros, em Peirópolis, pequena vila situada a 21 quilômetros do centro de Uberaba (MG), e o Centro de Pesquisas Paleontológicas "Llewellyn Ivor Price" anexo ao museu, por exemplo, foram iniciativas da prefeitura de Uberaba, posteriormente transferidas à administração da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), e que se transformaram em uma das principais referências em paleontologia no Brasil.

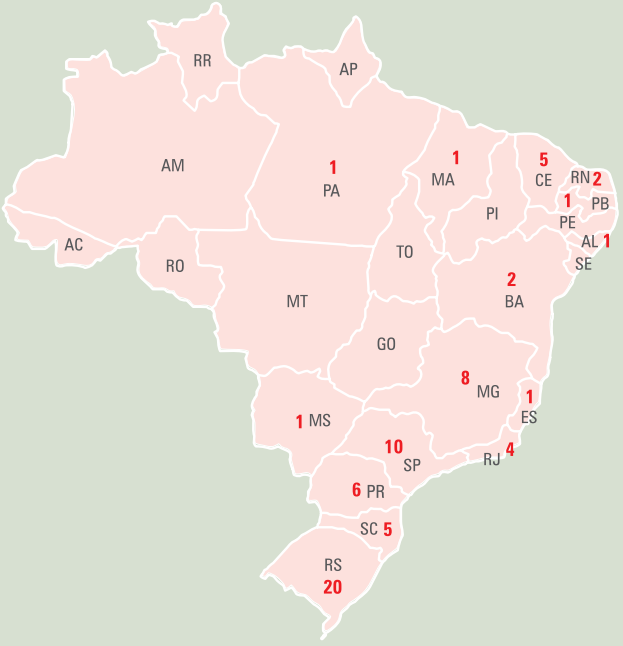
Nessa mesma linha, enquadram-se os esforços da prefeitura de Cruzeiro do Oeste que, com a criação de um centro paleontológico, lança as bases para um projeto ainda maior, construir em futuro próximo um museu de referência na educação em geografia física e paleontologia para a região noroeste do estado do Paraná.

DESAFIOS O grande público demonstra interesse por fósseis, especialmente por dinossauros, entretanto, tempo geológico e evolução não são conceitos fáceis de serem ensinados. Para esse entendimento são necessários artifícios didáticos capazes de conectar contextos separados por milhões de anos e transmitir uma percepção, mesmo que vaga, da dimensão desse tempo passado, no qual se desenvolveu toda a história do planeta Terra, as adaptações evolutivas da vida e a brevíssima história da humanidade.

Os objetos em exposição nos museus de paleontologia, além de fazerem parte de um mundo natural que foi musealizado, refletem também a cultura das pessoas envolvidas no processo de musealização – desde a coleta até os prepativos para exposição. Eles também são resultado de uma longa história de construção de um conhecimento científico que permitiu um amadurecimento da percepção sobre os fósseis no seu contexto temporal (idade) e espacial (ambiente geológico). Enquanto agentes de divulgação científica, é fundamental que esses espaços possuam mediadores treinados e capacitados para explorar essas possibilidades de conexão entre o objeto exposto e uma diversidade de tantos outros conhecimentos, sempre instigando o espírito de curiosidade do ser humano.

Paulo Manzig é mestre em divulgação científica e cultural pela Unicamp com pesquisa sobre museus de paleontologia

Quantidade de museus com acervos paleontológicos por unidade da federação



RECICLAGEM E DESTINAÇÃO DO LIXO ELETRÔNICO EM GOIÂNIA

Dagmar Borges da Silva; Cláudia Cristina Sousa de Paiva; Julianna Affonso F. Souza; Rodrigo Elias de Rezende; Sueli Maria Moraes Pacheco; Eline Jonas; Irmtraut Araci Hoffmann Pfrimer; Luc Vandenberghe

A presença de computadores e materiais eletroeletrônicos está totalmente incorporada à vida cotidiana da atualidade. As mídias digitais não cessam de se expandir e, em vários países, incluindo-se o Brasil, o número de celulares chega perto ou já é maior que o número de habitantes (1). E, em relação ao comportamento social, percebe-se que possuir o aparelho mais moderno é uma meta quase comum, cuja consequência é um assustador aumento do lixo eletrônico. Alguns dados impressionantes a esse respeito podem ser descritos. Em janeiro de 2012, o Brasil já havia superado a marca de 245 milhões de celulares (1). Um cidadão britânico produz em média 3,3 toneladas de lixo eletrônico ao longo da vida. Embora 80% dos componentes de um celular poderiam ser reciclados, em 2009 apenas 3% dos aparelhos tinham esse fim. O tempo de vida médio de um celular é de 18 meses, e o de um computador três anos (2).Em 2011, havia 5,6 bilhões de aparelhos celulares, 11% a mais que no ano anterior, segundo a GartnerNewsroom (3).

Herat e Agamuthu (4) destacam dois países no cenário global do lixo eletrônico: Estados Unidos, maior gerador de lixo eletrônico do mundo, e Índia, país com maior taxa mundial de crescimento da indústria eletrônica. Entretanto, não menos importante é a China, considerada um dos países de maior potencial produtor de lixo eletrônico nos próximos anos, em razão do ritmo crescente de industrialização, além de sediar o maior lixão internacional de resíduos eletrônicos (5). No que se refere à gestão do lixo eletrônico e pioneirismo em legislar sobre o assunto, a Suíça é apontada como país-modelo (6). Nos quatro casos, a preocupação essencial não é apenas com a geração do lixo eletrônico, mas com sua reciclagem e destinação, pois é indubitável que o seu descarte inapropriado (em lixões ou aterros sanitários) gera degradação ambiental. Isso por causa da composição de inúmeros metais pesados que os constituem. A produção de eletrônicos enseja por si só o desgaste de recursos naturais.

Artigo publicado no site do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) mostra o Brasil em primeiro lugar na produção de lixo eletrônico derivado de computadores (mais de 0,5 kg per capita/ano), ultrapassando mesmo a África do Sul, Marrocos e México, países com altos níveis de venda de computadores que obtiveram índice um pouco superior a 0,4kg per capita/ano (7). De acordo com estudo da Universidade das Nações Unidas, para se construir um único computador são utilizados cerca de 1800 quilos de materiais dos mais diversos tipos, sendo que, desse total, 1500 quilos somente de água na fabricação, 240 quilos de combustíveis fósseis e 22 de produtos químicos.

OPORTUNIDADES NO LIXO No Brasil, enquanto uns desconhecem o destino do lixo eletrônico, outros já descobriram oportunidades de lucro advindo desse descarte. Em Goiânia, a empresa Sucata Eletrônica, criada em 1998, foi a primeira a perceber como tirar proveito do que está sendo jogado fora e garante que a maioria dos componentes de um computador é reaproveitável. Metais preciosos como a prata e o ouro, além de valiosos, podem ser reutilizados. Desafios relacionados ao lixo eletrônico trouxeram à tona

Arquivo pessoal/Dagmar Borges

Seleção de componentes eletrônicos para reciclagem na empresa Sucata Eletrônica em Goiânia (GO)

a experiência de Rodrigo Baggio que, ao lançar uma grande campanha de arrecadação de computadores, explicitou que não era o caso de disponibilizar equipamentos eletrônicos para pessoas socialmente excluídas, pois elas não sabiam como utilizá-los. Nasceu assim a primeira Escola de Informática e Cidadania (EIC), no morro Dona Marta, na cidade do Rio de Janeiro, oferecendo cursos básicos de informática. Fundada por Baggio em 1995, tornou-se uma da Organização Não-Governamental (ONG) apartidária, utilizando as tecnologias da informação e comunicação (TICs) para melhorar a qualidade de vida da população e fomentar o exercício da cidadania. Depois disso foi criado o Comitê para Democratização da Informática (CDI) no Brasil e no mundo, a fim de usar a tecnologia e estimular o empreendedorismo e a cidadania.

Em Goiás, no ano 2000, foi criado o Comitê para Democratização da Informática (CDI-GO) que, nessa trajetória, impactou mais de 26 mil pessoas, entre crianças, jovens, adolescentes, adultos, idosos e pessoas em situação de risco social. Após o desmonte de computadores e reaproveitamento de componentes eletrônicos, o restante do lixo eletrônico (fios de cobre, placas de metal, alumínio, prata, ouro, plástico etc) é destinado a parceiros como, por exemplo, a empresa Sucata Eletrônica, para nova separação e reciclagem.

Conforme se afirmou anteriormente, o lixo eletrônico é um dos mais novos problemas da modernidade. O quesito ambiental, colocado pela ONG do CDI-GO sobre a reciclagem de lixo eletrônico, também vem se configurando para o desenvolvimento da comunidade. Como coletar? Como reciclar? Como destinar? O chamado resíduo tecnológico começa a ser acumulado de maneira preocupante em aterros e lixões tornando-se um dos problemas da modernidade e, assim, um problema de saúde pública.O acúmulo de lixo eletrônico não foi previsto pelas indústrias e nem mesmo pela sociedade (8), como se percebe pelo trata-

Fotos: Arquivo pessoal/Dagmar Borges

Acima, Fidelino Lacerda (CDI-GO) mostra componentes de computador reciclados, abaixo, Eurípedes Rezende Primo (empresa Sucata Eletrônica, Goiânia, GO) desmonta gabinete de computador para reciclagem

mento dado à área de informática que, por muito tempo, não foi vista como uma indústria poluidora, antes que o crescimento tecnológico acelerado diminuísse enormemente o ciclo de vida dos equipamentos, gerando grandes quantidades desse lixo.Evidenciam-se, atualmente, os problemas ambientais produzidos pelo descarte indevido do lixo eletrônico, como a contaminação do meio ambiente e o surgimento de várias doenças causadas pela absorção de metais pesados como chumbo, cádmio e mercúrio e a absorção de dioxinas provenientes de plásticos, muito utilizados nos produtos eletrônicos. Ao serem depositadas na natureza, essas substâncias entram na cadeia alimentar pela base e seguem por toda ela, atingindo diversificadas espécies de animais, inclusive o ser humano. Desta maneira, os consumidores finais são os que acabam ingerindo a maior quantidade de substâncias nocivas e os que mais sofrem com as consequências, estando entre elas doenças graves, como o câncer (9).

TECNOLOGIA DO BEM Pensando no futuro, o CDI-GO abrigou projetos de inclusão digital nos Comitês para Democratização da Informática de Goiás Comunidade (CDIs Comunidade), oferecendo cursos básicos e avançados de informática e cidadania, oficinas planejadas de acordo com a necessidade de segmentos do mercado e projetos específicos, nacionais e internacionais, elaborados de acordo com as necessidades de cada parceiro/comunidade. Os dados mostram uma crescente integração desses projetos com as comunidades que, paralelamente, utilizam as mídias sociais, desempenhando papel revolucionário, para reivindicar ou mobilizar a sociedade contra desigualdades sociais em sua cidade. Os objetivos reais do CDI-GO vislumbram a plataforma de mobilização social, convidando a sociedade e diferentes comunidades para promover ações que usem a "tecnologia do bem", por exemplo para a criação de um aplicativo que tenha a função de melhorar a coleta seletiva de um determinado bairro (10). Importa destacar, por um lado, que o CDI-GO possui parceiros, doadores, associados colaboradores e voluntários visando manter a ONG e, por outro, que as agressões ao meio ambiente afetam, de modo desigual, as pessoas que dele dependem para viver e trabalhar. Desta forma, parte significativa do lixo eletrônico já é, hoje, oferecida em plataformas colaborativas e não remuneradas. O mesmo pode ser dito do uso de materiais reciclados com base na preocupação explícita de reduzir seu impacto nos ecossistemas: reciclagem de materiais eletrônicos e seu reaproveitamento ajudam outras pessoas que precisam, como no caso do CDI-GO.

O que nem todo mundo sabe é que esses materiais têm quase 100% de aproveitamento em indústrias de reciclagem. O plástico da impressora, por exemplo, serve para a produção de sandálias, brinquedos e baldes, como acontece na empresa Sucata Eletrônica. E quanto aos outros componentes da impressora, depois de retirados os cartuchos de tinta, alguns são triturados no proces-

so de reciclagem. Plásticos e metais são separados de cabos e fios que são revendidos como matéria-prima. O vidro do monitor de vídeo é moído para ser vendido como matéria-prima para pisos-cerâmicos, para-brisas e bolinhas de gude. Também o plástico, o metal e o silicone do teclado são triturados e vendidos como matérias-primas. O alumínio das placas eletrônicas vai para a fabricação de janelas e basculantes. Ouro, prata e níquel são extraídos de placas eletrônicas para serem reutilizados em novos chips ou vendidos para joalherias. A maior parte dessas impressoras chega à empresa de maneira informal e tem sua origem desconhecida, configurando uma situação pouco perceptível (11) e ainda existem sérias lacunas no que diz respeito à reciclagem e destinação do lixo eletrônico em Goiânia. Mas, mesmo que haja incertezas e falta de compreensão, é preciso acreditar que o início está acontecendo, ainda que minimamente. E um primeiro resultado é a constatação de uma maior conscientização entre a sociedade (da menor à maior idade) quanto ao meio ambiente e à necessidade de tratamento do lixo eletrônico.

Com base no exposto, pode-se afirmar que a questão do lixo eletrônico vem se tornando uma realidade cada vez mais palpável e preocupante, o que tem causado reflexos no crescimento e relativo amadurecimento da legislação nacional sobre o assunto. O ritmo acelerado de produção desses resíduos, aliado à melhor compreensão dos riscos à saúde e ao meio ambiente decorrentes do seu descarte inadequado, confere um caráter de urgência ainda maior à temática. Contudo, a medida real do problema ainda é, em grande parte, desconhecida. Estatísticas confiáveis ou oficiais são escassas e a cadeia de pós-consumo está longe de atingir a maturidade. Declarações de agentes envolvidos apontam a necessidade de maiores esclarecimentos sobre a reciclagem e sobre a destinação, de forma geral, do lixo eletrônico. As concepções estão, ainda, majoritariamente, associadas a visões simplistas, que apontam para uma compreensão mínima sobre a proteção ao meio ambiente.

Dagmar Borges da Silva *é tecnóloga em processamento de dados e professora de informática do Instituto Federal de Goiás. É acadêmica e bolsista do Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares (Prosup/Capes) no Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO). Email:* bs.dagmar@gmail.com.

Cláudia Cristina Sousa de Paiva *é farmacêutica bioquímica e professora da Universidade Paulista e Universidade Estácio de Sá, na cidade de Goiânia (GO). Atua na área de manipulação de produtos farmacêuticos e cosméticos. É mestranda em ciências ambientais e saúde da PUC-GO.*

Julianna Affonso F. Souza *é professora e coordenadora pedagógica na Anhanguera Educacional em Goiânia (GO) na área de gestão de empresas. É mestranda em ciências ambientais e saúde da PUC-GO.*

Rodrigo Elias de Rezende *é contador e professor de ciências contábeis na Universidade Estadual de Goiás (UEG). É mestrando em ciências ambientais e saúde da PUC-GO.*

Sueli Maria Moraes Pacheco *é professora de geografia no Colégio da Polícia Militar de Porangatu-Goiás. É mestranda em ciências ambientais e saúde da PUC-GO.*

Eline Jonas *é socióloga e professora-doutora do Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde da PUC-GO.*

Irmtraut Araci Hoffmann Pfrimer *é farmacêutica bioquímica e professora doutora do Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde da PUC-GO.*

Luc Vandenberghe *é psicoterapeuta e psicólogo clínico e professor-doutor do Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde da PUC-GO.*

REFERÊNCIAS

1. Anatel, Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em: <http://www.infomoney.com.br/minhas-financas/noticia/2343572/celulares-numero-novas-linhas-janeiro-maior-dos-ultimos-anos>. Acesso em: 17 nov 2014.
2. Prizibisczki, C.. Disponível em: <http://www.oeco.org.br/reportagens/21841--impactos-do-desenvolvimento-tecnologico>. Acesso em: 17 nov 2014.
3. GartnerNewsroom. Disponível em: <http://www.gartner.com/technology/home.jsp>. Acessoem: 17 nov 2014.
4. Herat, S.; Agamuthu, P. "E-waste: a problem or an opportunity? Review of issues, challenges and solutions in Asian countries". *Waste Management & Research*, London, v. 30, n. 11, p. 1113-1129, nov. 2012.
5. Pnuma, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.pnuma.org.br>. Acesso em: 16 fev 2015.
6. Queiruga, D.; González, B.G.; Lannelongue, G. "Evolution of the electronic waste management system in Spain". *Journal of Cleaner Production*, (24), 56-65. 2012.
7. Schluep, M. et al. "Reciclagem e recursos do lixo eletrônico. Inovação sustentável e transferência de estudos tecnológicos do setor industrial". Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas e da Universidade das Nações Unidas, 2009. p. 45.
8. Mattos, K.M. da C.; Mattos, K.M.C.; Perales, W. J. S.."Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente". Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 28, 2008.
9. Oliveira, B.C., et al. Projeto E-lixo. São Paulo: EACH, 2010.
10. Pacheco, Q. I.. Comitê para Democratização de Informática de Goiás. In: CDI Goiás – Transformando vidas através da tecnologia. Goiânia, Goiás. Disponível em: www.cdigoias.org.br. Acesso em 15 nov 2014.
11. Sucata Eletrônica, empresa. Comunicação Oral em 19 nov 2014.

PALEONTOLOGIA

Paleoarte une arte e ciência

Os vestígios encontrados nos sítios paleontológicos trazem informações valiosas sobre a pré-história, possibilitando construir um cenário da evolução da vida no planeta. No entanto, pedaços de esqueletos e fósseis são geralmente desprovidos de detalhes da morfologia externa, como cor e textura. Dar forma e vida a esse cenário pré-histórico é o trabalho dos paleoartistas. Seu trabalho é fundamental para os cientistas testarem hipóteses a respeito de um fóssil e ainda uma importante ferramenta de divulgação científica. "Não existe outra forma de representar como foi o passado extinto da Terra a não ser pela recriação artística. Nesse sentido a paleoarte se torna o rosto da paleontologia para o público", acredita o paleoartista Rodolfo Nogueira. Por outro lado, segundo o artista Luciano Vidal, é uma área ainda pouco explorada no Brasil. "É um campo que pode crescer muito", acredita.

Para celebrar o trabalho desses profissionais, duas exposições foram organizadas recentemente. A primeira aconteceu no Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), de abril a julho. A mostra *Arte com dinossauros* exibiu o trabalho de Maurilio Oliveira, um dos pioneiros da paleoarte no Brasil. Foram expostas ilustrações, esculturas em tamanho real e maquetes mostrando dinossauros em seus ambientes. A segunda ainda está sendo realizada no Museu de Ciências Naturais (MCN) da Univates, localizada em Lajeado (RS). Intitulada *Paleontologia: uma aventura muito além dos dinossauros*, a mostra traz obras, réplicas, ilustrações e fósseis, além de oficinas para alunos do ensino fundamental. A exposição foi aberta em 03 de setembro e vai até o início de dezembro com entrada gratuita.

Luciano Vidal

Ilustração da espécie *Caiuajara dobruskii*

MUITO ALÉM DOS DINOSSAUROS A paleoarte não retrata apenas dinossauros. Segundo Vítor Silva, seu trabalho, assim como de outros paleoartistas consiste em retratar a vida pré-histórica (animais, plantas, ambientes ou mesmo os próprios fósseis) unindo técnicas artísticas e rigor científico. "A paleoarte – ou paleontografia (termo mais formal) – consiste na representação visual de hipóteses científicas sobre a anatomia, aparência ou as relações ecológicas de espécies fósseis. Essas hipóteses são formuladas a partir do estudo sistemático dos fósseis, um campo de domínio da paleontologia", aponta o paleontólogo e paleoartista Felipe Alves Elias, pesquisador do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP).

Um trabalho de paleoarte utiliza desde técnicas tradicionais de desenho com nanquim até modernos softwares de edição de imagens, além de modelagem/escultura, animação etc. "Uso técnicas digitais e tradicionais. No tradicional, trabalho com ilustração 2D (nanquim ou grafite sobre papel) e com esculturas em escala, utilizando porcelana fria. No digital, faço ilustrações utili-

zando uma mesa digitalizadora e o photoshop", conta Silva. O resultado pode ser uma ilustração, uma escultura, uma animação digital e até mesmo um robô.

Quando se trata de dinossauros, as obras são desenvolvidas a partir dos ossos provenientes de escavações, que geralmente trazem marcas indicando onde havia inserção de músculos e ligamentos. Porém, geralmente o esqueleto desses animais não está completo. Daí os paleoartistas têm que recorrer a esqueletos de animais semelhantes para tentar completar as informações sobre a anatomia. A comparação com animais extintos (como outros dinossauros) e com espécies que vivem hoje (como lagartos e aves) é fundamental. É ela que dá dicas quanto a textura, padronização e coloração da pele. "A imaginação conecta as descobertas e preenche as lacunas e a arte traduz o conhecimento acadêmico em imagens passíveis de entendimento pela sociedade", explica Nogueira. E, assim, surgem animais nunca vistos por olhos humanos.

A aplicação da paleoarte é vasta. As obras criadas por esses artistas podem compor projetos científicos, servir como ferramentas de divulgação para o público em geral em mostras e exposições, ilustrar livros didáticos etc. "Tive o privilégio de participar de diversos projetos, abrangendo vários segmentos com diferentes alcances, desde exposições temporárias e projetos em museus, livros, revistas, jornais e até mesmo álbuns de figurinhas", conta Elias, do Museu de Zoologia da USP.

Vitor Silva

Ilustração da espécie *Balaur bondoc*

ARTE E CIÊNCIA O material mais importante para se criar uma obra de paleoarte é a ciência. Cada obra depende de vasta e rigorosa pesquisa. "Embora a técnica artística seja fundamental para dar forma às ideias, a qualidade de uma produção paleontográfica depende intrinsecamente da informação científica que a alimenta. Ela precisa estar muito bem embasada pelas evidências fósseis e deve traduzir as interpretações paleontológicas da maneira mais acurada possível", explica Elias.

Isso porque a paleoarte deve não apenas encantar seu público, mas também informá-lo. Profissionais que atuam nessa atividade precisam ser altamente capacitados para extrair o melhor possível da escassa informação disponível nos fósseis e transformá-la em um trabalho significativo, que tenha realmente algo a comunicar e ensinar. "É importantíssimo estar sempre atualizado quanto às descobertas, pois é comum acontecerem mudanças na paleontologia, seja por novos achados ou por novas análises", afirma Silva.

Chris Bueno

Vitor Silva

Escultura da espécie *Tupandactylus imperator*

ARTISTA DA ESPONTANEIDADE

Público brasileiro pôde acompanhar a maior mostra de Miró já organizada no país

De 24 de maio a 23 de agosto, São Paulo recebeu 112 obras do artista espanhol Joan Miró (1893-1983) na exposição "A força da matéria" realizada pelo Instituto Tomie Ohtake em parceria com a Fundação Miró de Barcelona. A mostra seguiu para Florianópolis, no Museu de Arte de Santa Catarina (MASC), onde permanecerá até 14 de novembro.

Na capital paulista, 397.134 pessoas foram conferir a exposição. "Essa é a maior mostra de Miró já organizada no Brasil e permite que o público possa ver mais de 40 pinturas do artista, técnica pela qual seus trabalhos ficaram mais conhecidos. Antes, o que tinha vindo para cá eram somente gravuras ou poucas pinturas", salienta Julia Lima, pesquisadora e membro do Núcleo de Pesquisa e Curadoria do Instituto Tomie Ohtake. Das 112 obras, são 41 pinturas, 22 esculturas, 20 desenhos, 26 gravuras e três objetos (pontos de partida de esculturas). O conjunto se completa com fotografias sobre a trajetória do artista. "É importante notar que essa mostra traz uma seleção de 50 anos de produção de Miró, o que faz com que o público possa acompanhar visualmente cada mudança, cada experimentação, cada salto do trabalho", afirma a pesquisadora.

A exposição foi dividida em três grandes blocos: as décadas de 1930 e 1940, com destaque para as pinturas e desenhos da época da Guerra Civil Espanhola e da Segunda Guerra Mundial; 1950 e 1960, onde o público confere técnicas diversas e que mostra uma fase de experimentação de Miró, momento em que ele mostra seu talento nas esculturas; e, finalmente os anos 1970, em que seu trabalho questiona o sentido final da arte, com destaque para a coleção de gravuras.

Além da pintura, Miró trabalhou sobre diferentes suportes, como tela, papel, madeira, papel de embrulho, tecido, telas de outros artistas. "Na mostra há objetos usados pelo artista como ponto de partida para as esculturas, gravuras (também de diversas técnicas – água-tinta, água-forte etc.), desenhos e vídeos que mostram Miró em ação e contam do processo criativo do artista", diz Lima.

DESCONSTRUÇÕES Miró produziu intensamente durante toda a vida, convivia com as próprias obras no ateliê por anos e chegava a destruí-las ou revisitá-las, recobrindo com tinta pinturas antigas. Lima afirma que há exemplos disso na exposição, inclusive, telas pintadas em 1940 e que foram recobertas quase totalmente com tinta preta em 1974 pelo artista. "Ele sempre falava do desejo de 'destruir' a pintura. No entanto, essa vontade se traduzia numa prática que criava novos modos de pintar – abandonando o cavalete e partindo para o chão, abdicando da tela e usando qualquer suporte material que encontrasse, abandonando a figura, mas não sem se fixar unicamente em formas e cores".

São obras bem coloridas com a presença do amarelo, vermelho, azul, branco, preto, roxo, verde e laranja em toda a sua produção, mesmo nos períodos de conflito. "As cores não necessariamente refletiam as emoções do artista, mas tinham ligação com o contexto em que vivia, um espelho do momento político mais do que de seu estado emocional", explica a pesquisadora.

O processo de criação de Miró busca a espontaneidade do gesto. Ao observar as pinturas do artista espanhol, são comuns as comparações com traços infantis. Segundo a curadora do Instituto Tomie Ohtake, na verdade, isso reflete sua espontaneidade. "Mais do que infantil ou primitivo, o trabalho de Miró buscava, sobretudo o espontâneo. Era uma vontade de criar algo e surpreender a si mesmo com o que havia desenhado ou pintado. Seu objetivo era expressar a simplicidade do infantil por meio de um gesto quase não pensado, um ímpeto, mas ao mesmo tempo construído com muito cuidado para não se ater a fórmulas prontas ou a gestos já dominados", finaliza a pesquisadora.

Patricia Piacentini

Divulgação Fundação Miró de Barcelona

Além de trazer pinturas de diversas fases do artista, a mostra teve ainda escultura e gravuras

Joan Miró – o pintor que queria desaprender

Joan Miró nasceu em Barcelona, Espanha, em 1893. Ainda jovem, adotou uma pintura de colorido intenso, com forte influência do movimento fauvista, que teve como seus principais representantes os artistas Henry Matisse e Maurice de Vlaminck. Em 1920, Miró viaja para Paris, cidade que impactou profundamente sua personalidade. Durante todo o período em que permaneceu na capital francesa, Miró não pintou uma única tela. Porém, entrou em contato com as artes de vanguarda: conheceu o cubista Pablo Picasso e se impressionou com as ideias do poeta francês Tristan Tzara, grande agitador do dadaísmo. Fez ainda amizade com o fundador do movimento surrealista, o escritor e poeta francês André Breton, Além de trazer pinturas de diversas fases do artista, a mostra teve ainda esculturas e gravuras.

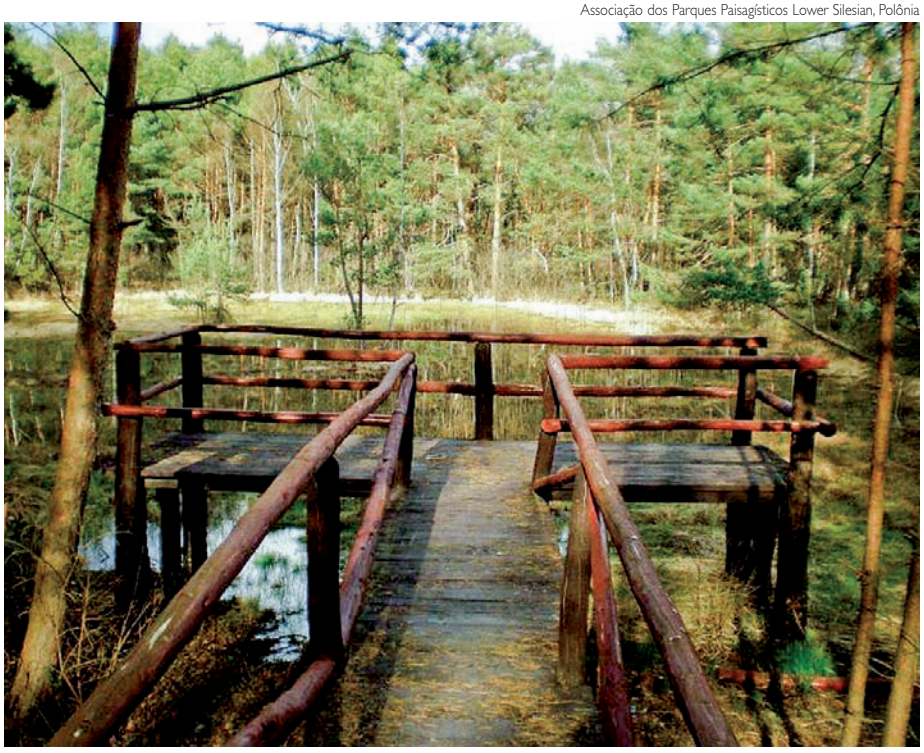
Miró se aproximou também de João Cabral de Melo Neto quando o escritor brasileiro, autor de *Morte e vida severina*, foi vice-cônsul em Barcelona no final da década de 1940 e depois cônsul geral no final dos anos 1960. Cabral, destacando o trabalho de Miró, disse que tratava-se de uma "pintura viva onde se destacam dois elementos: rompimento com o paradigma tradicional da pintura renascentista e o desaprender de qualquer habilidade, o que mantém a força do inédito".

A convenção europeia da paisagem

A Convenção Europeia da Paisagem (CEP) é o primeiro tratado internacional exclusivamente dedicado à paisagem. Ele desencadeou importante renovação conceitual, administrativa e metodológica na abordagem da paisagem. Em vigor desde março de 2004, o tratado foi construído a partir da constatação de que era necessário elaborar um instrumento legal dedicado exclusivamente à proteção, gestão e ordenação de todas as paisagens europeias. Mas, a que se refere esse novo conceito de paisagem?

Ao contrário do que poderia considerar o senso comum, a paisagem não se refere apenas àqueles cenários notáveis, seja no campo ou nas cidades. De acordo com a Convenção, paisagem "designa uma parte do território, tal como é apreendida pela população, cujo caráter resulta da interação de fatores naturais e/ou humanos". O texto também estabelece que todas as pessoas têm direito a uma paisagem de qualidade e inclui, no âmbito de aplicação de suas políticas, o território em toda sua totalidade, incidindo sobre as áreas naturais, rurais, urbanas e periurbanas. Refere-se tanto às paisagens que possam ser consideradas excepcionais como aquelas da vida cotidiana e inclusive as ordinárias e degradadas.

Associação dos Parques Paisagísticos Lower Silesian, Polônia



Antiga base aérea que foi recuperada e transformada em parque na Polônia, é exemplo de paisagem revitalizada

PRIMEIROS RESULTADOS A ratificação da Convenção possibilitou a criação de centros de estudo dedicados ao tema, bem como a elaboração de documentos de análise específicos. Os catálogos da paisagem desenvolvidos pelo Observatori del Paisatge, da Catalunha-Espanha, bem como os *Atlas da paisagem*, do Ministério de Ecologia, do Desenvolvimento Sustentável e de Energia são exemplares nesse sentido. Eles são concebidos como documentos de conhecimento da paisagem e têm, entre outros, o objetivo de identificá-las, analisar as dinâmicas e as pressões às quais estão sujeitas, acompanhar suas transformações; caracterizá-las e avaliá-las inclusive segundo as demandas e os valores que lhe são atribuídos pelos atores intervenientes e pela população nela interessada.

Tratando dessa última questão, outra iniciativa importante da Convenção, buscando incluir a participação ativa dos interessados numa paisagem específica, foi a criação dos "objetivos de qualidade paisagística" o que supõe a formulação – pelas autoridades competentes – daquelas aspirações das populações relativas às características da paisagem do seu âmbito de vida. Além de respeitar os recursos da paisagem, buscar compreender seus processos, sua percepção pela população e fomentar a governança pública.

A Convenção também organiza a cooperação europeia no sentido de sensibilizar a sociedade civil, empresas públicas, privadas e autoridades sobre o valor das paisagens.

No âmbito da educação cada uma das partes signatárias da Conven-

Ana Rosa de Oliveira

Vista do rio canalizado em contato com a praia da Freguesia de Caxias em Portugal

ção compromete-se a incentivar a formação de especialistas nos domínios do conhecimento e intervenção na paisagem; promover programas de formação interdisciplinar em política, proteção e gestão e ordenação da paisagem nos setores público e privado: promover cursos em âmbito escolar e universitário que abordem valores ligados às paisagens e às questões relativas à sua proteção, gestão e ordenação. Também se instituiu o "Prêmio da Paisagem", destinado àquelas iniciativas eficazes do ponto de vista da sustentabilidade ou no estabelecimento de políticas de proteção, gestão ou ordenação de suas paisagens (ver box).

FRAGILIDADE DA PAISAGEM A Convenção Europeia da Paisagem vem promovendo o desenvolvimento sustentável, estabelecendo uma relação equilibrada e harmônica entre as necessidades sociais, as atividades econômicas e o ambiente. Nesse sentido ela busca transcender ideias ainda predominantes sobre a paisagem, cujo foco está mais nas suas singularidades do que em seu conjunto. No artigo "El retorno al paisaje" (Barcelona, 2010), o geógrafo Joan Nogué destaca que, se nossa consciência ambiental ou cultural permitiu proteger – através de figuras jurídicas diversas – determinadas porções do território especialmente valiosas pela sua riqueza ecológica ou patrimonial, hoje é necessário ir mais longe e superar essa visão protetora da paisagem sob forma de manchas de óleo, ou seja, de espaços protegidos dispersos pelo território e, no melhor dos casos conectados por corredores biológicos. Segundo ele, isso é fundamental porque "nunca tínhamos sido capazes de consumir tanto território em tão poucos anos, nem de transformá-lo com tal velocidade".

Ao apostar na ampliação dos "limites" geográficos e temáticos das paisagens e ao incentivar a busca de respostas objetivas para problemáticas complexas, a Convenção Europeia da Paisagem pode dar importantes pautas para ampliação dos nossos saberes e, talvez, para o melhor desempenho social e ambiental de nossas produções.

Ana Rosa de Oliveira

Prêmio da paisagem

A Associação dos Parques Paisagísticos Lower Silesian, Polônia, venceu a edição 2012-2013 do "Prêmio da Paisagem do Conselho da Europa". Parcialmente ocupado por uma antiga base aérea soviética até 1992, a área do Parque de Przemokowski, gerido pela associação, foi objeto de uma grande intervenção entre 1999 e 2009. O programa de revitalização da paisagem promoveu a recuperação e conservação dos valores naturais em consonância com o desenvolvimento de atividades que visassem o seu desenvolvimento econômico por meio do turismo, agricultura, educação ambiental e produção de energia. Inserido na bacia do rio Szprotawa, a intervenção incidiu sobre áreas protegidas, mas também sobre espaços agrícolas. Por isso procurou envolver as comunidades locais, das quais faz parte uma comunidade cigana, e os agricultores nas atividades de conservação. O projeto incluiu a recuperação de áreas naturais, dos caminhos rurais e do sistema de drenagem, incluindo ainda o desenvolvimento de diversos projetos educativos dirigidos às crianças e aos jovens.

Trajano Vieira

Nota sobre Lícofron

Tão enigmático quanto o longo poema *Alexandra*, com seus 1474 versos, é a identidade de seu autor. A informação mais antiga de que dispomos consta da *Suda*, a erudita enciclopédia histórica bizantina do século 10 de nossa era. A notícia sobre Lícofron contida nessa obra teria como fonte Hesíquio. Segundo o verbete, Lícofron foi um dos sete membros da chamada plêiade alexandrina. Teria escrito um bom número de tragédias, um tratado sobre comédia e o único texto integral remanescente, *Alexandra*, denominado, não sem razão, *skoteinón poiema*, "poema obscuro". Segundo a *Suda*, o autor teria vivido durante o reinado de Ptolomeu Filadelfo II, no século 3 a. C. Ocorre que os versos 1226-1235 anunciam e louvam o poderio romano, algo que dificilmente poderia ter se dado na corte do renomado faraó. Por esse motivo, vários comentadores modernos sugerem que o poema foi composto por um segundo Lícofron, não no século 3 a. C., mas no seguinte. Ainda hoje não há consenso sobre a datação do texto.

O poema emprega com maestria o mesmo metro da tragédia, o trímetro jâmbico. Por esse motivo, já foi lido como um monólogo trágico. Contudo, há nele aspectos da narrativa épica e, embora menos frequentes, tiradas cômicas. Sua linguagem é complexíssima e sua sintaxe parece dar vazão a um fluxo delirante. A coerência dessa elocução possessa reflete a identidade de Cassandra, ou como o poema prefere denominá-la: Alexandra. Como se sabe, sobretudo a partir da tragédia *Agamêmnon* de Ésquilo, essa filha de Hécuba e de Príamo e irmã de Heitor e Páris é uma sacerdotisa de Apolo, a qual, por recusar o contato amoroso com o deus, não consegue comunicar suas previsões. Sua identidade vincula-se ao fenômeno da "incomunicação", a tensão psíquica resultante da fala abortada. É assim pelo menos que ela é representada no drama esquiliano. Contribui com essa caracterização o fato de que o oráculo era pronunciado, na cultura helênica, na forma de enigma, que impunha decifração e análise por parte do consultante. Essa construção retórica tem a ver com a concepção grega arcaica sobre a natureza ambígua da linguagem, cujo sentido não coincide com a expressão imediata. O exercício hermenêutico impunha-se pela opacidade dos signos. No poema de Lícofron, deparamo-nos com uma linguagem desconcertante por seu caráter alusivo, pela compactação de episódios mitológicos e pela invenção vocabular que nos faz pensar na literatura experimental do século 20. Alguns helenistas preferem entrever nele certos procedimentos barrocos.

Cabe notar, apenas com o intuito de introduzir o leitor na rica tessitura dessa obra enigmática, de que apresento a tradução dos 85 versos iniciais, que o que lemos é o relato de um mensageiro a Príamo, do que afirma ter ouvido da boca de sua filha Alexandra.

ALEXANDRA

Relatarei com precisão o que me indagas,[1]
do pico do princípio. Caso me delongue,
queiras me desculpar, pois não tranquila a moça
franqueou a boca variegada dos oráculos
como antes, mas ecoando um grito indiscernível,
apolizava da laurívora garganta,
reproduzindo a voz da Esfinge enegrecida.
O que retêm minha memória e coração,
poderias ouvir e, repisando, rei,
na mente aguda, segue as vias indizíveis
desenrolando enigmas, onde a trilha lúcida
por senda reta nos conduz na escuridão.
Rompida a corda no seu ponto mais extremo,
percorrerei o curso de sua fala oblíqua,
alado corredor abalroando o marco.
Sobrevoava há pouco Aurora o penhasco
do Fégio sobre as asas rápidas do Pégaso,
deixando adormecido Títono em Cerne,
irmão altermaterno. Os nautas afrouxavam
os cabos do rochedo cavo na estiagem,
cortando amarras na zarpagem. Tez cegonha,
escolopendras moças olhicativantes
do monte Calvo, golpeavam as espátulas
em Tétis, mar virginicida, ilhas Cálidnas
para trás, os aplustres nítidos, as asas
brancas, as velas grandes bracidesfraldadas
pelo ressopro apártico do ardor ciclônico.
Divapossessa, escancarando a boca báquica,
do Ate novilherrantedificado altivo,
pelo princípio Alexandra principia:

Ai! Infeliz nutriz incendiada outrora[2]
também por pinhos porta-hostes do leão
trivesperal, a quem o cão dentiafilado
do Tritão encerrou um dia na queixada.
Mas vivo, trincha as vísceras perdendo o pelo
ao bafo da bacia num braseiro sem
flama, caindo um a um os fios do bulbo,
infanticida tétrico de meu país!
E da segunda mãe golpeia o esterno incólume
pesadamente contra o fuso e na arena
ergue entre as mãos um pugilista, o próprio pai,
rente à penha de Cronos, onde está a tumba
de Isqueno, ser da Terra que ataranta equinos.
E a cadela enfurecida espreitadora
do estreito oceânico do Ausônio, assassinou,
quando pescava além caverna, uma leoa
taurileta, que o pai refez carbonizando
as carnes com as tochas do sarmento, um ser
que destemia a Escorchadora deusa do ínfero.
Ardil sem lança, outrora um cadáver o
eliminou, alguém que recebera o Hades.
Miro-te, pobre, uma segunda vez em chamas[3]
por mãos eácidas e chefes de Letrina,
ruínas de fogo e restos de um infante, prole
de Tântalo, que o fusco ardor dilacerou,
pelos penachos do boieiro Teutareu.

[1] Versos 1-30: O mensageiro prepara-se para relatar a Príamo o que ouviu de sua filha Alexandra (Cassandra), aprisionada num cárcere de pedra, pouco antes da viagem de Páris. No original, as palavras de abertura contêm um anagrama de *Alexandra: lex*/o t/*a pant*/a ne/*tre*/kos, em que o próprio discurso ocupa lugar central: "direi tudo com precisão". Cabe lembrar que Lícofron escreveu um livro com invenções anagramáticas, do qual infelizmente só conhecemos dois exemplos. Alexandra nutre-se de louro (6), como os advinhos, antes de pronunciar as palavras inspiradas. Aurora parte de sua morada no monte Égio, abandonando o marido (e meio-irmão de Príamo) Títono em Cerne, ilha situada na costa africana (16-19). Páris está prestes a abandonar Tróia com sua esquadra, fabricada com madeira do monte Calvo (referida como "filhas", v. 24), de múltiplos remos (aludidos como "escolopendras"), cor de cegonha, golpeando Tétis (por mar), deixando para trás as ilhas Cálidnas (25), em Tênedos. Inspirada (29), do monte Ate ("Insensatez", "cegueira do espírito", "ruína" enviada pelos deuses), Alexandra inicia sua fala. Notável o composto cunhado no verso 29, que nos dá uma ideia da compactação mitológica operada frequentemente por Lícofron: Ilos, seguindo um oráculo, funda a cidade onde uma de suas vacas se aloja. Isso ocorre no monte Ate, na região troiana.

[2] Versos 31-51: Tróia (31: nutriz) foi anteriormente destruída por Héracles (33: leão), de três noites: duração do tempo da relação entre Zeus e Alcmena, de que Héracles veio à luz (33-34). Antes da expedição grega, Tróia foi destruída duas vezes: o rei Laomedonte recusou-se a pagar Posêidon, depois da construção da muralha. O deus do mar ordena que o Tritão inunde a cidade (34). Posêidon exige o sacrifício de Hesíone. Héracles (34: cão) sai das entranhas do monstro e o mata, perdendo os cabelos por causa do calor (37). Como compensação, exige os cavalos de Ganimedes, irmão de Laomedonte. Com a recusa, Héracles devasta, pela segunda vez, a cidade de Tróia, matando Laomedonte e seus filhos. Héracles infanticida (38: conforme o mito central do *Héracles* de Eurípides). Hera teria amamentado Héracles (39: segunda mãe), que a agride durante a guerra contra Pilos. Héracles, fundador dos jogos olímpicos, derrota o próprio pai, Zeus, que entra na arena sob forma humana (41). Isqueno, gigante que se autossacrificou para fazer cessar a fome dizimadora, estaria enterrado na sede dos jogos, Olímpia, cuja tumba espantava os cavalos no contexto da corrida (42-3). No mar siciliano (Ausônio), Héracles elimina a cadela Cila, matadora-de-touros (44). O pai a ressuscita, queimando sua carne, a ela que não temia Perséfone (49: deusa dos ínferos). Retomando argumento das *Traquínias* de Sófocles, Héracles é morto por um morto, o centauro Nesso que, agonizante, entrega à esposa do herói, como filtro amoroso, o veneno que o matará, "ardil sem lança" (50).

[3] Versos 52- 56: Profecias antigas referiam-se a três episódios da segunda derrota de Tróia: ação de Neoptólemo (53: eácidas), a transferência do ombro de marfim de Pélops, de Letrina para Tróia (55), e as flechas de Héracles entregues a Filoctetes: Teutareu concede a Héracles suas próprias flechas (56: por sinédoque: "penachos"), que as doa a Filoctetes.

Trajano Vieira *é doutor em literatura grega pela Universidade de São Paulo e professor de língua e literatura grega no IEL da Unicamp, onde obteve o título de livre-docente em 2008. Foi bolsista da Fundação Guggenheim (2001), com estágio pós-doutoral na Universidade de Chicago (2006) e na École des Hautes Études en Sciences Sociales de Paris (2009-2010). Além de ter colaborado, como organizador, na tradução realizada por Haroldo de Campos da* Ilíada *de Homero (2002), tem se dedicado a verter poeticamente tragédias do repertório grego, como* Édipo Rei *(2001) e* Filoctetes *(2009), de Sófocles;* Agamêmnon *(2007) e* Os persas *(2013), de Ésquilo; e* Medeia *(2010), de Eurípides. Trajano é também o tradutor das comédias* Lisístrata e Tesmoforiantes *de Aristófanes (2011) e da* Odisseia *de Homero (2011). Suas versões do* Agamêmnon *e da* Odisseia *receberam o Prêmio Jabuti de Tradução. Atualmente prepara uma edição do* Alexandra *de Lícofron.*

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

Artigos & Ensaios

http://cienciaecultura.bvs.br
cienciaecultura@sbpcnet.org.br

A seção **Artigos & Ensaios** da revista *Ciência e Cultura* possui quatro páginas destinadas a atender demandas espontâneas da comunidade científica que não se encaixem dentro do Núcleo Temático de cada número. A seção abriga textos com uma reflexão sobre temas da atualidade científica e de interesse da sociedade como um todo, nas grandes áreas do conhecimento.
A formatação dos artigos deverá seguir as **normas** publicadas abaixo. Os textos serão avaliados e sua publicação seguirá agenda de interesse editorial da revista. Não é recomendada a submissão de artigos e ensaios de interesse exclusivo de grupos de especialistas ou que tenham sido anteriormente publicados, em veículos da comunidade científica ou mídia em geral.

NORMAS

SEÇÃO ARTIGOS & ENSAIOS Possui 4 páginas, destinadas a um texto de 17,5 mil caracteres com espaçamento (sem imagens) ou 16 mil (com até 3 imagens).

FORMATO Cada artigo terá o máximo de 3 gráficos, tabelas ou imagens, considerados fundamentais para a ilustração e melhor entendimento do texto. Esse material deve ser enviado em arquivo separado e com antecedência, para sua confecção e checagem junto ao articulista. O envio de número superior a esse deverá oferecer a opção de escolha para a edição, se houver necessidade de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS As citações e referências serão indexadas numericamente no texto, em ordem crescente, e aparecerão no final do artigo, sob o título **Notas e Referências**, se ambas ocorrerem; ou **Notas, ou Referências**, se apenas uma das duas ocorrer. Existe, ainda, a opção **Bibliografia consultada**, sem citações referenciadas e numeradas ao longo do texto.

RODAPÉ Notas de rodapé não são utilizadas.

CRÉDITO A assinatura do articulista virá logo abaixo do título e suas qualificações – que devem ser encaminhadas **sempre** no corpo do texto e não exceder cinco linhas – serão editadas ao final. Modelo: ***José da Silva*** *é biólogo, professor titular do Instituto de Bioquímica da Universidade de São Paulo (USP) e presidente do Centro de Pesquisa em Biologia Molecular do Instituto XYZ.*

PRAZOS Os textos serão avaliados por membros do conselho editorial da revista. A qualidade de texto, informação e pertinência dos artigos e ensaios são essenciais para a sua aprovação. Uma vez aprovados, os textos serão publicados de acordo com a relevância e urgência dos temas abordados. Depois de aprovados, os textos passarão por um processo de revisão editorial e reenviados para checagem dos autores, que deverão devolvê-los, com devidos ajustes e/ou aprovação em, no máximo, 48 horas.

DESTAQUES Os destaques dentro do texto – como palavras ou expressões que se queira salientar, devem vir em negrito – citações de frases e capítulos deverão receber aspas; palavras estrangeiras e títulos de obras aparecerão em itálico. Deve-se evitar o excesso de destaques por página.

REFERÊNCIAS O padrão de referências adotado segue exemplificado abaixo:

1. Berriman, M.; Haas, B.J.; LoVerde, P.T.; *et al.* "The genome of the blood fluke *Schistosoma mansoni*". *Nature*, Vol.460, no.7253, p.352-258. 2009.
2. Elias, N. *O processo civilizador- uma história de costumes.* Vol.I Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 1990.
3. Tavares, J.V. "A violência como dispositivo de excesso de poder. *In: Revista Crítica de Ciências Sociais*. Vol.37, p.132. Junho de 1993.
4. Diaz, M., *op cit*. p.345-347. 1987.

ENVIO DE MATERIAL Os textos devem ser produzidos em arquivo Word. Ilustrações e gráficos devem ser enviados em arquivo separado, com os detalhes necessários para sua identificação, como: crédito, legenda, fonte etc.

SIGLAS As siglas constantes no texto devem **sempre** aparecer por extenso na primeira vez em que forem utilizadas.

CONTATO É necessário que cada articulista coloque seus dados para eventual contato (e-mail ou tel) quando alguma dúvida surgir no processo de edição.

Realização

Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

Produção Editorial

Apoio

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FINEP Agência Brasileira da Inovação

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

Governo Federal Brasil País rico é país sem pobreza

FAPESP