



Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia

– Edição Especial 30 Anos –



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MASTOZOOLOGIA
WWW.SBMZ.ORG

Presidente: Cibele Rodrigues Bonvicino
Vice-Presidente: Alexandre Reis Percequillo
1º Secretária: Ana Lazar Gomes e Souza
2º Secretária: Fabiana Pellegrini Caramaschi
3º Secretário: Marcos Figueiredo
1º Tesoureiro: Diogo Loretto Medeiros
2º Tesoureiro: Natalie Olifiers

PRESIDENTES DA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE MASTOZOOLOGIA

1985-1991 Rui Cerqueira Silva
1991-1994 Maria Dalva Mello
1994-1998 Ives José Sbalqueiro
1998-2005 Thales Renato Ochotorena de Freitas
2005-2008 João Alves de Oliveira
2008-2012 Paulo Sergio D'Andrea
2012-2014 Cibele Rodrigues Bonvicino

Os artigos assinados não refletem necessariamente a opinião da SBMz.

**As Normas de Publicação encontram-se disponíveis em
versão atualizada no site da SBMz: www.sbmz.org.**

Ficha Catalográfica de acordo com o Código de Catalogação Anglo-Americano (AACR2).
Elaborada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

Sociedade Brasileira de Mastozoologia.
Boletim.
Rio de Janeiro, RJ.
Quadrimestral.

Continuação de: Boletim Informativo. SBMz, n.28-39; 1994-2004;
Boletim Informativo. Sociedade Brasileira de Mastozoologia,
n.1-27; 1985-94.

Continua como:
Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia, n.40,
2005- .

ISSN 1808-0413

1. Mastozoologia. 2. Vertebrados. I. Título

“Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme Lei nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004”.

Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia

PUBLICAÇÃO QUADRIMESTRAL

Rio de Janeiro, número 73, agosto de 2015

EDITORES

Erika Hingst-Zaher (Instituto Butantan)

Lena Geise (UERJ)

EDITORA EXECUTIVA

Vera de Ferran (UERJ)

EDITOR EMÉRITO

Rui Cerqueira Silva (UFRJ)

EDITORES DE ÁREA

Anatomia:	Oscar Rocha-Barbosa (UERJ) e Marcus Vinicius Vieira (UFRJ).
Biogeografia:	Ana Paula Carmignotto (UFSCAR), Rafael N. Leite (INPA) e Luis Flamarion de Oliveira (MNRJ).
Comportamento:	Eleonore Freire Setz (UNICAMP) e Carmen Alonso (UFPA).
Conservação:	Leonardo Oliveira (UFRJ) e Fabiano Rodrigues de Melo (UFG).
Ecologia:	Mauricio E. Graipel (UFSC) e Marco Mello (UFMG).
Evolução:	Jorge Salazar-Bravo (Texas Tech University) e Pablo Gonçalves (UFRJ).
Fauna:	Alexandra M. R. Bezerra (Fiocruz), Leila M. Pessoa (UFRJ) e Diego Tirira (MECN).
Fisiologia:	Arioaldo Cruz-Neto (UNESP) e Ricardo T. Santori (UERJ).
Genética:	Albert Menezes (INCA) e Larissa R. de Oliveira (UNISINOS).
Paleontologia:	Joaquín Arroyo-Cabrales (UNAM), Mario Cozzuol (UFMG) e Gisele Lessa (UFV).
Taxonomia:	Ricardo Moratelli (USNM), Hugo Mantilla-Meluk (Universidad de Quindío, Colômbia) e Alexandre Percequillo (ESALQ).

REVISORES

Os editores agradecem a colaboração dos revisores anônimos, cuja participação garantiu a qualidade da publicação.

O Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia (ISSN 1808-0413) é uma publicação quadrimestral da **Sociedade Brasileira de Mastozoologia (SBMZ)**, distribuído gratuitamente aos associados. Indivíduos e instituições que desejem informações sobre a inscrição na **SMBz** e recebimento do Boletim devem entrar em contato com sbmz.diretoria@gmail.com.

O desenho gráfico foi realizado por Airtton de Almeida Cruz e a capa por Ana Lazar.

Mais informações disponíveis em: www.sbmz.org.

Capa: Composição com arte criada para o 8º Congresso Brasileiro de Mastozoologia, João Pessoa, Paraíba. SBMZ e Guto Avistar.

Sobre a SBMz

A **Sociedade Brasileira de Mastozoologia (SBMz)** é uma sociedade científica, sem fins lucrativos, criada em 1985, com a missão de congregar, organizar e amparar profissionais, cientistas e cidadãos que atuam ou estão preocupados com as temáticas ligadas à pesquisa e conservação de mamíferos.

A **SBMz** tem como objetivo incentivar o estudo e pesquisa dos mamíferos, além de difundir e incentivar a divulgação do conhecimento científico desenvolvido no Brasil sobre os mamíferos. A **SBMz** também atua frente a órgãos governamentais, Conselhos Regionais e Federal de Biologia, e instituições privadas, representando e defendendo os interesses dos sócios, e atendendo a consultas em questões ligadas a mamíferos. Nossa Sociedade oferece e incentiva cursos de Mastozoologia em níveis de graduação e pós-graduação, além de conceder bolsas de auxílio financeiro para simpósios e congressos nacionais e internacionais. Além disso, ajudamos a estabelecer e zelar por padrões éticos e científicos próprios da Mastozoologia brasileira.

A **SBMz** foi fundada durante o “XII Congresso Brasileiro de Zoologia”, realizado em Campinas, em fevereiro de 1985. Desde então, a **SBMz** cresceu em número de sócios, e agora conta com congressos próprios bienais realizados nas diversas regiões do país, além do apoio e promoção de eventos regionais. Nossa sociedade conta com uma publicação própria intitulada **Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia**, com 3 números anuais, classificada como B3 pela CAPES na área de Biodiversidade. Além disso, nossa sociedade atualmente mantém conta com parceria com a SAREM (Sociedade Argentina para o Estudio de los Mamíferos, fornecendo aos sócios a revista Mastozoologia Neotropical. A **SBMz** financia a publicação de livros acerca de mamíferos brasileiros para ser distribuído gratuitamente aos sócios.

Fazemos parte da Rede Latino-Americana de Mastozoologia (RELAM), o que abre portas para cooperação com pesquisadores de 12 países latino-americanos que fazem parte da rede. Integramos o Fórum da International Federation of Mammalogists (IFM), e também temos cooperação com a Sociedade Brasileira de Zoologia e Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros, facilitando a participação em congressos destas sociedades e promovendo o intercâmbio de informação entre seus associados.

Fruto da criação e organização proporcionadas pela **SBMz** ao longo desses anos, atualmente o Brasil apresenta uma comunidade científica mastozoológica madura e conectada, que congrega profissionais trabalhando em organizações e instituições públicas e privadas por todo país.

Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia Uma publicação da SBMz

INSTRUÇÕES GERAIS PARA AUTORES

O **Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia** é um periódico publicado pela **SBMz** para os sócios quites, com propósito de funcionar como um meio de comunicação para a comunidade de mastozoólogos. O **Boletim da SBMz** publica artigos, notas e ensaios originais, revisados por pares, sobre temas relacionados à biologia de mamíferos.

Os manuscritos devem ser enviados por e-mail para bolsbmz@gmail.com, aos cuidados de Erika Hingst-Zaher e Lena Geise. A mensagem de e-mail enviada deverá conter uma declaração de que se trata de trabalho inédito, não submetido a outro periódico. Deverá especificar ainda se a contribuição se trata de uma nota, ensaio, artigo ou resumo. Os autores deverão indicar até cinco sugestões de revisores, com seus nomes e endereço eletrônico.

Os manuscritos enviados serão considerados para publicação, sob a forma de notas, artigos ou ensaios, seguindo o pressuposto de que os autores estão de acordo com os princípios éticos do **Boletim da SBMz** (ver os princípios no site da **SBMz**). O primeiro autor (ou o autor para correspondência) deverá, ao submeter o manuscrito, enviar o e-mail com cópia para todos os demais autores. Desta forma, será oficializada a concordância de todos os autores quanto à submissão/publicação do manuscrito no **Boletim da SBMz**. Neste mesmo e-mail deverá vir explicitado que o manuscrito é original, não tendo sido publicado e/ou submetido a outro periódico. No caso de resumos, é suficiente o envio do arquivo anexado à mensagem, já que este tipo de contribuição não passa pelo processo de revisão.

Os critérios para publicação dos artigos, notas e ensaios são a qualidade e relevância do trabalho, clareza do texto, qualidade das figuras e formato de acordo com as regras de publicação. Os manuscritos que não estiverem de acordo com as regras aqui definidas, ou ainda se nenhum dos autores estiver com o pagamento da **SBMz** em dia, serão devolvidos sem passar pelo processo de revisão.

As submissões são direcionadas pelas Editoras aos Editores de Área, que os enviarão para pelo menos dois pares para revisão. Os Editores de Área retornam as revisões e recomendações para os Editores para a decisão final. Toda a comunicação será registrada por meio eletrônico entre os Editores e o autor correspondente.

Os trabalhos devem seguir o **Código Internacional de Nomenclatura Zoológica**, e espécimes relevantes mencionados devem ser propriamente depositados em uma coleção científica reconhecida. Amostras relacionadas aos exemplares-testemunho (tecidos, ecto e endoparasitas, células em suspensão, etc.) devem ser relacionadas a seus respectivos exemplares. Os números de acesso às sequências depositadas no **Genbank** ou **EMBL** são obrigatórios para publicação. Localidades citadas e exemplares estudados devem vir listadas de forma completa, no texto ou em anexo, dependendo do número de registros. É fundamental a inclusão, no texto, do número da Licença de Coleta e a concordância do Comitê de Ética da Instituição onde foram desenvolvidos os trabalhos, quando aplicável. Todos os textos, antes do envio aos editores de área ou revisores serão analisados quanto a sua originalidade, com o uso de programas para verificação de plágio.

Números Especiais: Também poderão ser publicadas monografias e estudos de revisão de até 350 (trezentas e cinquenta) páginas, individualmente. Como apenas um número limitado poderá ser publicado, autores devem entrar em contato com os Editores previamente à submissão. Números Especiais seguem as mesmas regras de submissão e revisão dos artigos, notas e ensaios. Considerando as despesas de impressão e envio, autores serão solicitados a contribuir com R\$ 40,00 (quarenta reais) por página publicada.



O Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia

A Sociedade Brasileira de Mastozoologia foi criada em janeiro de 1985 durante o Congresso Brasileiro de Zoologia, com o objetivo de facilitar o contato entre os estudiosos de mamíferos, representá-los, promover a preservação da mastofauna brasileira, ser fonte de informação sobre este grupo, e zelar pelos padrões éticos e científicos desta ciência. Logo a seguir, em maio do mesmo ano, foi editado o primeiro número do “Boletim Informativo da SBMZ”, atual “Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia”, que agora completa 30 anos!

O primeiro boletim possuía oito páginas, tendo sido batido à máquina e fotocopiado para envio aos sócios. Na época, a ficha de inscrição dos sócios, anexa ao Boletim, deveria ser enviada pelo correio, juntamente com um cheque com o valor da anuidade (em Cruzeiros). Naquele ano, o Brasil estava começando a sair da ditadura militar, seu presidente eleito, mas não empossado, era Tancredo Neves, ocorria o 1º Rock in Rio e muitos de vocês, que inclusive já podem ter terminado seus doutorados, não tinham nascido ou eram pequenos demais para lembrar-se de muita coisa. Ao mesmo tempo, a quantidade de informação sobre os mamíferos brasileiros era imensamente menor, muitas das espécies que estudamos hoje ainda não haviam sido descritas ou reconhecidas como tal, e vários métodos usados atualmente faziam parte apenas de filmes de ficção científica.

Em seus primeiros anos, o Boletim foi mantido principalmente por voluntários, alunos de graduação ou pós-graduação, devido à iniciativa do Prof. Rui Cerqueira e da equipe do Laboratório de Vertebrados da UFRJ. Apesar disso, sua publicação era inconstante, não tendo sido publicado nos anos de 1990, 1998, 1999, 2000 e 2002.

Nestes 30 anos muitas coisas mudaram e outras, infelizmente, nem tanto. A tecnologia e a facilidade de informação vindas com a internet, em meados da década de 90 e mais fortemente nos anos 2000, acabaram levando a algumas mudanças no Boletim: as seções “O que vai pelos laboratórios”, “Coleções Mastozoológicas” e “Literatura Corrente” deixaram de existir por não serem mais necessárias (embora muitos orientadores devam achar que seus alunos ainda têm uma certa deficiência em encontrar esse tipo de informação na internet). Desta forma, a revista distancia-se de um “Boletim Informativo”, passando a ter como objetivos publicar trabalhos feitos principalmente por pesquisadores brasileiros e latino-americanos com táxons de ocorrência no Brasil, e divulgar as linhas de pesquisa dos diversos laboratórios e centros de pesquisa focados em mamíferos, através da publicação dos resumos de teses, dissertações e trabalhos de conclusão de cursos dos alunos e pós-graduandos.

O Boletim também passou por mudanças na sua aparência, com diferentes *layouts*, e a alteração de seu nome, no número 40 (agosto de 2004), de “Boletim Informativo”, passando a se chamar como é atualmente conhecido – Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia.

A partir do volume 66 de abril de 2013, o Boletim passa a ter o formato atual, com novo corpo editorial, sistema de revisão duplo-cego e com as seções bem definidas: artigos, notas, ensaios, resenhas, teses, notícias e as novas normas de publicação. Desde então, foram publicados 14 artigos, cinco notas, dois ensaios e 34 resumos.

Agora, chegamos ao número 73. Os próximos passos são a implantação do sistema de submissão *online*, a manutenção e possível aumento em sua periodicidade e sua indexação, tornando-se uma revista científica, e não mais um boletim informativo. Esperamos poder contar com todos para crescermos ainda mais, em quantidade e, principalmente, na qualidade das publicações, englobando todos os grupos de mamíferos brasileiros.

Vera de Ferran, Lena Geise & Erika Hingst-Zaher
(editoras)



Infecção natural por agentes zoonóticos em tatus (Mammalia: Cingulata) na América do Sul

Renata T. Capellão¹, Ana Lazar² & Cibele R. Bonvicino^{2,3,*}

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Genética, Edifício do Centro de Ciências da Saúde, Avenida Carlos Chagas Filho, 373, Cidade Universitária, CEP 21941-902, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Reservatórios Silvestres, Pavilhão Lauro Travassos, Avenida Brasil, 4.365, Manguinhos, CEP 21040-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Instituto Nacional de Câncer – INCA, Divisão de Genética, Rua André Cavalcanti, 34, 4º andar, Centro, CEP 20231-050, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

* Autor correspondente: cibelerb@inca.gov.br

Resumo: O estudo do perfil epidemiológico das zoonoses é importante para um melhor entendimento da dinâmica de transmissão de seus agentes etiológicos e identificação de potenciais áreas de emergência de surtos zoonóticos, atuando como um fator essencial na vigilância ambiental e tomada de medidas para prevenção e controle. Neste aspecto, os membros da ordem Cingulata constituem um grupo de importante potencial zoonótico devido ao consumo de sua carne, uso da sua carapaça para a fabricação de objetos e domesticação, o que facilita e aumenta o contato com a população humana. Essa proximidade expõe o homem aos diversos patógenos compartilhados entre os humanos e estes animais podendo levar a contração de diversas doenças. Este trabalho expõe a participação de diferentes espécies de tatus no ciclo de zoonoses causadas por: protozoários como a doença de Chagas, toxoplasmose e leishmaniose; bactérias como a hanseníase e leptospirose; e fungos como a histoplasmose, coccidioidomicose e paracoccidioidomicose. Já o papel dos tatus no ciclo de zoonoses causadas por vírus é menos evidente. Fica clara a maior quantidade de informações sobre agentes etiológicos compartilhados entre humanos, tatu-galinha (*Dasypus*) e tatu-peba (*Euphractus*), possivelmente porque estas espécies são mais abundantes e mais amplamente distribuídas. Registros sobre o envolvimento de espécies de tatu-bola (*Tolypeutes*), tatu-de-rabo-mole (*Cabassous*), tatu-canastra (*Priodontes*) e tatu-peludo (*Chaetophractus*) são mais escassos. Dentre todas as zoonoses identificadas neste trabalho, a hanseníase se destaca como a mais associada com o contato entre humanos e tatus, uma vez que estes animais compreendem o seu único reservatório no Brasil.

Palavras-Chave: Dasyptodidade; Zoonoses; Bactérias; Protozoários; Fungos.

Abstract: Natural infection by zoonotic agents in armadillos (Cingulata). The study of epidemiological profile of zoonoses is important for a better understanding of the transmission of their etiologic agents and for identification of potential areas of emergency epicenters zoonotic outbreaks, acting as an essential factor in predicting new epidemics in environmental monitoring and decision measures for prevention and control. The Cingulata order constitute a group of important zoonotic potential due to the consumption of its meat, the use of its carapace for the fabrication of objects and its domestication, which facilitates and increases the contact with human populations. This proximity exposes the man to several pathogens shared between humans and those animals, which may lead to the contraction of many diseases. This paper exposes the participation of the different species of armadillos in the cycle of zoonoses caused by: protozoa, as the Chagas disease, toxoplasmosis and leishmaniasis; bacteria as leprosy and leptospirosis; and fungi as the histoplasmosis, coccidioidomycosis and paracoccidioidomycosis. The role of armadillos in the cycle of zoonosis caused by viruses is less evident. It is clear the higher amount of information regarding etiologic agents shared between humans, nine-banded armadillos (*Dasypus*) and six-banded armadillos (*Euphractus*), possibly because those species are more abundant and widely distributed. Registers of the involvement of three-banded armadillos (*Tolypeutes*), naked-tail armadillos (*Cabassous*), giant armadillos (*Priodontes*) and hairy armadillos (*Chaetophractus*) are scarcer. Between all the zoonoses identified in this paper, the Hansen's disease is highlighted as the most associated with the contact between humans and armadillos, as those animals comprise its only reservoir in Brazil.

Key-Words: Dasyptodidade; Zoonosis; Bacteria; Protozoa; Fungi.



INTRODUÇÃO

A ordem Cingulata compreende um grupo de mamíferos restritos ao Novo Mundo, composta por uma única família, Dasypodidae. Englobando todas as espécies de tatus, esta ordem se divide em três subfamílias, Dasypodinae (Gênero *Dasypus*), Euphractinae (Gêneros *Calyptophractus*, *Chaetophractus*, *Chlamyphorus*, *Euphractus* e *Zaedyus*) e Tolypeutinae (Gêneros *Cabassous*, *Priodontes* e *Tolypeutes*), totalizando nove gêneros e 21 espécies atuais (Gardner, 2008). Caracterizados principalmente pela sua carapaça composta por placas ósseas, os tatus constituem um grupo de mamíferos terrestres e fossoriais amplamente distribuído nas Américas, do sul dos Estados Unidos até o sul da Patagônia (Gardner, 2008). Historicamente, a ordem Cingulata estava restrita à América do Sul, mas com a emergência do istmo do Panamá durante o Plioceno, a ordem se expandiu para o norte atingindo o México e mais recentemente o sul dos Estados Unidos (Feldhamer *et al.*, 2007).

No Brasil, há registros de 11 espécies, *Euphractus sexcinctus*, *Priodontes maximus*, *Tolypeutes matacus*, *Tolypeutes tricinctus*, *Cabassous unicinctus*, *Cabassous tatouay*, *Cabassous chacoensis*, *Dasypus septemcinctus*, *Dasypus novemcinctus*, *Dasypus hybridus*, *Dasypus kappleri* (Reis *et al.*, 2006). Apesar de habitarem principalmente áreas abertas, os tatus também podem ser encontrados em áreas de floresta, sendo o Cerrado e a Mata Atlântica os biomas brasileiros mais ricos em espécies, enquanto a Caatinga e o Pampa são mais pobres (Anacleto *et al.*, 2006; Reis *et al.*, 2006). É importante ressaltar que o único espécime de *C. chacoensis* identificado no Brasil estava em um zoológico no estado do Mato Grosso do Sul e, portanto, a ocorrência desta espécie no país necessita de mais investigações (Gardner, 2008).

Os tatus vêm se mostrando importantes na manutenção e transmissão de uma gama de parasitos potencialmente infecciosos ao homem, atuando muitas vezes como hospedeiros e reservatórios, principalmente nas áreas rurais de países latino-americanos. Os tatus cavam tocas no solo, entrando em contato direto com microorganismos presentes no ambiente, incluindo aqueles potencialmente patogênicos ao homem como *Mycobacterium leprae*, *Paracoccidioides brasiliensis*, *Sarcocystis* sp., *Trypanosoma cruzi* e *Coccidioides immitis* (Cardona-Castro *et al.*, 2009). O potencial zoonótico do tatu é aumentado por serem culturalmente consumidos como alimento em diversas regiões, especialmente no sul dos Estados Unidos, onde a espécie *D. novemcinctus* é o símbolo do estado do Texas. Em outros locais, como na Colômbia e diversos outros países da América do Sul, além de ser consumido como alimento, o animal também é frequentemente utilizado em práticas medicinais e a sua carapaça funciona como matéria prima para manufatura de diversos objetos, tais como instrumentos e recipientes (Cardona-Castro *et al.*, 2009). No Brasil, embora o consumo da carne de animais silvestres seja proibido por lei federal, o tatu ainda representa uma fonte alimentar comum, principalmente nas regiões rurais do país (Deps *et al.*, 2003).

Este trabalho tem como objetivo fornecer informações acerca do potencial zoonótico da ordem Cingulata, através da revisão dos registros de patógenos potencialmente infecciosos ao homem, detectados nas espécies da América Latina.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento bibliográfico em diferentes bases de dados científicos disponíveis online, utilizando tanto ferramentas de busca de artigos científicos como o google scholar (<http://scholar.google.com.br>) e web of science (<https://webofknowledge.com>) e bases científicas mais especializadas, disponíveis na Biblioteca virtual em Saúde dentro da temática “Doenças infecciosas e parasitárias” (www.bvsdip.ict.fiocruz.br/php/index.php). A procura dos artigos foi realizada com a utilização de diversas combinações de palavras-chave (e.g., Cingulata, Dasipodidae, tatus, armadillo, Brazil, South America, combinadas com Zoonosis, Leprosy, hanseníase, Chagas diseases, Fungi, Bacteria, Virus, Protozoa, histoplasmosis, leishmaniasis, Leptospira, trypanosomiasis).

Para cada zoonose com registros de detecção do agente etiológico em Cingulata, foram anotados os nomes da espécie e da localidade, a mais específica possível, em que patógeno foi detectado.

RESULTADOS

Zoonoses causadas por bactérias

Hanseníase

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a hanseníase é uma doença infecciosa crônica cujo agente etiológico é o bacilo *Mycobacterium leprae*, capaz de infectar células cutâneas, nervosas periféricas do trato respiratório superior e oculares. Apesar de apresentar uma alta taxa de infecção, poucos indivíduos chegam a manifestar a doença, que pode causar desde lesões cutâneas superficiais até danos nervosos e oculares permanentes, quando não tratada (Rodrigues *et al.*, 2011). Apesar de cerca de 250.000 novos casos anuais no mundo inteiro, por ser considerada como um estigma cultural, acredita-se que a sua prevalência se encontra severamente subestimada, principalmente em mulheres que dificilmente reportam suspeitas da doença (Rodrigues *et al.*, 2011). Além disso, devido à sua baixa patogenicidade, alto tempo de incubação (que pode atingir até 10 anos) e pela ausência de métodos de detecção de infecções subclínicas, grande parte dos casos não chegam a ser notificados.

Nas Américas, estima-se que a chegada da hanseníase aconteceu por volta do século XVIII trazida provavelmente por escravos oriundos da África (Monot *et al.*, 2005). No Brasil, os primeiros casos da hanseníase foram registrados no Rio de Janeiro por volta do ano 1600,



Tabela 1: Registros das espécies de Cingulata detectadas com as bactérias *Mycrobacterian leprae* e *Leptospira* sp. na América do Sul, discriminando o agente etiológico, a localidade e a fonte. (1) Cardona-Castro *et al.* (2009), (2) Martinez *et al.* (1984), (3) Zumarraga *et al.* (2001), (4) Frota *et al.* (2012), (5) Dets *et al.* (2002, 2007), (6) Da Silva *et al.* (2008), (7) Lins & Lopes (1984), (8) Myers *et al.* (1977), (9) Cacchione *et al.* (1966), (10) Szyfres *et al.* (1967), (11) Carillo *et al.* (1972), (12) Bosco (2005). (AG) Argentina, (BR) Brasil, (CO) Colômbia.

ESPÉCIE	AGENTE ETIOLÓGICO	LOCALIDADE	FONTE
<i>D. novemcinctus</i>	<i>M. leprae</i>	CO: próximo de Medellin, Barbosa	1
<i>D. novemcinctus</i>	<i>M. leprae</i>	AG	2
<i>D. novemcinctus</i>	<i>M. leprae</i>	AG: Corrientes	3
<i>D. novemcinctus</i>	<i>M. leprae</i>	BR: Ceará	4
<i>D. novemcinctus</i>	<i>M. leprae</i>	BR: Espírito Santo	5
<i>E. sexcinctus</i>	<i>M. leprae</i>	BR: Ceará	4
<i>E. sexcinctus</i>	<i>Leptospira</i> sp.	BR: São Paulo, Bauru	6
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Leptospira</i> sp.	BR: Pará	7
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Leptospira</i> sp.	BR: São Paulo, São Manuel, Ilha Serrito	12
<i>C. villosus</i>	<i>Leptospira</i> sp.	AG: Província de Buenos Aires, Partido de Azul	8
<i>C. villosus</i>	<i>Leptospira</i> sp.	AG	9
<i>C. villosus</i>	<i>Leptospira</i> sp.	AG	10
<i>C. villosus</i>	<i>Leptospira</i> sp.	AG	11
<i>E. sexcinctus</i>	<i>Leptospira</i> sp.	BR: São Paulo, Bauru	6

seguido da Bahia e Pará (Souza, 2012). Atualmente, o Brasil representa o segundo país com maior número de casos de hanseníase no mundo, concentrando juntamente com a Índia e a Indonésia cerca de 80% dos casos registrados no período de 2006 a 2013 (Dias *et al.*, 2013; World Health Organization Geneva, 2014).

Além dos humanos, a infecção natural da hanseníase já foi observada nos primatas africanos *Pan troglodytes* e *Cercocebus atys* (Meyers *et al.*, 1991). Nas Américas, os tatus da espécie *D. novemcinctus* são os únicos hospedeiros naturais conhecidos de *M. leprae* (Truman *et al.*, 2011; Monot *et al.*, 2005). Conhecido popularmente no Brasil como “tatu-galinha”, “tatu-verdadeiro”, “tatu-de-folha” ou “tatuê”, esta espécie encontra-se amplamente distribuída pelas Américas, com ocorrências desde o sul dos Estados Unidos passando pelo México e América Central até atingir o sul do Uruguai (Gardner, 2008). Apesar de ser considerada uma espécie abundante nos Estados Unidos, *D. novemcinctus* só foi introduzido na região em 1880 (Truman, 2005). No Brasil, esta espécie encontra-se naturalmente distribuída em todo território nacional (Reis *et al.*, 2006). Devido à sua susceptibilidade à infecção por *M. leprae* e por apresentar sintomas clínicos e patológicos similares à infecção humana, a espécie *D. novemcinctus* passou em 1971, a ser utilizada como um modelo experimental da hanseníase (Cardona-Castro *et al.*, 2009; Kirchheimer & Storrs, 1971). Até então não havia registros de infecções naturais nesta espécie, porém, quatro anos depois, nos Estados Unidos, foi registrado o primeiro caso de infecção natural por *M. leprae* em *D. novemcinctus* e em 1983, foi confirmado que a infecção em tatus e humanos é causada pelo mesmo agente etiológico (Meyers *et al.*, 1977; Truman, 2005). Embora muitos estudos já tenham investigado o perfil epidemiológico de *M. leprae* em animais silvestres, muito pouco se sabe a respeito da extensão geográfica, mecanismos de origem, transmissão e infecção do bacilo nestes animais (Williams & Loughry, 2012; Truman, 2005).

Até hoje, a origem da infecção nos tatus se mantém obscura. Historicamente, a hanseníase já estava Capellão, R.T. *et al.*: Cingulata e zoonoses na Américas do Sul

presente nos Estados Unidos antes da chegada dos tatus no território, portanto, acredita-se que a transmissão da bactéria para estes animais ocorreu a partir de cepas humanas de *M. leprae* (Monot *et al.*, 2005). Além disso, estudos prévios já demonstraram que os tatus silvestres da Louisiana se encontravam infectados naturalmente com a cepa Européia/Norte Africana de *M. leprae* (Monot *et al.*, 2005). Considerando que a ordem Cingulata é endêmica do Novo Mundo, dificilmente a transmissão de *M. leprae* para os humanos tenha ocorrido a partir do tatu. Atualmente, é estimada uma alta prevalência de *M. leprae* em *D. novemcinctus* silvestres dos Estados Unidos, sobretudo nos estados do Texas e Louisiana (Truman, 2005). Porém o mesmo não acontece nas outras regiões nas quais esta espécie se encontra amplamente distribuída, com poucos registros da doença nas Américas do Sul e Central (Truman, 2005) (Tabela 1, Figura 1). Não se pode descartar a hipótese de que a baixa prevalência de animais infectados fora dos Estados Unidos seja resultado de pouca investigação nas demais localidades. Nos tatus, a hanseníase apresenta uma progressão lenta, com nenhuma ou poucas manifestações clínicas, fato que dificulta a distinção entre os animais infectados e os saudáveis (Truman, 2005).

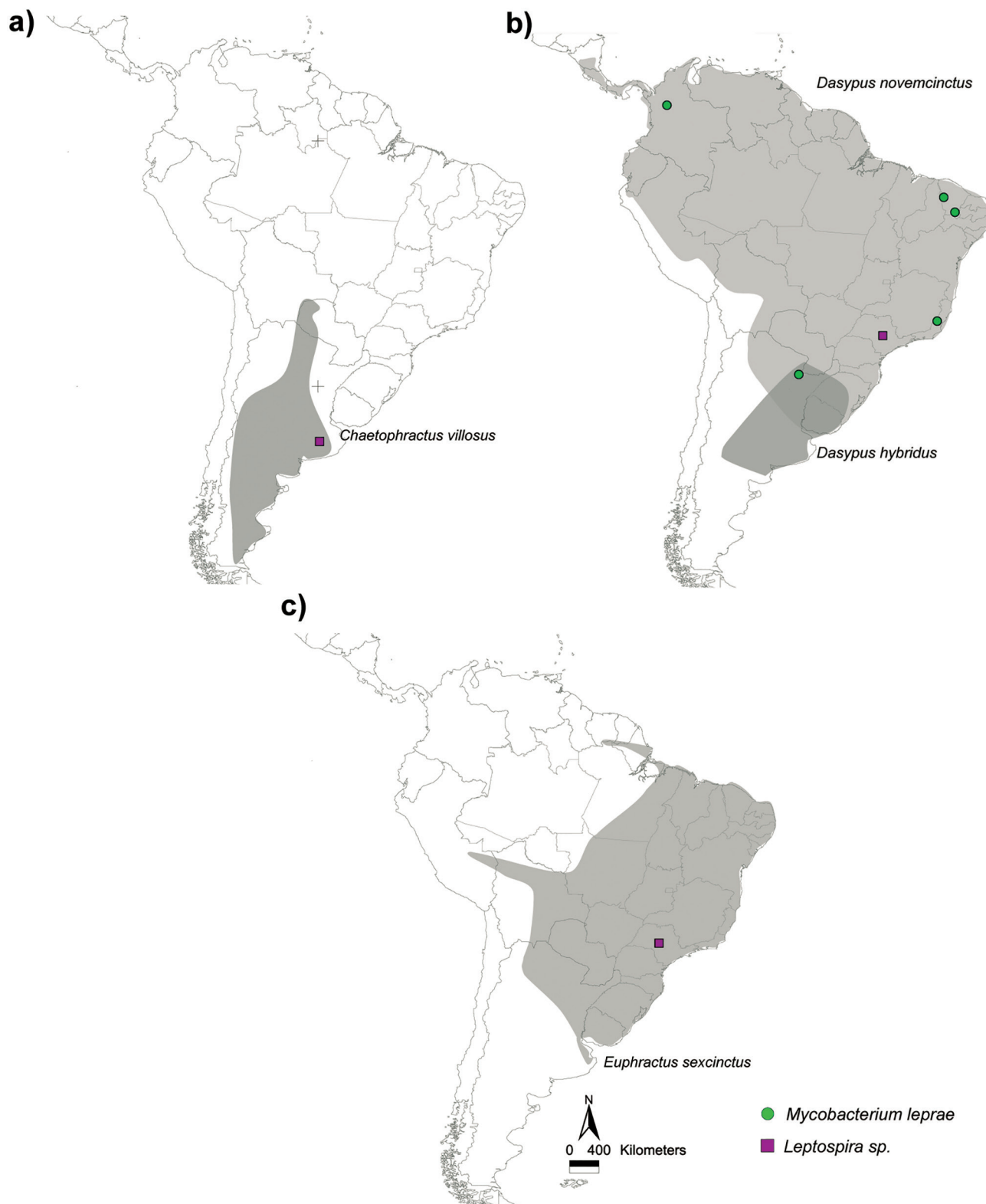
A possível transmissão da hanseníase por origem zoonótica, através do contato entre humanos e tatus em regiões onde a espécie *D. novemcinctus* se encontra distribuída, ainda não foi bem estabelecida. Até mesmo no sul dos Estados Unidos, onde a infecção pelo bacilo em *D. novemcinctus* já foi evidenciada por diversos autores (revisado por Truman, 2005), nenhum estudo que comprove uma relação zoonótica de *M. leprae* entre as duas espécies foi até hoje publicado (Williams & Loughry, 2012; Truman, 2005; Truman *et al.*, 2011). Apesar disso, um número considerável de pacientes portadores da doença relata contato com tatus previamente à infecção, seja através da manipulação ou consumo destes animais (Clark *et al.*, 2008; Dets *et al.*, 2008). Esta associação é particularmente evidente na região sudeste dos Estados Unidos, onde o contato com este animal está presente em



mais da metade dos casos registrados (Bruce *et al.*, 2000; Truman *et al.*, 2011). Em muitos casos, estes pacientes não apresentavam outras fontes evidentes de infecção, corroborando a ideia de que esta tenha acontecido através do contato com tatus infectados (Truman, 2005).

Recentemente foi identificada a presença de *M. leprae* em um tatu-peba, *E. sexcinctus*, coletado em uma área endêmica da hanseníase na região nordeste do

Brasil (Frota *et al.*, 2012). Comparado com *D. novemcinctus*, *E. sexcinctus* possui uma distribuição consideravelmente mais restrita, do Suriname até o Nordeste da Argentina e Uruguai. No Brasil, *E. sexcinctus* pode ser encontrado em uma ampla gama de biomas, incluindo áreas de Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e Pampas, de forma que grande parte da sua distribuição se encontra sobreposta à de





D. novemcinctus (Gardner, 2008; Reis *et al.*, 2006). Historicamente, esta espécie nunca havia sido detectada infectada por este bacilo, porém, tendo em vista que a maioria dos estudos acerca da prevalência de *M. leprae* em tatus foca somente em *D. novemcinctus*, é possível que a ausência de registros em outras espécies seja resultado de uma baixa investigação. Como consequência, novos estudos são necessários para a confirmação desta espécie como mais um reservatório de *M. leprae*.

Leptospirose

A leptospirose é uma doença de distribuição global, causada por bactérias espiroquetas pertencentes ao gênero *Leptospira* (Da Silva *et al.*, 2008). Por ser transmitida pela exposição direta ou indireta à urina de animais infectados, no ciclo urbano, a contaminação por *Leptospira* é frequentemente associada às populações de roedores sinantrópicos e condições sanitárias precárias. Porém, pouco se sabe sobre a influência de reservatórios ou hospedeiros silvestres na epidemiologia desta doença. Em humanos, a leptospirose pode se manifestar de diversas formas distintas, podendo causar desde uma infecção leve, muitas vezes confundida com a gripe, até casos mais graves, podendo levar a morte (Adler & de la Peña Moctezuma, 2010). Além do homem, todas as espécies de animais domésticos e silvestres testadas até hoje se mostraram susceptíveis à infecção pela bactéria, que pode ser assintomática ou estar associada a diferentes manifestações clínicas (De Oliveira *et al.*, 2013). Dentre estes, destacam-se os carnívoros, marsupiais, primatas e, em especial, os roedores que representam os principais hospedeiros disseminadores da doença no ciclo urbano (De Oliveira *et al.*, 2013).

Nos tatus, anticorpos de diferentes serovares de *Leptospira* já foram encontrados em espécimes de *D. novemcinctus* e *E. sexcinctus* no Brasil e *C. villosus* na Argentina. Na Argentina vários estudos detectaram *Leptospira* sp. em *C. villosus*, sendo a maioria pertencente a um único serogrupo (*Bataviae*), indicando que a espécie pode funcionar como reservatório deste serogrupo nesta localidade (Myers *et al.*, 1977). No Brasil, apesar da investigação da presença destas bactérias em Cingulata, até hoje poucos espécimes foram identificados como portadores desta bactéria. No mesmo estudo em que foi detectada a presença de *Leptospira* em *D. novemcinctus* e *E. sexcinctus* em São Paulo, também foram testadas amostras de *C. tatouay* e *D. hybridus*, porém em ambas as espécies os resultados foram negativos (Da Silva *et al.*, 2008; Tabela 1, Figura 1). No Rio de Janeiro, um espécime de *D. novemcinctus* do zoológico também foi testado, mas nada foi detectado (Lilenbaum *et al.*, 2002).

Zoonoses causadas por protozoários

Doença de Chagas

Também conhecida como tripanossomíase americana, a doença de Chagas foi descrita em 1909 pelo Capellão, R.T. *et al.*: Cingulata e zoonoses na Américas do Sul

médico brasileiro Carlos Chagas, como uma doença infecciosa crônica causada pelo protozoário flagelado *Trypanosoma cruzi*, encontrado no intestino de insetos triatomíneos, popularmente conhecidos no Brasil como “barbeiros”. A sua transmissão ocorre principalmente pelo contato das fezes de triatomíneos infectados com *T. cruzi* com tecidos membranosos da mucosa ou feridas na pele do paciente. As espécies *T. infestans*, *R. prolixus* e *T. dimidiata* são os principais vetores da doença (Rassi Jr. *et al.*, 2010). Segundo a OMS esta doença atualmente afeta mais de oito milhões de pessoas na América Latina. Embora casos esporádicos sejam eventualmente registrados em outras regiões devido à migração de pessoas infectadas, atualmente, a doença de Chagas é endêmica de 21 países da América do Sul e Central.

No Brasil, a domiciliação dos vetores que habitam janelas de casas feitas de barro e madeira, também conhecidas como casas de pau-a-pique, foi responsável pelo alto índice de infecções da população rural no passado. O estabelecimento de medidas que visavam ao controle dos vetores domiciliares, empregadas a partir de 1975, resultou em uma queda expressiva no número de casos de transmissão domiciliar (Vinhaes & Dias, 2000). Hoje, em decorrência da interrupção da transmissão vetorial domiciliar, predominam casos crônicos oriundos de infecções do passado, nas regiões originalmente descritas como de risco para transmissão vetorial, além da ocorrência de casos de doença de Chagas agudo associados com a transmissão vetorial extradomiciliar sem colonização e principalmente com a transmissão oral, observada em diferentes unidades federativas, especialmente, na região da Amazônia Legal. (Ferreira *et al.*, 2014). A doença de Chagas é caracterizada pela presença de três ciclos distintos de transmissão (doméstico, peridoméstico e silvestre), sendo cada um destes caracterizado por diferentes espécies de reservatórios e vetores. Estima-se que mais de 150 espécies de mamíferos funcionem como reservatório de *T. cruzi* nas Américas (Rassi Jr. *et al.*, 2010). No ciclo silvestre, os tatus foram os primeiros mamíferos detectados com a infecção, descoberta também realizada por Carlos Chagas em 1912 (Coura & Dias, 2009). Desde então, registros de tatus infectados se estendem dos Estados Unidos ao Uruguai, sendo cada região caracterizada por taxas infecciosas distintas (Noireau *et al.*, 2009). Apesar disso, muito pouco se sabe acerca da dinâmica epidemiológica de *T. cruzi* nestes animais. A maioria dos registros desse protozoário na ordem Cingulata foi em *D. novemcinctus*, porém, espécimes de *E. sexcinctus*, *C. villosus*, *C. vellerosus*, *T. macatus* e *C. unicinctus* também já foram detectados positivos para *T. cruzi* (Noireau *et al.*, 2009; Orozco *et al.*, 2013; Telleria & Tibayrenc, 2010; Yeo *et al.*, 2005) (Tabela 2, Figura 2).

Toxoplasmose

A toxoplasmose é uma doença infecciosa zoonótica causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii*. Descoberto em 1908 por Nicolle e Manceaux, este parasito se inclui na classe de protistas coccídeos, caracterizados por um ciclo de vida complexo, dividido em diferentes



Tabela 2: Registros das espécies de Cingulata detectadas com os protozoários *Trypanosoma cruzi*, *Toxoplasma gondii* e *Leishmania* sp. na América do Sul, discriminando o agente etiológico, a localidade e a fonte. (1) Yeo *et al.* (2005), (2) Orozco *et al.* (2013), (3) Morocoima *et al.* (2012), (4) Deem *et al.* (2009), (5) Sarquis *et al.* (2010), (6) Tenório *et al.* (2014), (7) Miles *et al.* (1981), (8) Fujita *et al.* (1994), (9) Sogorb *et al.* (1977), (10) Salata *et al.* (1985), (11) Da Silva *et al.* (2008), (12) Schenk *et al.* (1976), (13) Saraiva *et al.* (1987), (14) Da Silva *et al.* (2006), (15) Ashford (2000), (16) Roque & Jansen (2014), (17) Lainson *et al.* (1981), (18) Naiff *et al.* (1991), (19) Bosco (2005), (20) Sartor *et al.* (2013), (21) Tonn *et al.* (1982), (22) Vitalino (2012), (23) Kin *et al.* (2015). Estados brasileiros (BR) são Amazonas (AM), Ceará (CE), Mato Grosso (MT), Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Pará (PA), Pernambuco (PE) e Rondônia (RO). (AG) Argentina, (BO) Bolívia, (CO) Colômbia, (PY) Paraguai, (VE) Venezuela.

ESPÉCIE	AGENTE ETIOLÓGICO	LOCALIDADE	FONTE
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. gondii</i>	BO: Kaa-Iya del Gran Chaco National Park.	4
<i>C. tatouay</i>	<i>T. gondii</i>	BR: SP, Conchas	10
<i>C. villosus</i>	<i>T. gondii</i>	AG: Região central da província de La Pampa	23
<i>C. vellerosus</i>	<i>T. cruzi</i>	AG: Chaco, Pampa del Indio	2
<i>Chaetophractus</i> sp.	<i>T. cruzi</i>	PY: Chaco paraguaio	1
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	PY: oeste do Chaco paraguaio, Boquerón e Alto Paraguay; departamento de San Pedro, 300 km de Assunción.	1
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	AG: Província do Chaco, Pampa del Indio	2
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	VE: Estado de Nueva Esparta, Díaz, Ilha de Margarita; Estado de Anzoátegui, Francisco de Miranda, vila Atapire; Estado de Monagas, Aguasay, vila Aguasay	3
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	BR: CE, Jaguaruana	5
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	BR: SP, Ilha Solteira	6
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	BR: PA, Moju, Alto Muand, Barcarena, Marajó, Marituba e Monte Dourado	7
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	AG: província de Santiago de Estero, Anamá; província de Chaco, Pampa del Indio	20
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	VE	21
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	CO	13
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. gondii</i>	BR: SP, Conchas	10
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. gondii</i>	BR: São Paulo	9
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. gondii</i>	BR: SP, Bauru	11
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. gondii</i>	BR: Minas Gerais	12
<i>D. novemcinctus</i>	<i>T. gondii</i>	BR: PA, Santarém	22
<i>E. sexcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	PY: Chaco paraguaio	1
<i>E. sexcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	AG: Chaco, Pampa del Indio	2
<i>E. sexcinctus</i>	<i>T. cruzi</i>	PY: Departamento de San Pedro, Pirí Pucú	8
<i>E. sexcinctus</i>	<i>T. gondii</i>	BR: SP, Botucatu, Manduri, Pratânea e Araçatuba	14
<i>E. sexcinctus</i>	<i>T. gondii</i>	BR: MG, Uberlândia; MT, Cáceres; PE, Recife	22
<i>P. maximus</i>	<i>T. gondii</i>	BR: São Paulo	9
<i>T. matacus</i>	<i>T. cruzi</i>	AG: Chaco, Pampa del Indio	2
<i>D. novemcinctus</i>	<i>L. naiffi</i>	BR: Amazonas	15
<i>D. novemcinctus</i>	<i>L. guyanensis</i>	Guiana Francesa	16
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Leishmania</i> sp.	BR: SP, São Manuel, Ilha do Serrito	19
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Leishmania</i> sp.	BR: PA, Moju e Monte Dourado no rio Jari	17
<i>D. novemcinctus</i>	<i>L. naiffi</i>	BR: AM, Manaus no km 40 da BR-319; RO, km 113 e 119 da BR-364 e Ji-Paraná; PA, Repartimento	18

estágios infecciosos (Dubey, 2004; Weiss & Dubey, 2009). Atualmente, a toxoplasmose representa uma das zoonoses parasitárias mais comuns no mundo, afetando uma ampla gama de animais, com felinos como seus hospedeiros definitivos e os outros mamíferos e aves como reservatórios intermediários (Dubey, 2004).

Nos felinos, a transmissão ocorre pela ingestão da carne de hospedeiros intermediários contaminada com *T. gondii*, dispostos na forma de cistos (bradizoítos) nos tecidos destes animais. Dentro do organismo, os cistos dão origem a um zigoto que será liberado juntamente com as fezes do animal na forma de um oocisto. A ingestão de oocistos por hospedeiros intermediários ocasionará a formação de cistos teciduais nestes animais, que ao ser ingerido por felinos reinicia o ciclo de vida do protozoário (Dubey, 2004). Nos humanos e outros hospedeiros intermediários, o parasito pode ser ingerido tanto na forma de cistos teciduais, através do consumo de carne contaminada crua ou mal cozida quanto na forma de oocistos através da ingestão de alimentos contaminados

com fezes de felinos infectados. A fase sexuada de *T. gondii*, que ocasiona a geração de oocistos, acontece exclusivamente em felinos hospedeiros (Dubey, 2004).

Dentre os hospedeiros intermediários, o consumo de animais silvestres se destaca como uma possível fonte de infecção para os humanos. Estudos recentes demonstraram que no Brasil os tatus podem funcionar como uma importante fonte infecciosa, principalmente nas zonas rurais, onde a sua carne é frequentemente consumida (Da Silva *et al.*, 2006; 2008; Pérez *et al.*, 2011). Além disso, devido à proibição da caça, o consumo destes animais no país, é realizado sem inspeção prévia da presença do parasito na sua forma cística tecidual. Os tatus são mamíferos onívoros que habitualmente fuçam o solo em busca de alimento e, portanto, estão em constante contato com o solo potencialmente infectado com fezes de felinos contendo *T. gondii*. Assim como os roedores e os marsupiais, esses animais são frequentemente avistados próximos a áreas residenciais na zona rural ou peri-urbana, o que aumenta as chances de contato com oocistos provenientes

de felinos. Da mesma forma, a via de transmissão contrária, através da predação do tatu infectado pelo felino doméstico, também é possível, contribuindo para a manutenção do ciclo do protozoário nestas áreas (Da Silva *et al.*, 2008). Além do ciclo doméstico, os tatus também participam na manutenção do ciclo do protozoário no ambiente silvestre, uma vez que estes são frequentemente predados por diferentes espécies de felinos não domésticos, como a onça *Panthera onca*, e a suçuarana *Puma*

concolor (Da Silva *et al.*, 2008). Diversos dasypodídeos já foram detectados como reservatórios de *T. gondii*. Dentre estes podemos citar as espécies *P. maximus*, *D. novemcinctus*, *E. sexcinctus* e *C. villosus* (Tabela 2, Figura 2).

Leishmanioses

As leishmanioses compreendem um conjunto de enfermidades infecciosas causadas por diferentes

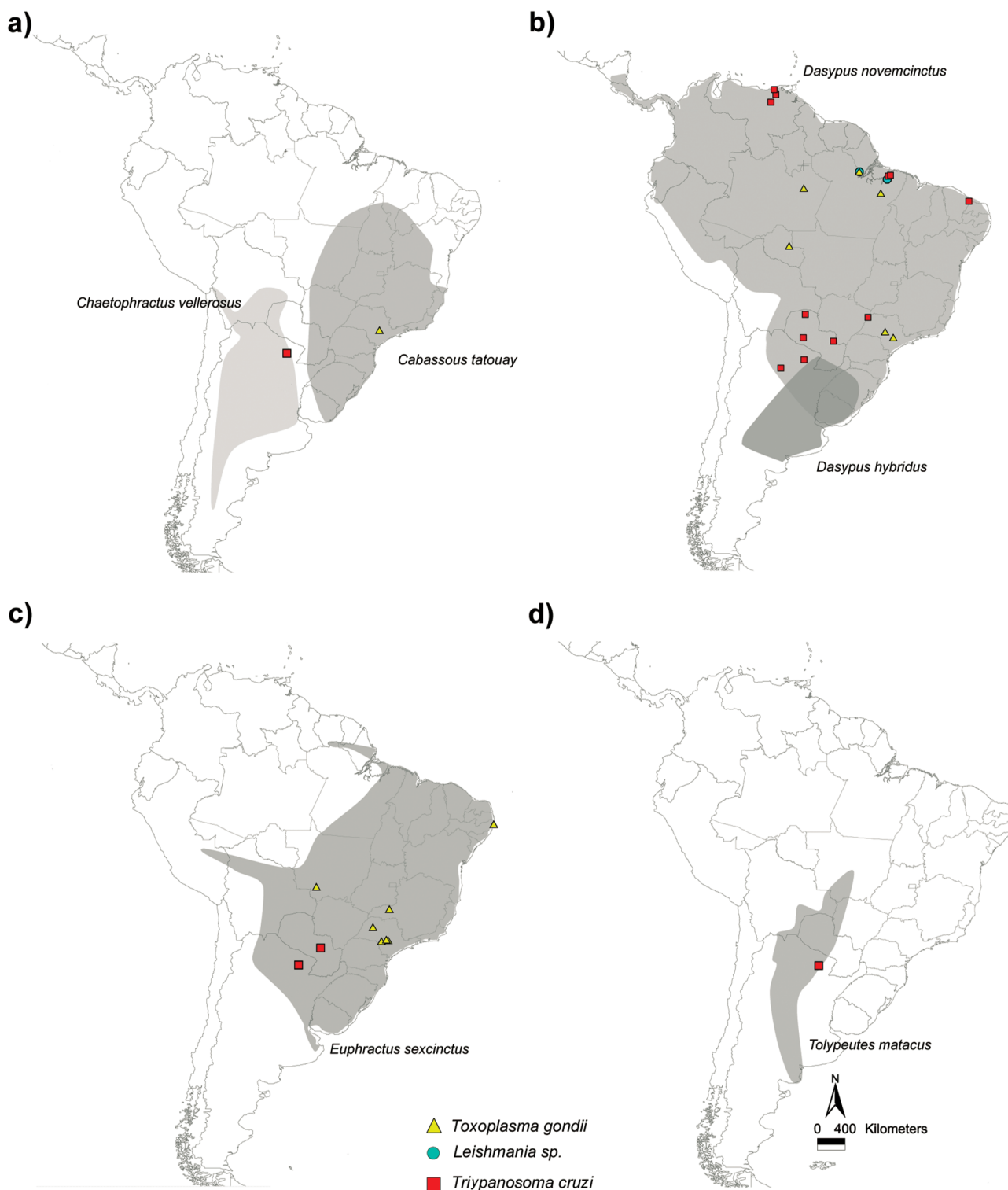


Figura 2: Distribuição e localidades de coleta de espécimes de tatu positivos para os protozoários, *Trypanosoma cruzi*, *Toxoplasma gondii* e *Leishmania sp.* na América do Sul. (a) *ChaetophRACTUS*, (b) *Dasypus*, (c) *Euphractus*, (d) *Tolypeutes*. Foram plotadas somente as localidades com coordenadas confirmadas.



espécies de protozoários do gênero *Leishmania*, transmitidas através da picada de insetos flebotômíneos (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae; Arruda, 2009). Pertencente à família Trypanosomatidae, as leishmanias constituem um grupo de protozoários flagelados amplamente distribuídos no Novo e no Velho Mundo, que possuem um ciclo de vida heteroxênico, com estágios alternados entre mamíferos reservatórios e flebotômíneos vetores (Arruda, 2009; Gramiccia & Gradoni, 2005). Atualmente, cerca de 20 espécies de *Leishmania* são reconhecidas como patogênicas ao homem. Cada uma destas espécies é capaz de infectar diferentes grupos de mamíferos, além de ser transmitida por diferentes espécies de flebotômíneos. Por esta razão, as leishmanioses apresentam dinâmica epidemiológica complexa e influenciada por diversos fatores ecológicos e ambientais relacionados à interação entre os vetores, hospedeiros e parasitos (Kaye & Scott, 2011; Ashford, 2000).

Estima-se que todas as espécies de *Leishmania* potencialmente patogênicas ao homem sejam zoonóticas ou ao menos possuam uma origem zoonótica recente (Ashford, 2000; Gramiccia & Gradoni, 2005). Na superordem Xenartra já foram identificadas diversas espécies de *Leishmania*, porém, os registros se concentram na ordem Pilosa, com ao menos sete espécies detectadas em quatro espécies de preguiças e tamanduás (Roque & Jansen, 2014). Por outro lado, apesar dos registros na ordem Cingulata serem escassos, com apenas duas espécies de *Leishmania* registradas, a espécie *D. novemcinctus* representa o único mamífero silvestre hospedeiro de *L. naiffi* (Lainson & Shaw, 2010, Tabela 2, Figura 2).

Zoonoses causadas por fungos

Coccidioidomicose

Popularmente conhecida como febre do vale, reumatismo do deserto ou doença de Posadas-Wernicke, a coccidioidomicose é uma doença infecciosa sistêmica causada por duas espécies de fungos do gênero *Coccidioides* (*C. immitis* e *C. posadasii*) (Deus Filho, 2009; Galgiani *et al.*, 2005). Endêmicos de ambientes áridos e semiáridos das Américas, estes fungos penetram no organismo de hospedeiros através da sua inalação (Hector & Laniado-Laborin, 2005). Historicamente, por serem clínica e fenotipicamente indistinguíveis, ambas as espécies *Coccidioides* causadoras da doença eram classificadas como *C. immitis* (Laniado-Laborin, 2007). Somente através da utilização de métodos filogenéticos moleculares, foi possível observar a existência de dois clados distintos separando os espécimes isolados no estado da Califórnia e os isolados nas demais regiões (Fisher *et al.*, 2002). Por esta razão, o que era antes chamado de *C. immitis* ficou retido somente aos espécimes californianos, enquanto o restante passou a ser chamado de *C. posadasii* (Bialek *et al.*, 2004; Fisher *et al.*, 2002; Saubolle *et al.*, 2007).

Apesar da alta predominância do fungo nas regiões do sul dos Estados Unidos e norte do México, já foram

detectados pequenos focos endêmicos da doença nas Américas do Sul e Central, em áreas áridas e semiáridas de Honduras, Guatemala, Argentina, Paraguai, Bolívia, Venezuela, Colômbia e Brasil (Cordeiro *et al.*, 2010; Hector & Laniado-Laborin, 2005; Sifuentes-Osornio *et al.*, 2012). Além dos humanos, estima-se que uma ampla gama de espécies de mamíferos e alguns répteis sejam susceptíveis a infecção por *Coccidioides* (Shubitz, 2007). Dentre estas, o tatu vem chamando especial atenção principalmente nos focos endêmicos locais da região nordeste do Brasil, nos estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí, onde os casos reportados da doença estão concentrados em caçadores ou pessoas que possuem contato frequente com este animal (Brilhante *et al.*, 2012; Cordeiro *et al.*, 2010; Deus Filho, 2009; Tabela 3, Figura 3).

Somente no Ceará, foram reportados 19 casos de coccidioidomicose em humanos no período de 1995 e 2007, e destes, somente um não havia tido contato prévio com tatus (Cordeiro *et al.*, 2010). A possível relação zoonótica desta doença entre humanos e tatus ainda não pode ser bem esclarecida. Acredita-se que transmissão do fungo aos humanos se dê, na verdade, no momento em que os tatus são retirados da sua toca, quando os caçadores são expostos a uma grande quantidade de *Coccidioides* artroconídeos presentes no solo. Diversos estudos identificaram a presença de *Coccidioides* em amostras de solo retiradas das tocas de tatus (*D. novemcinctus*) reforçando a possibilidade de uma alta prevalência deste fungo nestes animais (Macêdo *et al.*, 2011; Eulálio *et al.*, 2001; Wanke *et al.*, 1999). Apesar disso, até hoje, somente um estudo procurou investigar a ocorrência de *Coccidioides* em tatus. Neste trabalho, Eulálio e colaboradores (2001) detectaram a infecção por *C. immitis* em três dos 26 tatus da espécie *D. novemcinctus* coletados em quatro localidades semiáridas no estado do Piauí (Tabela 3). É importante ressaltar que a espécie de *Coccidioides* isolada neste estudo, classificada pelo autor como *C. immitis*, foi identificada somente morfologicamente e, portanto, é possível que a espécie detectada seja na verdade *C. posadasii*, uma vez que *C. immitis* possui distribuição restrita a Califórnia.

Paracoccidioidomicose

A paracoccidioidomicose (PMC) é uma doença causada por fungos do gênero *Paracoccidioides*, transmitida pela inalação de propágulos presentes no ambiente. Atualmente, a PMC possui uma distribuição restrita à América Latina com alta incidência em áreas rurais da América do Sul, em especial Brasil, Argentina, Colômbia e Venezuela (Marques-Da-Silva *et al.*, 2012; Shikanai-Yasuda & Teles-Filho, 2006). Até 2006 acreditava-se que este gênero era monoespecífico, possuindo somente a espécie *P. brasiliensis*. Porém, estudos recentes baseados em métodos moleculares indicam que *P. brasiliensis* é na verdade um complexo de espécies composto por quatro espécies crípticas, com distribuições distintas denominadas S1 (Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai, Peru e Venezuela), PS2 (Brasil e Venezuela), PS3 (Colômbia) e o grupo "Pb01-like" (região centro-oeste do Brasil),



Tabela 3: Lista das espécies de Cingulata detectadas com fungo na América do Sul, especificando o agente etiológico, localidade e a fonte. (1) Eulálio *et al.* (2001), (2) Richini-Pereira *et al.* (2009), (3) Bagagli *et al.* (2003), (4) Naiff *et al.* (1986), (5) Richini-Pereira *et al.* (2008), (6) Bagagli *et al.* (1998), (7) Macedo (1999), (8) Silva-Vergara *et al.* (2000), (9) Corredor *et al.* (1999), (10) Albano *et al.* (2014), (11) Corredor *et al.* (2005), (12) Albano *et al.* (2014), (13) Arias *et al.* (1982), (14) Bosco (2005), (15) Deem *et al.* (2009), (16) Naiff *et al.* (1996). (BO) Bolívia, (CO) Colômbia. Os estados brasileiros (BR) são: Goiás (GO), Minas Gerais (MG), Pará (PA), Piauí (PI), Rondônia (RO) e São Paulo (SP).

ESPÉCIE	AGENTE ETIOLÓGICO	LOCALIDADE	FONTE
<i>C. centralis</i>	<i>Paracoccidioides</i> sp.	CO	11
<i>T. mastacus</i>	<i>Coccidioides immitis</i>	BO: Kaa-Iya del Gran Chaco National Park, cerro cortado fiels	15
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Coccidioides</i> sp.	BR: PI, Passagem Franca e Paulistana	1
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Paracoccidioides brasiliensis</i>	BR: SP, Bauru, Cerqueira César	2
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Paracoccidioides brasiliensis</i>	BR: SP, Pratânia, Manduri e Botucatu	3
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Paracoccidioides</i> sp.	BR: PA, Tucuruí, Vila Repartimento	4
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Paracoccidioides</i> sp.	BR: SP, Bauru	5
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Paracoccidioides</i> sp.	BR: SP, Pratânia e Manduri	6
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Paracoccidioides</i> sp.	BR: GO, Serra da Mesa	7
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Paracoccidioides</i> sp.	BR: MG, Ibiá	8
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Paracoccidioides</i> sp.	CO: Caldas, Manizales	9
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Paracoccidioides brasiliensis</i>	BR: SP, São Manuel, Ilha Serrito	14
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Histoplasma capsulatum</i>	BR: PA, próximo UHE Tucuruí	13
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Histoplasma capsulatum</i>	BR: RO, próximo a Porto Velho na BR-364, km 49	16
<i>D. hybridus</i>	<i>Paracoccidioides</i> sp.	BR: sudeste do Rio Grande do Sul	10
<i>E. sexcinctus</i>	<i>Paracoccidioides</i> sp.	BR: sudeste do Rio Grande do Sul	10
<i>E. sexcinctus</i>	<i>Paracoccidioides</i> sp.	BR: Rio Grande do Sul	12

que em 2009 foi descrito como a espécie *Paracoccidioides lutzii* (Marques-Da-Silva *et al.*, 2012; Matute *et al.*, 2006; Teixeira *et al.*, 2009; Theodoro *et al.*, 2012). No Brasil, a paracoccidioidomicose representa a principal micose sistêmica do país (Prado *et al.*, 2009). A grande maioria dos casos se concentra nas regiões sul, sudeste e centro-oeste, com uma maior incidência nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro (Martinez, 2010; Wanke & Aidê, 2009). Apesar disso, atualmente esta doença ainda se encontra classificada na categoria

de doenças negligenciadas, carentes de medidas governamentais direcionadas ao seu tratamento e prevenção (Martinez, 2010).

Embora seu forte impacto na saúde pública tenha impulsionado uma gama de estudos acerca da epidemiologia da PMC, até hoje pouco se sabe a respeito do ciclo de vida e ecologia de *P. brasiliensis*, cujo microhabitat ainda se mantém indefinido (Richini-Pereira *et al.*, 2009; Vergara & Martinez, 1998). Além dos humanos, *P. brasiliensis* já foi isolado de amostras de solo, fezes

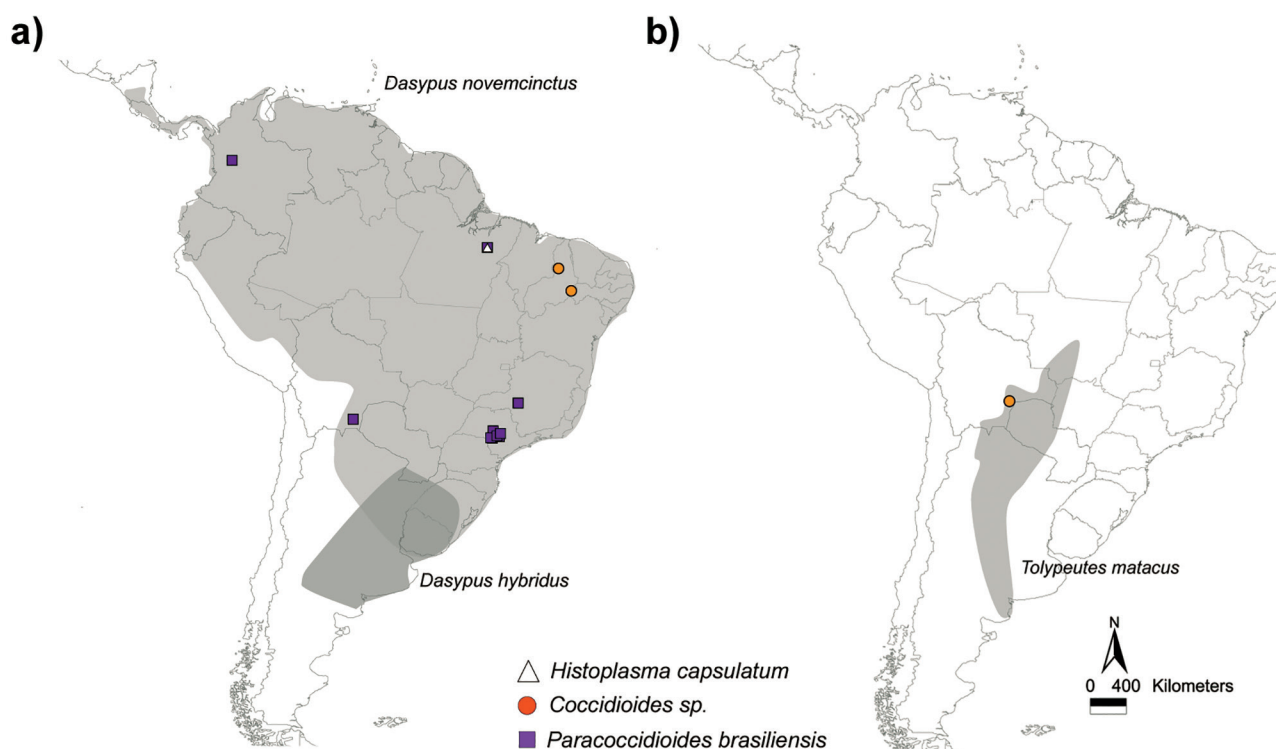


Figura 3: Distribuição e localidades de coleta de espécimes de tatu positivos para fungos na América do Sul, (a) *Dasypos*, (b) *Tolypeutes*. Foram plotadas somente as localidades com coordenadas confirmadas.



Tabela 4: Registros das espécies de Cingulata detectadas com *Flavivirus* na América do Sul, especificando o agente etiológico, o local e a fonte. (1) De Thoisy *et al.* (2004), (2) Deem *et al.* (2009). (GF) Guiana Francesa, (BO) Bolívia.

Espécie	Agente etiológico	Local	Fonte
<i>D. novemcinctus</i>	<i>Flavivirus</i> Dengue virus	GF: Hidroelétrica Petit Saut	1
<i>T. matacus</i>	<i>Flavivirus</i> St. Louis Encephalite virus	BO: Gran Chaco, Kaa-Iya del Gran Chaco National Park, cerro cortado fields	2

de morcego, pinguins, comida de cachorro, entre outros. Apesar disso, estas observações têm sido consideradas como prováveis infecções esporádicas pouco suportadas devido à falta de replicabilidade destes estudos (Richini-Pereira *et al.*, 2009). Por outro lado, a infecção deste fungo em diferentes espécies de tatus tem sido frequentemente identificada, especialmente nas espécies *D. novemcinctus* e *C. centralis* (Tabela 3, Figura 3). A alta incidência da PMC nestes animais corrobora a classificação dos tatus como potencial hospedeiro natural de *Paracoccidioides*, além de levantar a hipótese de que estes animais representem um papel importante na manutenção do ciclo biológico deste fungo no ambiente (Nishikaku *et al.*, 2008).

Histoplasmose

A histoplasmose é uma doença infecciosa de distribuição global transmitida pela inalação de esporos de *Histoplasma capsulatum*, um fungo dimórfico associado a substratos altamente nitrogenados comumente relacionados às fezes de pássaros e morcegos. Apesar de ser geralmente assintomática, quando não tratada, esta doença pode se desenvolver para uma infecção pulmonar aguda ou progressiva, especialmente em pacientes imunocomprometidos nos quais pode levar até a morte. No Brasil, a histoplasmose representa uma das doenças micóticas mais importantes, sendo o estado do Rio de Janeiro uma das principais zonas endêmicas do país. Além dos humanos, o fungo *H. capsulatum* já foi isolado de diversas espécies de mamíferos, podendo citar felinos, canídeos, roedores, marsupiais, quirópteros (Zancopé-Oliveira & Wanke, 1986) e tatus (Naiff *et al.*, 1996; Arias *et al.*, 1982).

Neste trabalho foram encontrados poucos registros da detecção deste fungo em Cingulata, sendo os dois trabalhos encontrados restritos à região norte do país (Tabela 3, Figura 3). É importante ressaltar que não foram encontrados trabalhos que tenham procurado ativamente esses fungos em Cingulata. Por esta razão é provável que a incidência deste fungo nestes animais esteja subestimada.

Zoonoses causadas por vírus

Flavivirus – vírus da Dengue e da encefalite Saint Louis

Os vírus da dengue e da encefalite de St. Louis são dois representantes do gênero *Flavivirus* (família Flaviridae). Ambos são transmitidos através da picada de mosquitos infectados e atingem de centenas a milhares de pessoas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo

todos os anos. Segundo a OMS, atualmente a dengue representa a doença viral transmitida por mosquitos mais importante no mundo, com mais de 2.5 bilhões de pessoas infectadas em 100 países considerados endêmicos. Ao contrário da dengue, o vírus da encefalite de St. Louis se encontra restrito às Américas com ampla distribuição do Canadá até a Argentina (Figueiredo, 2010). Apesar disso, poucos estudos investigaram a influência de mamíferos silvestres no ciclo das doenças causadas por *Flavivirus* nos Neotrópicos. Dos poucos trabalhos existentes que efetivamente procuram tratar deste assunto, a grande maioria foca em um levantamento da prevalência destes vírus em espécies sentinela como roedores, marsupiais e quirópteros (de Thoisy *et al.*, 2004).

No presente trabalho foi encontrado somente um registro de detecção para cada um dos vírus citados acima. No caso do vírus da dengue, De Thoisy *et al.* (2004) encontraram três animais infectados dos 60 *D. novemcinctus* capturados enquanto Deem *et al.* (2009) encontraram cinco animais infectados dos oito capturados (Tabela 4).

DISCUSSÃO

Por fazerem parte da mesma classe e consequentemente apresentarem um maior grau de parentesco, os mamíferos constituem o grupo que mais compartilham patógenos com humanos (Mills, 2006). Apesar de quirópteros, primatas e roedores já serem conhecidos como potenciais reservatórios de uma alta diversidade de patógenos associados às doenças zoonóticas (Wong *et al.*, 2007; Luis *et al.*, 2013), poucos estudos foram feitos com foco em outras ordens de mamíferos silvestres neotropicais e, portanto, há uma grande chance desta diversidade estar consideravelmente subestimada.

Das 21 espécies reconhecidas em Cingulata, nove espécies pertencentes a seis gêneros foram detectadas infectadas por agentes potencialmente infecciosos para os humanos. Destas, a espécie *D. novemcinctus* se destaca por, com exceção do vírus da encefalite de St. Louis, possuir registros que abrangem todos os patógenos citados no trabalho, seguido pela espécie *E. sexcinctus*. Apesar disso, é preciso considerar que *D. novemcinctus* apresenta uma distribuição substancialmente mais ampla que as outras espécies, além de ser consideravelmente mais abundante em números de indivíduos (Gardner, 2008). Por esta razão, é provável que a ocorrência de patógenos infecciosos nas outras espécies esteja fortemente subestimada devido à escassez de estudos investigativos nestes grupos.

Além disso, é importante ressaltar que a prevalência observada nas espécies detectadas possivelmente representa uma subestimativa do valor real da mesma.

Capellão, R.T. *et al.*: Cingulata e zoonoses na Américas do Sul



A detecção da doença em animais silvestres é geralmente feita através de exames histopatológicos, sorológicos ou PCR e, portanto, é preciso considerar que diferentes tecidos podem expressar carga infectante ou patologia distinta, e diferentes técnicas possuem diferentes capacidades de detecção (Lainson & Shaw, 2010). Além disso, diversos outros fatores como a época do ano na qual os espécimes foram coletados, a densidade populacional do reservatório em cada localidade e a idade e sexo do animal infectado, podem influenciar na taxa de detecção do patógeno nos espécimes estudados (Williams & Loughry, 2012). Como consequência, a comparação direta da prevalência entre estudos que utilizaram metodologias de detecção distintas pode se mostrar enviesada. Um exemplo é o caso da detecção de *T. gondii* em tatus da espécie *E. sexcinctus* que apesar de ter sido diagnosticado soro negativo, o parasito pode ser isolado após a inoculação de amostras cerebrais em camundongos (Da Silva *et al.*, 2006).

Este trabalho apresenta o primeiro levantamento bibliográfico acerca do potencial zoonótico da ordem Cingulata em diversos agravos, notadamente hanseníase, doença-de-Chagas, leishmaniose, toxoplasmose, paracoccidiodomicose. Os tatus, especialmente *D. novemcinctus* e *E. sexcinctus*, possuem um importante papel epidemiológico na manutenção de diversos patógenos tanto no ciclo doméstico quanto no silvestre, especialmente em áreas rurais, onde a sua caça e consumo são frequentes entre a população sem que haja qualquer tipo de inspeção sanitária. Devido à escassez de dados disponíveis sobre o assunto, é provável que a distribuição dos patógenos humanos em Cingulata esteja extremamente subestimada e, portanto, é de extrema necessidade um maior esforço de investigação e em campo. A maior quantidade de informações sobre agentes etiológicos compartilhados entre humanos, tatus-galinha (*Dasypus*) e tatus-peba (*Euphractus*) resulta do fato destas espécies serem mais abundantes e possuírem ampla distribuição geográfica. Dentre todas as zoonoses identificadas neste trabalho, a hanseníase se destaca como a mais associada com o contato entre humanos e tatus, uma vez que estes animais compreendem o seu único reservatório no Brasil.

A associação entre as diferentes espécies de patógenos com os seus respectivos tatus hospedeiros permite a identificação de áreas potenciais de distribuição de doenças zoonóticas, possibilitando uma maior chance de previsão de surtos e disseminação de patógenos potencialmente infecciosos a populações humanas e animais. A consideração destes fatores é importante para o estabelecimento de medidas de vigilância, de proteção e controle e destas zoonoses, além de influenciar em medidas de manejo e conservação de áreas e espécies animais afetadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERJ e ao CNPq ao suporte financeiro recebido. AL é bolsista CAPES e FAPERJ, Capellão, R.T. *et al.*: Cingulata e zoonoses na Américas do Sul

e CRB é bolsista do CNPq e FAPERJ. Este trabalho foi desenvolvido durante o mestrado de Renata T. Capellão, bolsista CNPq e aluna do Programa de Pós-Graduação em Genética da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PGGen-UFRJ).

REFERÊNCIAS

- Adler B, de la Peña Moctezuma A. 2010. *Leptospira* and leptospirosis. *Veterinary Microbiology* 140(3-4): 287-296. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.03.012>.
- Albano APN, Klafke GB, Brandolt TM, Da Hora VP, Minello LF, Jorge S, Santos EO, Behling GM, Camargo ZP, Xavier MO, Meireles MC. 2014. Wild Animals as Sentinels of *Paracoccidioides brasiliensis* in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Mycopathologia* 177(3-4): 207-215. <http://dx.doi.org/10.1007/s11046-014-9731-y>.
- Anacleto TCS, Diniz-Filho JAF, Vital MVC. 2006. Estimating potential geographic ranges of armadillos (Xenarthra, Dasypodidae) in Brazil under niche-based models. *Mammalia* 70(3/4): 202-213. <http://dx.doi.org/10.1515/MAMM.2006.039>.
- Arias JR, Naiff RD, Naiff MF, Mok WY, Almeida MM. 1982. Isolation of *Histoplasma capsulatum* from an armadillo (*Dasypus novemcinctus*) in the eastern Amazon of Brazil. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 76(5): 705-706. [http://dx.doi.org/10.1016/0035-9203\(82\)90253-X](http://dx.doi.org/10.1016/0035-9203(82)90253-X).
- Arruda MM de. 2009. Leishmanioses. Pp. 68-90, In *Manual de Zoonoses. Programa de Zoonoses Região Sul*.
- Ashford RW. 2000. The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. *International Journal for Parasitology* 30(12-13): 1269-1281. [http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7519\(00\)00136-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7519(00)00136-3).
- Bagagli E, Franco M, Bosco SMG, Hebel-Barbosa F, Trinca LA, Montenegro MR. 2003. High frequency of *Paracoccidioides brasiliensis* infection in armadillos (*Dasypus novemcinctus*): an ecological study. *Medical Microbiology* 41(3): 217-223. <http://dx.doi.org/10.1080/13693780310001597368>.
- Bagagli E, Sano A, Coelho KI, Alquati S, Miyaji M, De Camargo ZP, Gomes GM, Franco M, Montenegro MR. 1998. Isolation of *Paracoccidioides brasiliensis* from armadillos (*Dasypus novemcinctus*) captured in an endemic area of paracoccidiodomycosis. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 58(4): 505-512.
- Bialek R, Kern J, Herrmann T, Tijerina R, Ceceñas L, Reischl U, González GM. 2004. PCR assays for identification of *Coccidioides posadasii* based on the nucleotide sequence of the antigen 2/proline-rich antigen. *Journal of Clinical Microbiology* 42(2): 778-783. <http://dx.doi.org/10.1128/JCM.42.2.778-783.2004>.
- Bosco SMG. 2005. Infecção natural do *Paracoccidioides brasiliensis* em tatus: aspectos ecológicos, patológicos, micológicos e moleculares. Tese de Doutorado em Patologia, Programa de Pós-Graduação em Patologia, UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Brilhante RSN, Moreira Filho RE, Rocha MFG, Castelo-Branco DSCM, Fachine MAB, de Lima RAC, Picanço YVC, Cordeiro RA, de Camargo ZP, Queiroz JAN, de Araujo RWB, De Mesquita JRL, Sidrim JJC. 2012. Coccidioidomycosis in armadillo hunters from the state of Ceará, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 107(6): 813-815. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762012000600017>.
- Bruce S, Schroeder TL, Ellner K, Rubin H, Williams T, Wolf Jr JE. 2000. Armadillo exposure and Hansen's disease: An epidemiologic survey in southern Texas. *Journal of the American Academy of Dermatology* 43(2): 223-228. <http://dx.doi.org/10.1067/mjd.2000.106368>.
- Cacchione RA, Casclli ES, Martinez ES, Zuberbuhler JM. 1966. Leptospirosis en animales silvestres. Aislamiento de una cepa de *Leptospira canicola* de un peludo (*ChaetophRACTUS villosus*). *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 3: 51-55.
- Cardona-Castro N, Beltrán JC, Ortiz-Bernal A, Vissa V. 2009. Detection of *Mycobacterium leprae* DNA in nine-banded armadillos (*Dasypus novemcinctus*) from the Andean region of Colombia. *Leprosy Review* 80(4): 424-431.
- Carillo CG, Meyers DM, Szyfres B. 1972. Bataviae group leptospirae isolated from armadillos in Argentina. *Tropical and Geographical Medicine* 24(4): 377-381.



- Clark BM, Murray CK, Horvath LL, Deye GA, Rasnake MS, Longfield RN. 2008. Case-control study of armadillo contact and Hansen's disease. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 78(6): 962-967.
- Cordeiro RA, Brillhante RSN, Rocha MFG, Bandeira SP, Fachine MAB, De Camargo ZP, Sidrim JJC. 2010. Twelve years of coccidioidomycosis in Ceará State, Northeast Brazil: epidemiologic and diagnostic aspects. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 66(1): 65-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2008.09.016>.
- Corredor GG, Castaño JH, Peralta LA, Díez S, Arango M, McEwen J, Restrepo A. 1999. Isolation of *Paracoccidioides brasiliensis* from the nine-banded armadillo *Dasypus novemcinctus*, in an endemic area for paracoccidioidomycosis in Colombia. *Revista Iberoamericana de Micología* 16: 216-220.
- Corredor GG, Peralta LA, Castaño JH, Zuluaga JS, Henao B, Arango M, Tabares AM, Matute DR, McEwen JG, Restrepo A. 2005. The naked-tailed armadillo *Cabassous centralis* (Miller 1899): a new host to *Paracoccidioides brasiliensis*. *Molecular identification of the isolate. Medical Mycology* 43(3): 275-280. <http://dx.doi.org/10.1080/13693780412331271090>.
- Coura JR, Dias JCP. 2009. Epidemiology, control and surveillance of Chagas disease: 100 years after its discovery. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 104(Suppl. I): 31-40. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762009000900006>.
- Da Silva AV, Bosco SMG, Langoni H, Bagagli E. 2006. Study of *Toxoplasma* infection in Brazilian wild mammals: Serological evidence in *Dasypus novemcinctus* Linnaeus, 1758 and *Euphractus sexcinctus* Wagler, 1830. *Veterinary Parasitology* 135(1): 81-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.08.013>.
- Da Silva RC, Zetun CB, Bosco SMG, Bagagli E, Rosa PS, Langoni H. 2008. *Toxoplasma gondii* and *Leptospira* spp. infection in free-ranging armadillos. *Veterinary Parasitology* 157(3-4): 291-293. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.08.004>.
- Deem SL, Noss AJ, Fiorello CV, Manharth AL, Robbins RG, Karesh WB. 2009. Health Assessment of Free-Ranging Three-Banded (*Tolypeutes matacus*) and Nine-Banded (*Dasypus novemcinctus*) Armadillos in the Gran Chaco, Bolivia. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 40(2): 245-256. <http://dx.doi.org/10.1638/2007-0120.1>.
- De Oliveira SV, Arsky MLNS, Caldas EP. 2013. Reservatórios Animais da Leptospirose: Uma Revisão Bibliográfica. *Revista Saúde (Santa Maria)* 39(1): 9-20. <http://dx.doi.org/10.5902/223658345094>.
- Deps PD, Alves BL, Gripp CG, Aragao RL, Guedes BVS, Filho JB, Andreatta MK, Marcari RS, Prates ICA, Rodrigues LC. 2008. Contact with armadillos increases the risk of leprosy in Brazil: a case control study. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology* 74(4): 338-342.
- Deps PD, Antunes JMAP, Tomimori-Yamashita J. 2007. Detection of *Mycobacterium leprae* infection in wild nine-banded armadillos (*Dasypus novemcinctus*) using the rapid ML Flow test. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 40(1): 86-87. <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822007000100019>.
- Deps PD, Faria LV, Gonçalves VC, Silva DA, Ventura CG, Zandonade E. 2003. Aspectos epidemiológicos da transmissão da hanseníase em relação a exposição ao tatu. *Hansenologia Internationalis* 28(2): 138-144.
- Deps PD, Santos AR, Tomimori-Yamashita J. 2002. Detection of *Mycobacterium leprae* DNA by PCR in blood sample from nine-banded armadillo: preliminary results. *International journal of leprosy and other mycobacterial diseases: official organ of the International Leprosy Association* 70(1): 34-35.
- De Thoisy B, Dussart P, Kazanji M. 2004. Wild terrestrial rainforest mammals as potential reservoirs for flaviviruses (yellow fever, dengue 2 and St. Louis encephalitis viruses) in French Guiana. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 98(7): 409-412. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trstmh.2003.12.003>.
- Deus Filho A de. 2009. Capítulo 2: coccidioidomicose. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* 35(9): 920-930.
- Dias JL, Godoy GMS, Aguiar RS, Gomes GPLA. 2013. Características determinantes entre portadores de hanseníase em uma área hiperendêmica. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde* 11(38): 32-37. <http://dx.doi.org/10.13037/rbcs.vol11n38.1968>.
- Dubey JP. 2004. Toxoplasmosis – a waterborne zoonosis. *Veterinary Parasitology* 126(1-2): 57-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.09.005>.
- Eulálio KD, de Macedo RL, Cavalcanti MAS, Martins LMS, Lazéra MS, Wanke B. 2001. *Coccidioides immitis* isolated from armadillos (*Dasypus novemcinctus*) in the state of Piauí, northeast Brazil. *Mycopathologia* 149(2): 57-61. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1007273019647>.
- Feldhamer GA, Drickamer LC, Vessey SH, Merritt JF, Krajewski C. 2007. *Mammalogy: adaptation, diversity, ecology*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Ferreira RTB, Branquinho MR, Leite PC. 2014. Transmissão oral da doença de Chagas pelo consumo de açaí: um desafio para a Vigilância Sanitária. *Vigilância Sanitária em Debate* 2(4): 1-8. <http://dx.doi.org/10.3395/vd.v2i4.358>.
- Figueiredo MLG. 2010. Identificação de flavivirus infectando culicídeos de 1999 a 2007 no Brasil. Tese de doutorado em Ciências (Microbiologia), Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Fisher MC, Koenig GL, White TJ, Taylor JW. 2002. Molecular and phenotypic description of *Coccidioides posadasii* sp. nov., previously recognized as the non-California population of *Coccidioides immitis*. *Mycologia* 94(1): 73-84.
- Frota CC, Lima LNC, Rocha AS, Suffys PN, Rolim BN, Rodrigues LC, Barreto ML, Kendall C, Kerr LRS. 2012. *Mycobacterium leprae* in six-banded (*Euphractus sexcinctus*) and nine-banded armadillos (*Dasypus novemcinctus*) in Northeast Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 107(1): 209-213. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762012000900029>.
- Fujita O, Sanabria L, Inchausti A, De Arias AR, Tomizawa Y, Oku Y. 1994. Animal reservoirs for *Trypanosoma cruzi* infection in an endemic area in Paraguay. *The Journal of Veterinary Medical Science/The Japanese Society of Veterinary Science* 56(2): 305-308.
- Galgiani JN, Ampel NM, Blair JE, Catanzaro A, Johnson RH, Stevens DA, Williams PL. 2005. *Coccidioidomycosis*. *Clinical Infectious Diseases* 41(9): 1217-1223. <http://dx.doi.org/10.1086/496991>.
- Gardner AL. 2008. *Mammals of South America, Volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. University of Chicago Press, Chicago.
- Gramiccia M, Gradoni L. 2005. The current status of zoonotic leishmaniasis and approaches to disease control. *International Journal for Parasitology* 35(11-12): 1169-1180. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.07.001>.
- Hector RF, Laniado-Laborin R. 2005. Coccidioidomycosis – a fungal disease of the Americas. *PLOS Medicine* 2(1): e2. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pmed.0020002>.
- Kaye P, Scott P. 2011. Leishmaniasis: complexity at the host-pathogen interface. *Nature Reviews Microbiology* 9(8): 604-615. <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2608>.
- Kin MS, Fort M, Giménez HD, Casanave EB. 2015. First record of *Toxoplasma gondii* in *Chaetophactus villosus* in Argentina. *Acta Parasitologica* 60(1): 134-137. <http://dx.doi.org/10.1515/ap-2015-0018>.
- Kirchheimer WF, Storrs EE. 1971. Attempts to establish the armadillo (*Dasypus novemcinctus* Linn.) as a model for the study of leprosy. I. Report of lepromatoid leprosy in an experimentally infected armadillo. *International Journal of Leprosy and Other Mycobacterial Diseases* 39(3): 693-702.
- Lainson R, Shaw JJ. 2010. New World leishmaniasis, in Topley and Wilsons Microbiology and Microbial Infections. John Wiley & Sons. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470688618.taw0182>.
- Lainson R, Shaw JJ, Ready PD, Miles MA, Póvoa M. 1981. Leishmaniasis in Brazil: XVI. Isolation and identification of Leishmania species from sandflies, wild mammals and man in north Pará State, with particular reference to *L. braziliensis guyanensis* causative agent of "pian-bois". *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 75(4): 530-536. [http://dx.doi.org/10.1016/0035-9203\(81\)90192-9](http://dx.doi.org/10.1016/0035-9203(81)90192-9).
- Laniado-Laborin R. 2007. Expanding Understanding of Epidemiology of Coccidioidomycosis in the Western Hemisphere. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1111(1): 19-34. <http://dx.doi.org/10.1196/annals.1406.004>.
- Lilenbaum W, Monteiro RV, Ristow P, Fraguas S, Cardoso VS, Fedullo LPL. 2002. Leptospirosis antibodies in mammals from Rio de Janeiro Zoo, Brazil. *Research in Veterinary Science* 73(3): 319-32. [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-5288\(02\)00099-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-5288(02)00099-1).
- Lins ZC, Lopes ML. 1984. Isolation of *Leptospira* from wild forest animals in Amazonian Brazil. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 78(1): 124-126. [http://dx.doi.org/10.1016/0035-9203\(84\)90191-3](http://dx.doi.org/10.1016/0035-9203(84)90191-3).



- Luis AD, Hayman DTS, O'Shea TJ, Cryan PM, Gilbert AT, Pulliam JRC, Mills JN, Timonin ME, Willis CKR, Cunningham AA, Fooks AR, Rupprecht CE, Wood JLN, Webb CT. 2013. A comparison of bats and rodents as reservoirs of zoonotic viruses: are bats special? *Proceedings of the Royal Society* 280(1756): 2012-2753. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2012.2753>.
- Macêdo RCL de, Rosado AS, da Mota FF, Cavalcante MAS, Eulálio KD, Filho AD, Martins LMS, Lazéra MS, Wanke B. 2011. Molecular identification of *Coccidioides* spp. in soil samples from Brazil. *BMC Microbiology* 11(1): 108-116. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2180-11-108>.
- Macedo RCL. 1999. *Paracoccidioides brasiliensis* – Infecção natural em tatus – Estudo em Serra da Mesa, Goiás, Brasil. Pp. 192, in *Anais do VII Congresso Brasileiro de Micologia*. Sociedade Brasileira de Micologia, Rio de Janeiro.
- Marques-Da-Silva SH, Rodrigues AM, de Hoog GS, Silveira-Gomes F, Camargo ZP. 2012. Occurrence of *Paracoccidioides lutzii* in the Amazon region: description of two cases. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 87(4): 710-714. <http://dx.doi.org/10.4269/ajtmh.2012.12-0340>.
- Martinez AR, Resoagli EH, de Millán SG, Resoagli JP, Ramírez MM, Cicuta ME, Root MIO, Sandoval A. 1984. Leprosy in *Dasyus novemcinctus* (Linneo 1758). *Archivos Argentinos de Dermatología* 34(1984): 21-30.
- Martinez R. 2010. Paracoccidioidomycosis: the dimension of the problem of a neglected disease. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 43(4): 480. <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822010000400034>.
- Matute DR, McEwen JG, Puccia R, Montes BA, San-Blas G, Bagagli E, Rauscher JT, Restrepo A, Morais F, Niño-Vega G, Taylor JW. 2006. Cryptic speciation and recombination in the fungus *Paracoccidioides brasiliensis* as revealed by gene genealogies. *Molecular Biology and Evolution* 23(1): 65-73. <http://dx.doi.org/10.1093/molbev/msj008>.
- Meyers WM, Walsh GP, Brown HL, Rees RJ, Convit J. 1977. Naturally acquired leprosy-like disease in the nine-banded armadillo (*Dasyus novemcinctus*): reactions in leprosy patients to lepromins prepared from naturally infected armadillos. *Journal of the Reticuloendothelial Society* 22(4): 369-375.
- Meyers WM, Gormus BJ, Walsh GP, Baskin GB, Hubbard GB. 1991. Naturally acquired and experimental leprosy in nonhuman primates. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 44(4): 24-27.
- Miles MA, Pova MM, De Souza AA, Lainson R, Shaw JJ, Ketteridge DS. 1981. Chagas's disease in the Amazon Basin: II. The distribution of *Trypanosoma cruzi* zymodemes 1 and 3 in Pará State, north Brazil. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 75(5): 667-674. [http://dx.doi.org/10.1016/0035-9203\(81\)90145-0](http://dx.doi.org/10.1016/0035-9203(81)90145-0).
- Mills JN. 2006. Biodiversity loss and emerging infectious disease: An example from the rodent-borne hemorrhagic fevers. *Biodiversity* 7(1): 9-17. <http://dx.doi.org/10.1080/14888386.2006.9712789>.
- Monot M, Honoré N, Garnier T, Araoz R, Coppée JY, Lacroix C, Sow S, Spencer JS, Truman RW, Williams DL, Gelber R, Virmond M, Flageul B, Cho SN, Ji B, Paniz-Mondolfi A, Convit J, Young S, Fine PE, Rasolof V, Brennan PJ, Cole ST. 2005. On the origin of leprosy. *Science* 308(5724): 1040-1042. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1109759>.
- Morocima A, Carrasco HJ, Boadas J, Chique JD, Herrera L, Urdanita-Morales S. 2012. *Trypanosoma cruzi* III from armadillos (*Dasyus novemcinctus novemcinctus*) from Northeastern Venezuela and its biological behavior in murine model. Risk of emergency of Chagas' disease. *Experimental Parasitology* 132(3): 341-347. <http://dx.doi.org/10.1016/j.exppara.2012.08.008>.
- Myers DM, Caparo AC, Moreno JP. 1977. Aislamiento Del Serotipo Hardjo Y Otras Leptospiras De Armadillos De Argentina. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana* 83(1): 56-65.
- Naiff RD, Freitas RA, Naiff MF, Arias JR, Barret TV, Momen H, Grimaldi Jr G. 1991. Epidemiological and nosological aspects of *Leishmania naiffi* Lanson & Shaw 1989. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 86(3): 317-312. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761991000300006>.
- Naiff RD, Barret TV, Naiff MF, De Lima Ferreira LC, Arias JR. 1996. New records of *Histoplasma capsulatum* from wild animals in the Brazilian Amazon 38(4): 273-277. <http://dx.doi.org/10.1590/S0036-46651996000400006>.
- Capellão, R.T. et al.: Cingulata e zoonoses na Américas do Sul
- Naiff RD, De Lima Ferreira LC, Barret TV, Naiff MF, Arias JR. 1986. Paracoccidioidomycose enzoótica em tatus (*Dasyus novemcinctus*) no estado do Pará. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 28(1): 19-27. <http://dx.doi.org/10.1590/S0036-46651986000100005>.
- Nishikaku AS, Peraçoli MTS, Bagagli E, Sugizaki MF, Sartorill A. 2008. Experimental infections with *Paracoccidioides brasiliensis* obtained from armadillos: comparison to clinical isolates. *The Brazilian journal of infectious diseases: an official publication of the Brazilian Society of Infectious Diseases* 12(1): 1-6. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-86702008000100013>.
- Noireau F, Diosque P, Jansen AM. 2009. *Trypanosoma cruzi*: adaptation to its vectors and its hosts. *Veterinary Research* 40(2): 26-23. <http://dx.doi.org/10.1051/vetres/2009009>.
- Orozco MM, Eriquez GF, Avarado-Otegui JA, Cardinal MV, Schijman AG, Kitron U, Gurter RE. 2013. New sylvatic hosts of *Trypanosoma cruzi* and their reservoir competence in the humid Chaco of Argentina: a longitudinal study. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 88(5): 872-882. <http://dx.doi.org/10.4269/ajtmh.12-0519>.
- Pérez JE, Gómez JSV, Pérez ODN, Castaño SV. 2011. Formas Alternas de Transmisión de *Toxoplasma gondii*. *Biosalud* 10(2): 123-137.
- Prado M, Da Silva MB, Laurenti R, Travassos LR, Taborda CP. 2009. Mortality due to systemic mycoses as a primary cause of death or in association with AIDS in Brazil: a review from 1996 to 2006. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 104(3): 513-521. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762009000300019>.
- Rassi A Jr., Rassi A, Marin-Neto JA. 2010. Chagas disease. *The Lancet* 375(9723): 1388-1402.
- Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP. 2006. *Mamíferos do Brasil*. Editora da UEL, Londrina.
- Richini-Pereira VB, Bosco SMG, Macoris SG, Theodoro RC, Pedrini SCB, Rosa PS, Bagagli E. 2008. Detecção de *Paracoccidioides brasiliensis* em tatus (*Dasyus novemcinctus*) provenientes de uma reserva de Cerrado do Instituto Lauro de Souza Lima (Bauru, SP). *BEPA. Boletim Epidemiológico Paulista* 5(56): 4-8.
- Richini-Pereira VB, Bosco SMG, Theodoro RC, Barrozo L, Pedrini SCB, Rosa PS, Bagagli E. 2009. Importance of xenarthrans in the eco-epidemiology of *Paracoccidioides brasiliensis*. *BMC Research Notes* 2(1): 228. <http://dx.doi.org/10.1186/1756-0500-2-228>.
- Rodrigues LC, Lockwood DNJ. 2011. Leprosy now: epidemiology, progress, challenges, and research gaps. *The Lancet Infectious Diseases* 11(6): 464-470. [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(11\)70006-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70006-8).
- Roque ALR, Jansen AM. 2014. Wild and synanthropic reservoirs of *Leishmania* species in the Americas. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 3(3): 251-262. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijppaw.2014.08.004>.
- Salata E, Yoshida ELA, Pereira EA, Corrêa FMA. 1985. Toxoplasmose em animais silvestres e domésticos da região de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. Instituto de Medicina Tropical 27(1): 20-22.
- Saraiva EM, Andrade AF, de Souza W. 1987. Involvement of the macrophage mannose-6-phosphate receptor in the recognition of *Leishmania mexicana amazonensis*. *Parasitology Research* 73: 411-416.
- Sarquis O, Carvalho-Costa FA, Oliveira LS, Duarte R, D'Andrea PS, de Oliveira TG, Lima MM. 2010. Ecology of *Triatoma brasiliensis* in northeastern Brazil: seasonal distribution, feeding resources, and *Trypanosoma cruzi* infection in a sylvatic population. *Journal of Vector Ecology* 35(2): 385-394. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1948-7134.2010.00097.x>.
- Sartor PA, Ceballos LA, Orozco MMA, Cardinal MV, Gurtler RE, Leguizamón MS. 2013. Trans-Sialidase Inhibition Assay Detects *Trypanosoma cruzi* Infection in Different Wild Mammal Species. *Vector-borne and Zoonotic Diseases* 13(8): 581-585. <http://dx.doi.org/10.1089/vbz.2012.1125>.
- Saubolle MA, McKellar PP, Sussland D. 2007. Epidemiologic, clinical, and diagnostic aspects of *Coccidioidomycosis*. *Journal of Clinical Microbiology* 45(1): 26-30. <http://dx.doi.org/10.1128/JCM.02230-06>.
- Schenk MAM, Avila FA, Lima JD, Schenk JAP. 1976. Frequency of *Toxoplasma gondii* antibodies in armadillos *Dasyus novemcinctus* trapped in Minas Gerais Brazil. *Arquivos da Escola de Veterinária Universidade Federal de Minas Gerais* 28(1): 33-35.



- Shikanai-Yasuda MA, Telles Filho FQ, Mendes RP, Colombo AL, Moretti ML. 2006. Consenso em paracoccidiodomicose. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 39(3): 297-310. <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822006000300017>.
- Shubitz LF. 2007. Comparative Aspects of Coccidiodomycosis in Animals and Humans. Annals of the New York Academy of Sciences 1111(1): 395-403. <http://dx.doi.org/10.1196/annals.1406.007>.
- Sifuentes-Osornio J, Corzo-León DE, Ponce-De-León LA. 2012. Epidemiology of Invasive Fungal Infections in Latin America. Current Fungal Infection Reports 6(1): 23-34. <http://dx.doi.org/10.1007%2Fs12281-011-0081-7>.
- Silva-Vergara ML, Martinez R, Camargo ZP, Malta MH, Maffei CM, Chada JB. 2000. Isolation of *Paracoccidioides brasiliensis* from armadillos (*Dasypus novemcinctus*) in an area where the fungus was recently isolated from soil. Medical mycology 38(3): 193-199. <http://dx.doi.org/10.1080/mmy.38.3.193.199>.
- Sogorb F, Jamra LF, Guimaraes EC. 1977. Toxoplasmose em animais de São Paulo, Brasil [Toxoplasmosis in animals of São Paulo, Brazil]. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo 18: 36-41.
- Souza LR de. 2012. Condicionantes sociais na delimitação de espaços endêmicos de hanseníase. Tese de Doutorado em medicina reventiva, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Szyfres B, Sulzer CR, Galton MM. 1967. A new leptospiral serotype in the bataviae serogroup from Argentina. Tropical and Geographical Medicine 19(4): 344-346.
- Teixeira MM, Theodoro RC, de Carvalho MJ, Fernandes L, Paes HC, Hahn RC, Mendoza L, Bagagli E, San-Blas G, Felipe MS. 2009. Phylogenetic analysis reveals a high level of speciation in the *Paracoccidioides* genus. Molecular Phylogenetics and Evolution 52(2): 273-283. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2009.04.005>.
- Telleria J, Tibayrenc M. 2010. American trypanosomiasis Chagas disease one hundred years of research. Elsevier, London.
- Tenório MS, Oliveira e Sousa L, Alves-Martin MF, Paixão MS, Rodrigues MV, Starke-Buzetti WA, Araújo Junior JP, Lucheis SB. 2014. Molecular identification of trypanosomatids in wild animals. Veterinary Parasitology 203(1-2): 203-206. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.02.010>.
- Theodoro RC, Teixeira MM, Felipe MS, Paduan KS, Ribolla PM, San-Blas G, Bagagli E. 2012. Genus *Paracoccidioides*: Species recognition and biogeographic aspects. PLoS one 7(5): e37694. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0037694>.
- Tonn R, Telford S, Cedillos R, González J, Otero M. 1982. Infección por tripanosomas en mamíferos silvestres de Venezuela. Boletín de Malariología y Salud Ambiental XXII: 23-33.
- Truman R. 2005. Leprosy in wild armadillos. Leprosy review 76(3): 198-208.
- Truman RW, Singh P, Sharma R, Busso P, Rougemont J, Paniz-Mondolfi A, Kapopoulou A, Brisse S, Scollard DM, Gillis TP, Cole ST. 2011. Probable zoonotic leprosy in the southern United States. The New England Journal of Medicine 364(17): 1626-1633. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1010536>.
- Vergara MLS, Martinez R. 1998. Role of the armadillo *Dasypus novemcinctus* in the epidemiology of paracoccidiodomycosis. Mycopathologia 144(3): 131-133. <http://dx.doi.org/10.1023/A%3A1007034215003>.
- Vinhaes MC, Dias JC. 2000. Doença de Chagas no Brasil. Cadernos de Saúde Pública 16 (Suppl. 2): 7-12.
- Vitalino SN. 2012. Isolamento e caracterização biológica e genotípica de *Toxoplasma gondii* em animais selvagens do Brasil. Tese de doutorado em Epidemiologia, Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia Experimental e Aplicada às Zoonoses, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Wanke B, Aidê MA. 2009. Capítulo 6 – Paracoccidiodomicose. Jornal Brasileiro de Pneumologia 35(12). <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132009001200013>.
- Wanke B, dos Santos Lazera M, Monteiro PCF, Lima FC, Leal MJS, Ferreira Filho PL, Kaufman L, Pinner RW, Ajello L. 1999. Investigation of an outbreak of endemic coccidiodomycosis in Brazil's Northeastern State of Piauí with a review of the occurrence and distribution of *Coccidioides immitis* in three other Brazilian states. Mycopathologia 148(2): 57-67.
- Weiss LM, Dubey JP. 2009. Toxoplasmosis: A history of clinical observations. International Journal for Parasitology 39(8): 895-901. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2009.02.004>.
- Williams AJ, Loughry WJ. 2012. Temporal Aspects of Leprosy Infection in a Wild Population of Nine-Banded Armadillos. Southeastern Naturalist 11(2): 173-182. <http://dx.doi.org/10.1656/058.011.0202>.
- Wong S, Lau S, Woo P, Yuen KY. 2007. Bats as a continuing source of emerging infections in humans. Reviews in Medical Virology 17(2): 67-91. <http://dx.doi.org/10.1002/rmv.520>.
- World Health Organization (WHO) Geneva. Global leprosy update, 2013; reducing disease burden. 2014. Weekly Epidemiological Record 89(36): 389-400.
- Yeo M, Acosta N, Llewellyn M, Sánchez H, Adamson S, Miles GA, López E, González N, Patterson JS, Gaunt MW, de Arias AR, Miles MA. 2005. Origins of Chagas disease: *Didelphis* species are natural hosts of *Trypanosoma cruzi* I and armadillos hosts of *Trypanosoma cruzi* II, including hybrids. International Journal for Parasitology 35(2): 225-233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2004.10.024>.
- Zancopé-Oliveira RM, Wanke B. 1986. Isolamento do *Histoplasma capsulatum* de animais silvestres no município do Rio de Janeiro. Cadernos de saúde pública. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz 2(1): 42-52. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1986000100004>.
- Zumarraga MJ, Resoagli EH, Cicuta ME, Martinez AR, de Rott MIO, de Millan SG, Caimi K, Gioffre A, Alito A, Bigi F, Cataldi AA, Romano MI. 2001. PCR – restriction fragment length polymorphism analysis (PRA) of *Mycobacterium leprae* from human lepromas and from a natural case of an armadillo of Corrientes, Argentina. International journal of leprosy and other mycobacterial diseases: official organ of the International Leprosy Association 69(1): 21-25.

Submetido em 01/abril/2015

Aceito em 23/outubro/2015



Montagem e manutenção de colônias de besouros do gênero *Dermestes* (Coleoptera, Dermestidae) Linnaeus, 1758 para preparação de esqueletos usados em coleções biológicas

Letícia Braga Gomes¹ & Ana Cristina Mendes-Oliveira¹

¹ Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados. Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, CEP 66075-110, Belém, PA, Brasil.

Resumo: Os besouros do gênero *Dermestes* são amplamente utilizados na limpeza de esqueletos com finalidades didáticas e científicas. Este manuscrito tem como objetivo a sistematização e documentação das atividades práticas envolvidas na montagem e manutenção de uma criação destes besouros no Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará (ICB/UFGA). Todas as estratégias experimentais de manejo da colônia de *Dermestes*, com sete anos de existência, estão descritas, contendo todos os passos para a criação, manutenção, limpeza e replicação para auxiliar qualquer profissional interessado em montar e manter uma colônia.

Palavras-Chave: Limpeza de esqueletos; Técnicas de montagem; Técnicas de manutenção; Coleção científica; Coleção didática.

Abstract: Colony maintenance of beetles of the genus *Dermestes* (Coleoptera, Dermestidae) Linnaeus, 1758 for the preparation of skeletons used in biological collections. The genus *Dermestes* includes beetles that are widely used as bones cleaning in biological collections with educational and scientific purposes. This manuscript aims to systematize and describe the practical activities involved in the installation and maintenance of a colony of this kind of beetles in the Institute of Biological Sciences, Federal University of Pará. All experimental strategies practiced in seven years of management of this colony are described, containing all the steps for the implementation, maintenance, cleaning and replication of a colony.

Key-Words: Bones cleaning; Maintenance techniques; Scientific collection; Didactic collection.

INTRODUÇÃO

Dermestes é um gênero de besouros da família Dermestidae, encontrados praticamente no mundo todo. Esses besouros são amplamente utilizados na limpeza de esqueletos com finalidades didáticas e científicas. A limpeza e preparação de material biológico para coleções científicas devem preservar todos os caracteres morfológicos que auxiliam na correta alocação taxonômica (Auricchio, 2002; Bezerra, 2012). As larvas e os animais adultos destes coleópteros podem se alimentar de restos de animais em decomposição, sendo vorazes na ingestão de carne seca residual de carcaças (von Hoermann *et al.*, 2012). Na natureza estes besouros exercem papel importante na ciclagem de nutrientes, e seus hábitos alimentares também têm grande importância para a entomologia forense (Beuter *et al.*, 2012). Há décadas estes animais vêm sendo criados em laboratório ou em condições controladas com a finalidade de limpeza e preparação de material biológico a ser depositado em Museus (Auricchio, 2002). As larvas são eficientes na limpeza de ossos, com a grande vantagem em relação

a outros métodos de limpeza, por facilmente atingir regiões do esqueleto de difícil acesso, como o interior da caixa craniana, por exemplo, deixando todos os componentes ósseos limpos e visíveis. Por outro lado, se não forem controlados podem ser prejudiciais nas coleções se tornando poderosos agentes biológicos de degradação (Oliveira, 2010).

Neste trabalho, detalhamos todos os passos para a montagem, criação, manutenção, limpeza e replicação de uma colônia de besouros *Dermestes* para auxiliar qualquer profissional interessado em manter uma colônia para fins didáticos e científicos.

MATERIAL E MÉTODOS

A criação de besouros *Dermestes* no ICB/UFGA teve início em 2007 e atualmente conta com 12 colônias, atendendo as demandas de três grandes instituições de ensino e pesquisa na Amazônia, sendo elas: a UFGA, o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Apesar da presença

de bases teóricas em bibliografias dispersas terem ajudado na montagem e manutenção deste dermestário, os próprios alunos de graduação da UFPA passaram a relatar e registrar as melhores formas de manejo e manutenção das colônias. Estes relatos e anotações das experiências bem e mal sucedidas serviram de base para a elaboração deste manuscrito.

RESULTADOS

Montagem do Dermestário

No caso da UFPA, a maioria das colônias tem sido montadas com insetos das colônias pré-existent. Mas os exemplares de *Dermestes* podem ser adquiridos na natureza pela captura com armadilhas pouco seletivas para estudos de insetos, como *pitfall*, armadilhas tipo Shannon, ou outras metodologias utilizadas em estudos de entomologia forense (Shannon, 1939; Mayer, 2009).

O recipiente para acondicionar a colônia pode ser de madeira, vidro (semelhante a um aquário) ou plástico

(caixas plásticas compradas em supermercado com tampa). Sugerimos um recipiente de cerca de 30 litros, ideal para comportar a proliferação dos animais formando uma colônia de tamanho razoável, mas que possa ser removido com facilidade, para limpeza e eventuais deslocamentos. O recipiente deve ter tampa para evitar a saída dos animais, mas deve manter a passagem do ar para ventilação. Desta forma, a tampa do recipiente deve ter uma abertura coberta por tela fina de nylon (cerca de 1 mm), que evite a entrada de moscas, baratas, aranhas e outros seres indesejáveis à colônia (Figura 1A). A tela pode ser colada na tampa com cola quente e depois vedada com fita bastante resistente com o objetivo de fechar totalmente o espaço entre a tela e a tampa (Figura 1A).

No interior e no fundo do recipiente é importante colocar uma camada de algodão hidrófilo de cerca de quatro centímetros de altura, que servirá como substrato e como uma espécie de ninho para os besouros. Os *Dermestes* costumam fazer túneis no algodão para se abrigarem evitando maior incidência de luz e se protegerem em períodos de incubação. Este algodão manterá

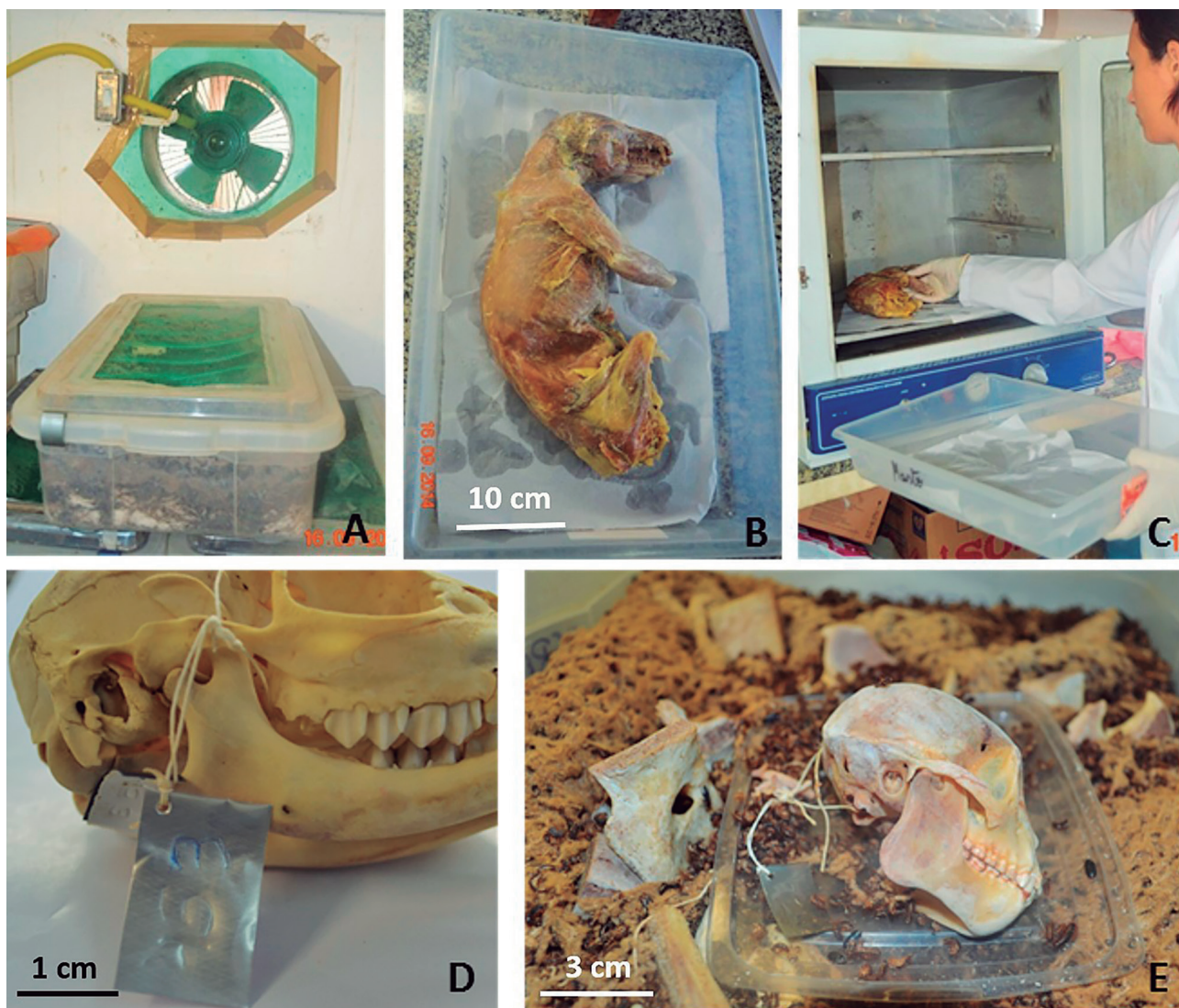


Figura 1: Procedimentos de preparação de material para o dermestário do ICB/UFPA. (A) Recipiente com tampa telada para acondicionamento de cada colônia, (B e C) Secagem de carcaça em ambiente e em estufa, (D) Etiqueta de alumínio para identificação do material, (E) Disposição de material biológico no dermestário.



a temperatura e umidade no ambiente, favorável aos *Dermestes*, e deve ser mantido úmido, mas não encharcado. Um borrifador de jardim com água limpa resolve esta questão.

Condições adequadas do ambiente

O ideal é que as colônias de *Dermestes* fiquem em um cômodo separado, específico para este fim. Caso não seja possível, é importante que o local não seja o mesmo de acondicionamento de material biológico taxidermizado ou fixado em via seca, como insetos ou peles; além de papéis ou livros, tapetes, couro, ou qualquer outro material que possa ser ingerido pelos *Dermestes*. Além disto, quando possível é importante que o cômodo esteja fora de área de circulação de pessoas, uma vez que em alguns momentos a colônia pode exalar algum odor que incomoda os menos acostumados. Na colônia da UFPA foi colocado um exaustor telado (Figura 1A) que era ligado todas as vezes que as colônias eram manipuladas e desligado em seguida, quando a porta era fechada. Em 2015 as colônias foram deslocadas para um local mais apropriado, distante cerca de 30 metros da circulação de pessoas.

As colônias não devem ser acondicionadas em ambiente com ar condicionado em função da baixa temperatura, mas também não devem ser mantidas em temperaturas muito altas (Kob, 2013). Temperaturas entre 25° e 30°C são ideais para manter o ciclo reprodutivo das colônias. A umidade deve ser mantida em torno de 70-90%. Em função do clima da Amazônia, estas condições de temperatura e umidade não são difíceis de serem mantidas em ambiente natural no dermestário do ICB/UFPA. Já em outros locais, provavelmente estas condições deverão ser controladas artificialmente.

Em locais mais frios e secos será necessário um sistema de aquecimento com lâmpada indireta e umidificação artificial. A claridade também deve ser evitada a fim de reproduzir um ambiente semelhante ao de vida livre destes animais, que é dentro de carcaças protegidos da luz natural. Desta forma, o ambiente deve ser mantido escuro (não necessariamente escuridão total) e só ser iluminado na hora de manipular as colônias.

Colocação dos *Dermestes*

Após a caixa montada e o local adequado escolhido, os *Dermestes* são colocados nas caixas. É importante garantir a presença de animais machos e fêmeas na colônia, apesar das fêmeas adultas serem externamente semelhantes aos machos, se distinguem pela ausência de um tufo de cerdas no quarto esternito abdominal e por possuírem um abdome menos esguio (Scoggin & Tauber, 1949; Bellemare & Brunelle, 1950). É importante colocar larvas e adultos numa proporção aproximada de cinco larvas para cada casal adulto. Com a alimentação correta espera-se que a colônia cresça e se estabilize naturalmente. O ciclo de vida inteiro destes besouros

(do ovo, pupa, larva e adulto) leva cerca de 30 a 40 dias para se completar (Axtell & Arends, 1990). Desta forma, é bom levar este tempo em consideração para avaliar o desenvolvimento da colônia.

Preparação do material biológico – Procedimentos “Pré-dermestário”

Em situação ideal, pelo menos no caso de mamíferos e aves, a taxidermia deve ser realizada no campo, bem como a retirada de todas as amostras que auxiliarão pesquisas de análises moleculares, citogenéticas, parasitológicas, patológicas, de dieta e outras. Deve-se aproveitar ao máximo todo material biológico disponível em cada indivíduo eutanasiado. As vísceras que não forem aproveitadas para a pesquisa devem ser retiradas e descartadas corretamente, de maneira que a carcaça que chegar ao laboratório já estará pronta para receber os procedimentos necessários para ser colocada no dermestário. O material biológico proveniente de coletas de campo pode vir em três tipos de acondicionamento: preservado em álcool 70%, congelado, ou fixado em formol a 10%. Cada uma destas condições exige procedimentos diferenciados de preparação antes de serem levados ao “dermestário”.

O material preservado em álcool 70% deve ser lavado em água corrente e deixado de molho em uma bandeja com água por cerca de duas horas, para retirada do máximo do líquido preservador. O excesso de água é tirado com o papel toalha (Figura 1B), e em seguida a carcaça deve ser secada no laboratório, de preferência no ar condicionado, para que o álcool residual se evapore (eliminando seu cheiro). Esta secagem não deve ser feita diretamente sob o sol e ao ar livre, com riscos de deposição de larvas de moscas. Em seguida o material é levado para a estufa para secagem total dos tecidos musculares (Figura 1C). A grade da estufa deve ser forrada com papel toalha e as carcaças devem permanecer por cerca de 30 minutos, a uma temperatura de 100°C. Após a retirada do material da estufa é necessário deixá-lo esfriar antes de colocá-lo no dermestário. É imprescindível que já nesta fase as etiquetas colocadas na carcaça para sua identificação sejam de alumínio (Figura 1D), antes de colocar na estufa, uma vez que a etiqueta de plástico pode queimar e a etiqueta de papel pode ser ingerida pelos besouros. Não se deve correr risco de perda de identificação do material manipulado.

Com o material fixado em formol os procedimentos são semelhantes, mas demandam cuidados especiais. Normalmente a fixação em formol ocorre quando o pesquisador levará mais tempo a retornar ao laboratório, de forma que a preservação em álcool 70% (por mais de 60-70 dias) permitiria a degradação do material. Mas para o uso de carcaças em dermestário, sempre que possível o acondicionamento em formol deve ser evitado. As colônias quando recebem material fixado em formol sofrem uma baixa populacional após a limpeza do material. Mas se ainda assim for necessário colocar material fixado em formol, separe uma colônia menor



para realizar a limpeza, correndo o risco de perdê-la. Os procedimentos com as carcaças são semelhantes aos utilizados com material preservado em álcool, mas a lavagem deve ser mais criteriosa a fim de retirar o máximo do formol. A secagem no ambiente e em estufa também segue o mesmo procedimento com o material conservado em álcool 70%.

No caso de material congelado é necessário o degelo, passagem por álcool e secagem no ambiente e em estufa. O tempo de degelo depende do tamanho da carcaça, mas em média leva cerca de cinco horas para um animal do tamanho de um *Didelphis* adulto.

Evitando o ataque de fungos e outros parasitos

Todo material deve estar totalmente seco antes de ser colocado na colônia, a fim de evitar ao máximo os ataques de fungos às carcaças, o que conferirá um odor desagradável às mesmas além de reduzir a população de besouros. A intenção é de que os *Dermestes* consigam ingerir toda a carne das carcaças, antes que o ataque de fungos e bactérias possa se tornar um problema. Desta forma, animais muito grandes devem ser separados em partes menores com cuidado para não danificar o esqueleto, considerando cortes nas articulações.

Outra alternativa seria certificar-se da real necessidade de colocação da carcaça inteira no dermestário. Em boa parte dos táxons a estrutura mais importante para a identificação é o crânio, mas logicamente isto dependerá do objetivo de limpeza do material, o que deve ser avaliado. Não se deve esquecer que as vísceras não aproveitadas para a pesquisa devem ser descartadas antes de colocadas nas colônias, isto também diminui o tempo de limpeza pelos *Dermestes*, evitando odores desagradáveis e proliferação de fungos nas colônias.

Identificação e etiquetagem do material biológico

Este procedimento deve ser realizado com o máximo de cuidado, visto que a perda de identificação do material poderá colocar qualquer trabalho de pesquisa a perder. O melhor tipo de identificação que já testamos para carcaças em dermestário é a placa de alumínio. Entretanto por ser um material caro, pode ser utilizado como alternativa latinhas de refrigerante cortadas na medida necessária para anotação das informas (Figura 1D).

A marcação na etiqueta é feita com caneta esferográfica comum. Não devem ser utilizadas etiquetas de papel ou de plástico, com risco de queimarem na estufa ou serem ingeridas pelos *Dermestes*. Por outro lado, é importante salientar que estas etiquetas de alumínio, não servem para acondicionamento em meio líquido, visto que sofrem uma reação química e são degradadas com o tempo, somente devem ser usadas em meio seco.

No caso da colônia do ICB/UFPA, anotamos na placa de identificação da carcaça apenas o número de campo e ou o número de tombo do material biológico. Entretanto,

deve-se ter um controle muito rígido em a relação da numeração das plaquinhas com as planilhas de dados brutos contendo as informações dos indivíduos. Para assegurar este controle deve ser utilizado um livro de controle exclusivo do dermestário, onde todas as carcaças que entram para serem limpas têm seus números e informações anotadas (táxon, número de tombo ou de campo, pesquisador responsável pelo material, local de coleta, nome da expedição, data de entrada e saída no dermestário, e assinatura do “responsável” do dermestário).

Procedimentos de manutenção do “dermestário”

Os cuidados com a manutenção de um ambiente ideal para as colônias são de extrema importância para o sucesso de um dermestário. Fatores como excesso de umidade e temperaturas muito baixas podem afetar negativamente o desenvolvimento dos *Dermestes* (Raspi & Antonelli, 1995). Medidas preventivas que diminuam as chances de morte das colônias devem ser utilizadas principalmente em locais onde haja grande variação na temperatura ambiente, com estações muito frias seguidas de estações muito quentes, e valores baixos de umidade relativa do ar.

Limpeza do dermestário

Não foi observado um período de tempo definido para a limpeza de uma colônia. Esta limpeza deve ocorrer quando o algodão que serve como substrato estiver cheio de resíduos, mas não é recomendável que isto seja feito com frequência, evitando grandes manipulações da colônia. Para a limpeza é preciso retirar o máximo de indivíduos da colônia e colocar em um recipiente seco com tampa, substituir o algodão da colônia, umidificar e recolocar os *Dermestes*. Caso a colônia esteja superpopulosa, recomenda-se dividi-la em outras colônias ou retirar e doar a outros pesquisadores parte dos *Dermestes*.

O local de armazenamento das caixas contendo as colônias deve ser regularmente dedetizado, de modo a evitar a proliferação de baratas, aranhas e outros insetos que possam prejudicar o desenvolvimento das larvas dos besouros. Logicamente isto deve ser feito retirando as caixas com as colônias para outro local no período da dedetização e aguardando algumas horas para retornar com as mesmas.

Cuidados com o material biológico dentro do dermestário

As carcaças devem ser colocadas nas colônias sobre um recipiente de plástico (Figura 1E). Este procedimento evita que ossos pequenos, após serem desarticulados, sejam levados pelos *Dermestes* para os túneis feitos no algodão e acabem se perdendo.

Outro cuidado importante é a atenção ao tempo de permanência dos exemplares sob a ação dos *Dermestes*,



com risco de perda de partes cartilaginosas ou mesmo ossos muito delicados, por falta de alimento na colônia. Desta forma é importante o acompanhamento da limpeza do material periodicamente, de preferência diariamente, e retirada do mesmo quando já estiver suficientemente limpo. Crânios de animais pequenos e delicados como algumas espécies de morcego, por exemplo, podem ser completamente ingeridos se ficarem muito tempo no dermestário.

Procedimentos “pós-dermestário”

O que fazer com o material retirado

No ato de retirada do material, tenha em mãos uma pinça de ponta romba para retirada de larvas e adultos dos ossos, retornando-os para a colônia com cuidado. Após esse procedimento colocar as carcaças de molho no álcool 70% por meia hora para limpeza final, retirando todas as larvas e besouros adultos que por ventura fiquem presos em orifícios da carcaça. Depois coloca-se o material para secar sobre papel toalha, e depois de seco o material deve ser guardado em saco ou outro recipiente plástico devidamente etiquetado, contendo o protocolo de campo. Na UFPA usamos saquinhos plásticos de DVD (Disco Digital Versátil) que são mais rígidos e possuem um lacre com fita adesiva.

O que fazer na ausência de material biológico para alimentar as colônias

É de se esperar que na falta de alimento a colônia não se sustentará, sendo importante sempre abastecê-la com material biológico. Entretanto, é comum períodos de falta de materiais provenientes de expedições de campo, nessa ocasião, como alternativa, pode-se colocar ossadas com restos de carne de boi ou porco. Esta carne deve passar pelo procedimento de imersão em álcool, secagem em estufa por cerca de 2 horas e deixar esfriar em temperatura ambiente. Outra alternativa eficiente que temos utilizado, como medida emergencial, é o uso de ração de cachorro espalhada pela colônia. Entretanto deve-se atentar para o tempo de permanência da ração, que no caso da região amazônica, funga com facilidade e deve ser trocada periodicamente. A ração de cachorro também é uma alternativa para finais de semana ou feriados prolongados, ou seja, na falta de “responsáveis” por alguns dias.

DISCUSSÃO

A criação de besouros do gênero *Dermestes* do ICB/UFPA vem apresentando resultados muito eficientes na limpeza dos esqueletos. Este procedimento favoreceu a utilização dos esqueletos para fins científicos, facilitando a identificação taxonômica; e para fins didáticos com a limpeza de materiais utilizados em aulas práticas. A elaboração deste documento descrevendo as técnicas de manejo das colônias é um instrumento importante para a fixação

do conhecimento experimental adquirido pelos alunos “responsáveis”, permitindo que o conhecimento de curadoria do dermestário seja transmitido a outros alunos novatos. Para os alunos, o desenvolvimento deste trabalho proporciona o aprendizado inicial de técnicas de curadoria de coleções científicas e didáticas e a troca de experiências pesquisadores de vários grupos taxonômicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Arlindo Pinto Junior, técnico do ICB/UFPA, que antes de falecer em 2009, compartilhou seus valiosos conhecimentos de curadoria conosco. Agradecemos ao Rogério Vieira Rossi que em sua “passagem” por Belém (mais breve do que gostaríamos) gentilmente nos doou seus *Dermestes*, que deram origem à nossa colônia e a todos os estagiários do Grupo de Mastozologia que ajudam na curadoria do dermestário.

REFERÊNCIAS

- Auricchio P, Salomão MG. 2002. Técnicas de coleta e preparação de Vertebrados: para fins científicos e didáticos. Instituto Pau Brasil de História Natural, Arujá.
- Axtell RC, Arends JJ. 1990. Ecology and management of arthropod pests of poultry. Annual review of entomology 35(1): 101-126.
- Bellemare ER, Brunelle L. 1950. Larval and pupal development of *Dermestes maculatus* Degeer under controlled conditions of temperature and relative humidity. The Canadian Entomologist 82(1): 22-24.
- Beuter L, Fernandes PA, Barros PB, de Souza CR, Mendes J. 2012. Insetos de potencial importância forense e na saúde pública em região urbana de Minas Gerais: frequência relativa e variação sazonal de fauna atraída e criada em Carcaças de roedores. Revista de Patologia Tropical 41(4): 480-490.
- Bezerra AMR. 2012. Coleções Científicas de Mamíferos I – Brasil. Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozologia 65: 19-25.
- Kob EL. 2006. Ciclo de vida de *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774 (Coleoptera, Dermestidae). Monografia de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas na modalidade de Bacharelado, Departamento de Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Mayer ACG. 2009. Comunidade de artrópodes de solo com ênfase em Insecta (Coleoptera) nas circunvizinhanças de uma carcaça animal em um fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal Pernambuco, Pernambuco, Brasil.
- Oliveira ER. 2010. Parâmetros científicos de avaliação do estado de conservação de espécimes de taxidermia artística para museus e coleções: aplicação do método no acervo do Museu de Ciências Naturais Carlos Ritter. Monografia apresentada ao Curso de Museologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.
- Raspi A, Antonelli R. 1995. Influence of constant temperature on the development of *Dermestes maculatus* Deg. (Coleoptera, Dermestidae). Frustula Entomologica 18(31): 169-176.
- Scoggin JK, Tauber OE. 1949. The bionomics of *Dermestes maculatus* Deg. I. Oviposition, longevity, period of incubation. Iowa State College Journal Science 23: 363-373.
- Shannon RC. 1939. Methods for collecting and feeding mosquitoes in jungle yellow fever studies. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 1(2): 131-140.
- von Hoermann C, Ruther J, Ayasse M. 2012. The attraction of virgin female hide beetles (*Dermestes maculatus*) to cadavers by a combination of decomposition odour and male sex pheromones. Frontiers in Zoology 9(18): 1742-1794.



Mamíferos de uma área de estepe ombrófila nos estados do Paraná e Santa Catarina, sul do Brasil

Jorge José Cherem^{1,*} & Sérgio Luiz Althoff²

¹ Caipora Cooperativa para a Conservação da Natureza. Avenida Desembargador Vítor Lima, 260/908, Carvoeira, CEP 88040-400, Florianópolis, SC, Brasil.

² Universidade Regional de Blumenau, Campus I, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Departamento de Ciências Naturais, Laboratório de Biologia Animal. Rua Antônio da Veiga, 140, Itoupava Seca, CEP 89012-903, Blumenau, SC, Brasil. E-mail: slalthoff@gmail.com

* Autor correspondente: jjcherem@gmail.com

Resumo: As estepes ombrófilas constituem uma região fitoecológica do Bioma Mata Atlântica ainda pouco conhecida quanto à sua mastofauna. Neste sentido, de 2003 a 2012 um levantamento de mamíferos foi realizado em uma área de estepe nos estados do Paraná e Santa Catarina, como parte do licenciamento de duas usinas eólicas e de viagens adicionais. Foram registradas 34 espécies para a área de estudo, incluindo duas espécies ameaçadas e três exóticas, e outras quatro espécies foram citadas em entrevistas. Dezesete espécies foram registradas atropeladas em rodovias locais e uma espécie de morcego, *Lasiurus cinereus*, foi encontrada morta próximo a uma torre eólica. O número de capturas de pequenos mamíferos foi baixo, possivelmente associado à queimada dos campos e à presença de gado.

Palavras-Chave: Campos nativos; Levantamento; Usinas eólicas.

Abstract: Mammals of an ombrophilous steppe area in the states of Paraná and Santa Catarina, southern Brazil. Ombrophilous steppes are a phytoecological region of the Atlantic Forest Biome still little known about their mammals. From 2003 to 2012 a mammal survey was conducted in a steppe in the states of Paraná and Santa Catarina, as part of the licensing of two wind power plants and additional trips. Thirty-four species were recorded for the study area, including two threatened and three non-native species, and four other species were cited in interviews. Seventeen species were found run over on local highways and a species bat, *Lasiurus cinereus*, was found dead near a wind tower. The capture number of small mammals was low, possibly due to the burning of fields and cattle presence.

Key-Words: Grasslands; Survey; Wind turbines.

INTRODUÇÃO

No sul do Brasil, o Bioma Mata Atlântica é composto predominantemente por formações florestais (estacionais e ombrófilas), mas formações abertas também são encontradas. Entre elas, as estepes ombrófilas constituem uma região fitoecológica que ocorre nas partes mais elevadas dos três estados do Sul, geralmente associadas a Floresta Ombrófila Mista, que inclui a *Araucaria angustifolia* (araucária) como espécie característica (Leite, 2002). A presença dessas estepes permite a ocorrência, na Mata Atlântica, de mamíferos característicos de ambientes abertos, como *Conepatus chinga* (zorrillo) e *Lycalopex gymnocercus* (cachorro-do-campo) (Cáceres et al., 2007). Apesar disso, poucos estudos sobre a mastofauna dessa região têm sido desenvolvidos (Miranda et al., 2008; Boldrini, 2009).

Visando contribuir para o conhecimento da mastofauna das estepes ombrófilas, este trabalho apresenta os resultados de um levantamento realizado durante o licenciamento ambiental de dois parques eólicos (2003 a 2008) e durante viagens adicionais (2005 a 2012) pelas

rodovias da região de estepes, nos municípios de Palmas, estado do Paraná, e de Água Doce, estado de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo abrange a região fitoecológica das estepes ombrófilas nos municípios de Palmas, Estado do Paraná, e de Água Doce, Estado de Santa Catarina (Figura 1). Essas estepes são formadas por campos nativos entremeados por capões e florestas de galeria, entre áreas cobertas pela Floresta Ombrófila Mista (Leite, 2002). Atualmente os campos foram convertidos em grande extensão em pastagens para criação de gado, que são, em geral, queimadas anualmente para renovação do pasto, ou em cultivos agrícolas e de silvicultura de *Pinus*. A área coberta por capões e florestas de galeria também foi reduzida e muitos dos fragmentos restantes possuem sub-bosque pobre em função do uso intenso pelo gado. As altitudes variam de 1.200 a 1.350 m aproximadamente. O clima, segundo o sistema de Köppen,

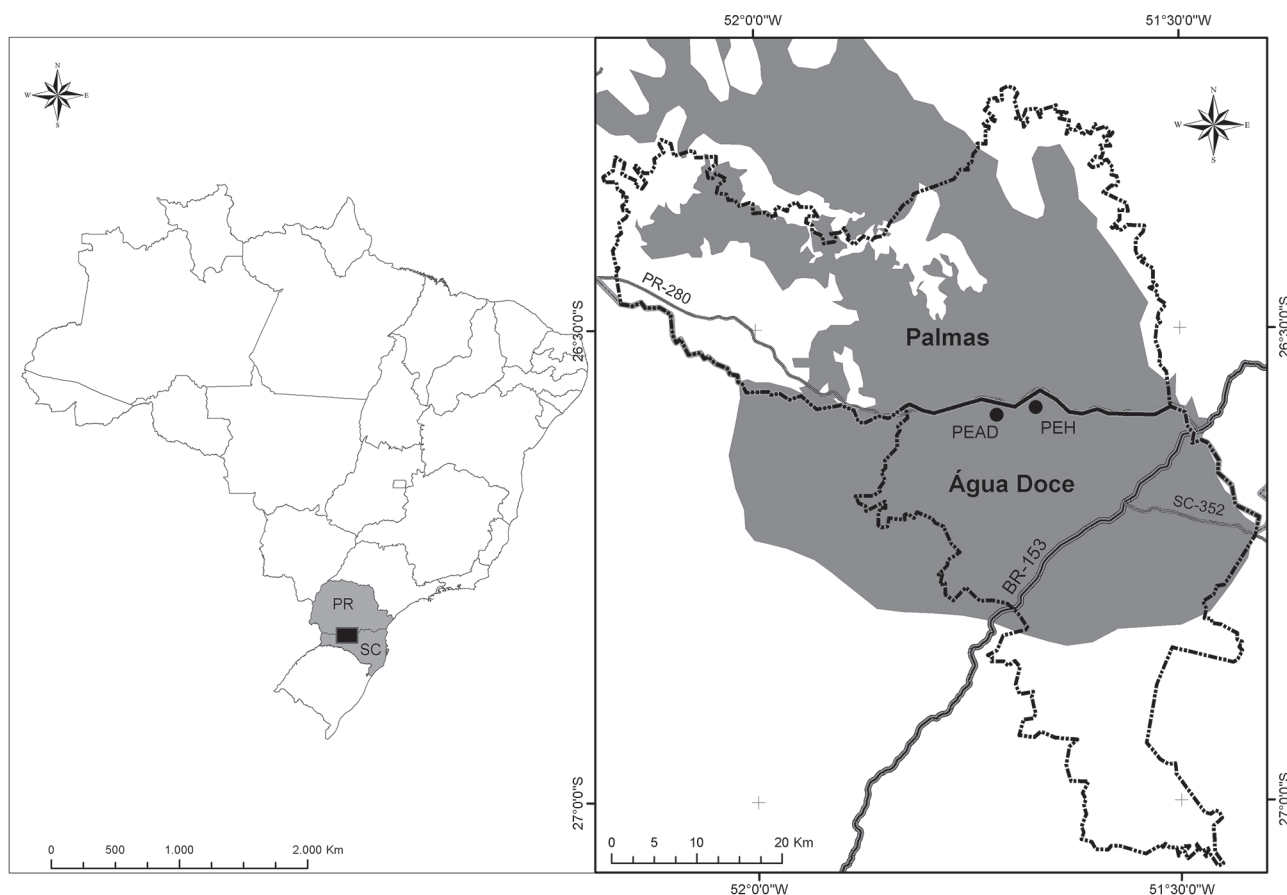


Figura 1: Localização da área de estudo nos estados do Paraná (PR) e Santa Catarina (SC), sul do Brasil. Área de estepe ombrófila indicada à direita em cinza conforme Gaplan (1986) e Paraná (2009). PEH = Parque Eólico do Horizonte; PEAD = Parque Eólico de Água Doce.

é do tipo Cfb, temperado, mesotérmico úmido com verão ameno (Gaplan, 1986).

O levantamento dos mamíferos foi realizado durante oito campanhas de quatro a cinco dias consecutivos, em (1) setembro de 2003; (2) março/abril de 2004; (3) março, (4) junho e (5) novembro de 2005; (6) junho de 2006; (7) março de 2007 e (8) março de 2008. Essas campanhas fizeram parte dos estudos de monitoramento da fauna, coordenados pela Maurique Consultoria Ambiental, durante as etapas de implantação e operação dos Parques Eólicos do Horizonte (PEH; 26°34'08"S, 51°40'18"O) e de Água Doce (PEAD; 26°34'53"S, 51°42'44"O) da CENAE-EL (Central Nacional de Energia Eólica Ltda.), situados no município de Água Doce, centro-norte do Estado de Santa Catarina. O presente levantamento de mamíferos inclui também os registros obtidos durante 17 viagens adicionais, realizadas no período de setembro de 2005 a fevereiro de 2012, nos trechos das rodovias situados na região das estepes ombrófilas de Água Doce e Palmas.

Cinco métodos de amostragem foram empregados durante as campanhas de licenciamento ambiental: (1) observação direta; (2) levantamento de vestígios; (3) levantamento de mamíferos atropelados; (4) captura de pequenos mamíferos com armadilhas; (5) captura de morcegos com redes de neblina. Os métodos de observação direta e levantamento de mamíferos atropelados foram empregados nas viagens adicionais. Como os métodos foram empregados de forma não sistematizada, eles são descritos em conjunto a seguir.

A observação direta de animais vivos ou encontrados mortos em campo (não atropelados) e o levantamento de vestígios foram feitos de forma fortuita nas áreas de instalação das torres eólicas, em estradas secundárias, trilhas no interior dos fragmentos florestais, borda de lavouras e de áreas alagadas, tanto no município de Água Doce quanto de Palmas. No caso dos vestígios, foram registradas pegadas, fezes e fragmentos cranianos em egagropilos. As pegadas foram identificadas conforme Becker & Dalponte (1991). As fezes foram identificadas de acordo com González (2001). Os fragmentos cranianos foram registrados em egagropilos próximos a uma toca de *Athene cunicularia* (coruja-buraqueira; 26°34'31"S, 51°44'39"O), em Palmas, e identificados por comparação com material depositado em coleção.

O levantamento de mamíferos atropelados foi realizado nos trechos das rodovias BR-153, PR-280 e SC-350 situados na área de estudo (Figura 1), sendo percorridos, ao todo, cerca de 2500 km, em velocidade compatível com os limites das rodovias (até 80-100 km/h).

A captura de pequenos mamíferos foi feita com armadilhas *young* (13 × 13 × 20 cm) e *sherman* (12 × 12 × 22 cm), armadas no chão e distribuídas aleatoriamente em fragmentos florestais, áreas abertas e alagadas próximas aos parques eólicos, em Água Doce. Pedacos de bacon e rodela de banana foram utilizadas como isca. O esforço amostral total foi de 927 armadilhas-noite (Tabela 1).



Tabela 1: Pontos amostrais e esforço amostral empregado na captura de pequenos mamíferos em estepe ombrófila no município de Água Doce, Estado de Santa Catarina, sul do Brasil, no período de setembro de 2003 a março de 2008.

PONTOS	AMBIENTES	COORDENADAS	CAMPANHAS	ESFORÇO AMOSTRAL
P1	fragmento florestal/pastagem	26°34'18"S, 51°39'53"O	1, 2	80 armadilhas-noite
P2	açude/banhado/pastagem/milharal	26°34'08"S, 51°40'18"O	1 a 5	317 armadilhas-noite
P3	campo alagável	26°35'34"S, 51°41'29"O	4 a 6	140 armadilhas-noite
P4	fragmento florestal	26°34'56"S, 51°42'44"O	4 a 8	390 armadilhas-noite
P4	fragmento florestal	26°34'56"S, 51°42'44"O	5	360 m ² .h
P5	fragmento florestal	26°35'20"S, 51°41'46"O	2	270 m ² .h

A captura de morcegos não estava prevista no programa de monitoramento dos parques eólicos, mas foram realizadas duas amostragens com três redes de 12 metros de comprimento por 2,5 metros de altura, em dois pontos próximos aos parques, em Água Doce. Na segunda campanha as redes foram armadas em linha no interior de um fragmento florestal (P5), permanecendo abertas em uma noite por 3 horas após o pôr-do-sol. Na quinta campanha as redes foram armadas no interior e na borda de um fragmento florestal próximo ao PEAD (P4), permanecendo abertas em uma noite por 4 horas após o pôr-do-sol. O esforço amostral total foi de 630 m².h (Tabela 1).

De modo complementar aos métodos de amostragem, entrevistas foram realizadas com moradores e trabalhadores locais sobre as espécies ocorrentes e extintas, e sobre o registro de morcegos mortos junto às torres, mas sem seguir um protocolo pré-definido.

As coletas foram realizadas com as licenças fornecidas pelo IBAMA/SC nº 044/06 (PEAD) e nº 108/03 (PEH) e respectivas renovações. Espécimes-testemunhos foram depositados nas coleções científicas da Universidade de Blumenau (CZFURB), Blumenau, e da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, ambas no estado de Santa Catarina (Apêndice I), e identificados de acordo Gardner (2008), Patton *et al.* (2014) e por comparação com o material depositado nessas coleções. A nomenclatura, ordenamento taxonômico e endemismo para o Bioma Mata Atlântica seguiram Paglia *et al.* (2012), Trigo *et al.* (2013) e Quintela *et al.* (2014). No caso de Leporidae e Muridae, seguem-se Wilson & Reeder (2005). São indicadas as espécies ameaçadas para o território nacional (MMA, 2014) e para os estados do Paraná (Paraná, 2010) e de Santa Catarina (Santa Catarina, 2011), assim como as espécies exóticas invasoras conforme definidas pela CDB (2002) e listadas em Santa Catarina (2012) e Paraná (2015).

RESULTADOS

Ao todo, 34 espécies de mamíferos, pertencentes a oito ordens e 16 famílias, foram registradas para a área de estudo, incluindo três espécies exóticas, *Lepus europaeus*, *Mus musculus* e *Rattus rattus* (Tabela 2). Duas espécies são consideradas ameaçadas de extinção, *Leopardus guttulus* (vulnerável para o território nacional e para o Estado do Paraná) e *L. pardalis* (vulnerável para o Estado do Paraná e em perigo para o Estado de Santa

Catarina), e três espécies são endêmicas do Bioma Mata Atlântica, *Bibimys labiosus*, *Scapteromys meridionalis* e *Sooretamys angouya*.

Oito espécies foram registradas por observação direta, duas das quais encontradas mortas, um *Oligoryzomys nigripes*, causa da morte não determinada, e um *Lasiurus cinereus*, encontrado próximo de uma torre do PEAD, em 22/III/2007, com o antebraço direito quebrado. Indivíduos do gênero *Mazama* foram também avistados, mas não foi possível a identificação da espécie.

Com relação ao levantamento por vestígios, oito espécies das ordens Carnívora, Lagomorpha e Rodentia foram identificadas por pegadas ou fezes. Outros seis táxons foram registrados por pegadas, mas não identificados em nível específico (*Didelphis* sp., *Dasypus* sp., *Euphractus sexcinctus* ou *Cabassous tatouay*, Canidae, Felidae e *Mazama* sp.). Nos egagropilos de coruja-buraqueira foram registrados fragmentos cranianos de três táxons de roedores cricetídeos (*Bibimys labiosus*, *Calomys* sp., *Oligoryzomys* sp.) e um roedor murídeo (*Mus musculus*) (Tabela 2).

O maior número de espécies (17) foi obtido pelo levantamento de mamíferos atropelados. Foram registrados 66 indivíduos ao longo dos trechos das três rodovias, sem pontos específicos de maior incidência. *Cerdocyon thous*, com 16 registros (24,2% do total de indivíduos atropelados), e *Lycalopex gymnocercus*, com 13 (19,7%), foram as espécies mais frequentes (Tabela 3, Tabela S1).

Nas armadilhas para pequenos mamíferos foram obtidas 33 capturas de oito espécies, incluindo um didelídeo, um caviídeo, cinco cricetídeos e um murídeo, representando um sucesso total de captura de 2,76%. O maior número de espécies e capturas, quatro e 25, respectivamente, foi obtido no ponto P3. *Oxymycterus nasutus* foi a espécie mais comumente registrada, com 14 capturas, seguida por *Rattus rattus*, com oito (Tabela 4).

Nas redes de neblina foram capturadas quatro espécies de morcegos da família Vespertilionidae, incluindo um exemplar de *Histiotus montanus* no ponto P4, e um exemplar de *Eptesicus furinalis*, três de *Myotis riparius* e um de *M. ruber* no ponto P5.

De modo complementar, quatro espécies foram levantadas apenas por entrevistas. O tatu-de-rabo-mole (*Cabassous tatouay*) e o quati (*Nasua nasua*) foram avistados nas áreas dos parques eólicos em Água Doce por um funcionário das usinas. O tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla* – vulnerável em nível nacional e criticamente em perigo no Paraná) e o lobo-guará



Tabela 2: Mamíferos registrados em estepe ombrófila nos municípios de Palmas (PA), Estado do Paraná, e de Água Doce (AD), Estado de Santa Catarina, sul do Brasil, de 2003 a 2012. Métodos: † = atropelados; C = captura em armadilha ou rede; E = fragmentos cranianos em egagropilos de *Athene cunicularia*; F = fezes; O = observação direta; P = pegadas. Status de conservação: ameaçado em nível nacional (BR) e para os estados do Paraná (PR) e de Santa Catarina (SC); EN = em perigo, VU = vulnerável.

TÁXON	NOME COMUM	MUNICÍPIO	MÉTODO	STATUS DE CONSERVAÇÃO
DIDELPHIMORPHIA				
Didelphidae				
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	gambá, raposa	AD PA	† C	
PILOSA				
Myrmecophagidae				
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	tamanduá-mirim	AD PA	†	
CINGULATA				
Dasypodidae				
<i>Dasyus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	tatu-galinha	AD PA	† O	
<i>Dasyus septemcinctus</i> Linnaeus, 1758	tatu-mulita	AD PA	† O	
<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	tatu-peludo	AD PA	†	
ARTIODACTYLA				
Cervidae				
<i>Mazama gouazoubira</i> (G. Fischer, 1814)	veado-virá	AD PA	†	
CARNIVORA				
Canidae				
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	graxaim, cachorro-do-mato	AD PA	†	
<i>Lycalopex gymnocercus</i> (G. Fischer, 1814)	graxaim, cachorro-do-campo	AD PA	† O	
Felidae				
<i>Leopardus guttulus</i> (Hensel, 1872)	gato-do-mato-pequeno	PA	†	BR-VU, PR-VU
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	jaguaritica	AD	†	PR-VU, SC-EN
Mephitidae				
<i>Conepatus chinga</i> (Molina, 1782)	zorriho	AD PA	† P	
Mustelidae				
<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	irara	PA	P	
<i>Galictis cuja</i> (Molina, 1782)	furão	AD PA	† P	
<i>Lontra longicaudis</i> (Olfers, 1818)	lontra	AD	† F P	
Procyonidae				
<i>Procyon cancrivorus</i> (G. Cuvier, 1798)	mão-pelada	AD PA	† P	
CHIROPTERA				
Vespertilionidae				
<i>Eptesicus furinalis</i> (d'Orbigny & Gervais, 1847)	morcego	AD	C	
<i>Histiotus montanus</i> (Philippi & Landbeck, 1861)	morcego	AD	C	
<i>Lasiurus cinereus</i> (Palisot de Beauvois, 1796)	morcego	AD	O	
<i>Myotis riparius</i> Handley, 1960	morcego	AD	C	
<i>Myotis ruber</i> (É. Geoffroy, 1806)	morcego	AD	C	
LAGOMORPHA				
Leporidae				
<i>Lepus europaeus</i> Pallas, 1778 ¹	lebre	AD PA	O P	
RODENTIA				
Caviidae				
<i>Cavia aperea</i> Erxleben, 1777	preá	AD PA	C F O P	
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	capivara	AD PA	† F P	
Cricetidae				
<i>Bibimys labiosus</i> (Winge, 1887) ²	rato	PA	E	
<i>Calomys</i> sp.	rato	PA	E	
<i>Deltamys</i> sp.	rato	AD	C	
<i>Oligoryzomys nigripes</i> (Olfers, 1818)	rato	AD	C O	
<i>Oxymycterus nasutus</i> (Waterhouse, 1837)	rato	AD	C	
<i>Scapteromys meridionalis</i> Quintela, Gonçalves, Althoff, Sbalqueiro, Oliveira & Freitas, 2014 ²	rato	AD	C	
<i>Sooretamys angouya</i> (G. Fischer, 1814) ²	rato	AD PA	† C	
Dasyproctidae				
<i>Dasyprocta azarae</i> Lichtenstein, 1823	cutia	AD	O	
Erethizontidae				
<i>Coendou spinosus</i> (F. Cuvier, 1823)	ouriço, porco-espinho	AD	†	
Muridae				
<i>Mus musculus</i> Linnaeus, 1758 ¹	camundongo-doméstico	AD	E	
<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758) ¹	rato-preto	AD	C	

¹ Espécies exóticas invasoras conforme Santa Catarina (2012) e Paraná (2015).

² Espécies endêmicas do Bioma Mata Atlântica conforme Paglia *et al.* (2012) e Quintela *et al.* (2014).



Tabela 3: Mamíferos registrados atropelados em rodovias na região de estepe ombrófila nos municípios de Palmas, Estado do Paraná, e de Água Doce, Estado de Santa Catarina, no período de setembro de 2003 a fevereiro de 2012.

TÁXON	Nº DE INDIVÍDUOS	PORCENTAGEM (%)
<i>Cerdocyon thous</i>	16	24,2
<i>Lycalopex gymnocercus</i>	13	19,7
<i>Tamandua tetradactyla</i>	4	6,1
<i>Dasybus novemcinctus</i>	4	6,1
<i>Procyon cancrivorus</i>	4	6,1
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	4	6,1
<i>Euphractus sexcinctus</i>	3	4,5
<i>Mazama gouazoubira</i>	3	4,5
<i>Galictis cuja</i>	3	4,5
<i>Leopardus guttulus</i>	2	3,0
<i>Leopardus pardalis</i>	2	3,0
<i>Coendou spinosus</i>	2	3,0
<i>Didelphis albiventris</i>	1	1,5
<i>Dasybus septemcinctus</i>	1	1,5
<i>Leopardus</i> sp.*	1	1,5
<i>Conepatus chinga</i>	1	1,5
<i>Lontra longicaudis</i>	1	1,5
<i>Sooretamys angouya</i>	1	1,5
Total	66	100,0

* Espécie não identificada, podendo se referir a *L. guttulus* ou *L. wiedii*.

Tabela 4: Pequenos mamíferos capturados em armadilhas na região de estepe ombrófila, município de Água Doce, Estado de Santa Catarina, no período de setembro de 2003 a março de 2008.

PONTO	TÁXON	Nº CAPTURAS	PORCENTAGEM	SUCESSO DE CAPTURA
P1	—	0	0%	0%
P2	<i>Deltamys</i> sp.	2	6,1%	
	<i>Oxymycterus nasutus</i>	14	42,4%	
	<i>Scapteromys meridionalis</i>	1	3,0%	
	<i>Rattus rattus</i>	8	24,3%	
	Total P2	25	75,8%	7,89%
P3	<i>Cavia aperea</i>	1	3,0%	
	Total P3	1	3,0%	0,71%
P4	<i>Didelphis albiventris</i>	4	12,1%	
	<i>Oligoryzomys nigripes</i>	1	3,0%	
	<i>Sooretamys angouya</i>	2	6,1%	
	Total P4	7	21,2%	1,79%
Total		33	100,0%	2,76%

(*Chrysocyon brachyurus* – vulnerável em nível nacional e no Paraná, criticamente em perigo em Santa Catarina) foram relatados para a região das estepes. Por fim, um funcionário das usinas informou ter encontrado apenas um morcego morto próximo de uma torre eólica.

DISCUSSÃO

A riqueza de mamíferos nativos levantada no presente estudo (31 espécies) para a região de estepes

ombrófilas nos municípios de Palmas e Água Doce representa 17,9% da mastofauna terrestre dos estados do Paraná e Santa Catarina em conjunto (Cherem *et al.*, 2004; Paraná, 2010) e 4,4% daquela para o Bioma Mata Atlântica (Paglia *et al.*, 2012). A lista para a região inclui tanto espécies associadas a ambientes abertos, como *Lycalopex gymnocercus* e *Conepatus chinga*, quanto espécies associadas a ambientes florestais, como *Eira barbara* e *Sooretamys angouya*, em função da ocorrência de fragmentos florestais (“capões de mato”) em meio às estepes (Cáceres *et al.*, 2007).

Para os campos de Palmas, como também é conhecida a região de estepes nesse município, Persson & Lorini (1990) e Miranda *et al.* (2008) registraram outras 17 espécies: *Myrmecophaga tridactyla*, *Cabassous tatouay*, *Ozotoceros bezoarticus*, *Pecari tajacu*, *Alouatta guariba*, *Sapajus nigritus*, *Chrysocyon brachyurus*, *Puma concolor*, *P. yagouaroundi*, *Nasua nasua*, *Sturnira lilium*, *Desmodus rotundus*, *Chrotopterus auritus*, *Myotis levis*, *M. nigricans*, *Tadarida brasiliensis*, *Guerlinguetus brasiliensis*. Entre essas estão as quatro espécies relatadas em entrevistas por moradores locais e trabalhadores das usinas eólicas. Com isto, incluindo-se os dados obtidos no presente estudo, totalizam-se 48 espécies de mamíferos para essa região de estepes ombrófilas, o que corresponde a 27,7% da mastofauna terrestre dos dois estados e 6,8% daquela para o Bioma.

Leopardus pardalis e *L. guttulus* foram as únicas espécies ameaçadas levantadas no presente estudo, mas Persson & Lorini (1990) e Miranda *et al.* (2008) também registraram *Myrmecophaga tridactyla*, *Chrysocyon brachyurus*, *Puma concolor*, *Pecari tajacu* e *Ozotoceros bezoarticus*, que constam nas listas nacional (MMA, 2014) e em pelo menos uma das listas estaduais (Paraná, 2010; Santa Catarina, 2011), e *Puma yagouaroundi*, ameaçado segundo a lista nacional.

Além das espécies levantadas por Persson & Lorini (1990), Miranda *et al.* (2008) e no presente estudo, outras são de possível ocorrência, particularmente entre os pequenos mamíferos. No caso de Didelphimorphia, apenas *Didelphis albiventris* foi registrada, mas *Didelphis aurita*, *Cryptomys guahybae*, *Gracilinanus microtarsus* e *Monodelphis dimidiata*, entre outras, possuem registro para áreas próximas (Cáceres *et al.*, 2007; Melo & Sponchiado, 2012; Dias *et al.*, 2015). Para Chiroptera, a lista de possível ocorrência é ainda mais ampla, podendo incluir outras 26 espécies, como *Artibeus lituratus*, *Eptesicus brasiliensis* e *Molossus molossus*, registradas para a Floresta Ombrófila Mista no Paraná (Miretzki, 2003), formação florestal que é associada às estepes ombrófilas (Leite, 2002). Da mesma forma para os roedores, *Akodon montensis*, *Nectomys squamipes* e *Thaptomys nigrita*, entre outros, são de ocorrência esperada (Miranda *et al.*, 2009). Por fim, seis espécies de médio e grande porte, as quais estão incluídas em pelo menos uma das listas de ameaçadas, são também de possível ocorrência na área de estudo: *Tayassu pecari*, *Mazama americana*, *Mazama nana*, *Leopardus wiedii*, *Sylvilagus brasiliensis* e *Cuniculus paca* (Margarido & Braga, 2004; Miranda *et al.*, 2009).



Três mamíferos exóticos foram também registrados no presente estudo para as estepes ombrófilas, *Lepus europaeus*, *Mus musculus* e *Rattus rattus*. São classificadas como exóticas invasoras, ou seja, espécies cuja introdução ou dispersão ameaçam a diversidade biológica (CDB, 2002; Santa Catarina, 2012; Paraná, 2015) e possuem ampla distribuição no Brasil, estando em geral associadas a ambientes antrópicos, como as áreas agropastoris (Auricchio & Olmos, 1999; Bonvicino *et al.*, 2008).

Com relação aos métodos de amostragem empregados no presente estudo, o maior número de espécies (17) foi obtido pelo levantamento de mamíferos atropelados, representando quase 50% do total. Esta é uma porcentagem alta para o método em comparação com outros estudos. Por exemplo, Cáceres *et al.* (2007) registraram sete (12,5%) espécies de mamíferos por atropelamento para o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, no Estado do Mato Grosso do Sul, e Miranda *et al.* (2008) registraram cinco (14,2%) espécies por este método nos campos de Palmas. Em ambos os casos, no entanto, o esforço empregado para o método, considerando o número de campanhas e o número total de dias de amostragem (três campanhas e 15 dias, duas campanhas e 15 dias, respectivamente), foi menor do que o empregado no presente estudo (oito campanhas totalizando 34 dias mais 17 viagens adicionais).

Cerdocyon thous, com 24,2%, e *Lycalopex gymnocercus*, com 19,7%, foram as espécies mais frequentes entre os mamíferos registrados atropelados no presente estudo. *Cerdocyon thous* também tem sido registrado como a espécie mais frequente em outros estudos (e.g., Vieira, 1996; Cherem *et al.*, 2007; Melo & Santos-Filho, 2007; Cáceres *et al.*, 2010), enquanto Miranda *et al.* (2008) registraram *Lycalopex gymnocercus* como a espécie mais frequente.

O número de espécies de pequenos mamíferos capturados em armadilhas no presente estudo (oito espécies) foi similar a outros trabalhos realizados em ambientes de campo, mas o sucesso de captura (2,76%) foi inferior. Para o Bioma Mata Atlântica, Moreira *et al.* (2009) registraram seis espécies e um sucesso de captura de 13,57% (variando de 4,41% a 23,98%) para três sítios em campos de altitude (1500 a 1850 m) no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, e Olifiers *et al.* (2007) registraram oito espécies para duas áreas de campos de altitude (1950 m e 2100 m) no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro. De modo similar, no Bioma Cerrado, Bezerra *et al.* (2009) registraram sete espécies e sucesso de captura de 18,04% para os ambientes de campo no Parque Nacional do Araguaia, Tocantins.

Dentre os roedores cricetídeos capturados em armadilhas no presente estudo, dois exemplares foram referidos como *Deltamys* sp. Estes exemplares apresentam morfologia externa e craniana similar à de *Deltamys kemp* Thomas, 1917, cujo extremo norte de distribuição, no litoral do Estado do Rio Grande do Sul (Christoff *et al.*, 2013), está a cerca de 350 km da área dos parques eólicos. Um novo táxon para o gênero *Deltamys*,

alopátrico a *D. kemp*, já havia sido registrado para uma área de Floresta Ombrófila Mista no centro-norte do Rio Grande do Sul (Ventura *et al.*, 2011). No entanto, neste momento, não é possível afirmar se os exemplares de Água Doce pertencem a este táxon.

A amostragem de roedores foi complementada pelos registros em egagropilos de coruja-buraqueira, com quatro táxons identificados. Os fragmentos cranianos e dentários de *Calomys* podem se referir a *C. laucha* ou *C. tener*, as menores espécies do gênero e que possuem registro para os estados de Santa Catarina (Peters *et al.*, 2013) e do Paraná (Paraná, 2010), respectivamente. No caso de *Oligoryzomys*, os fragmentos poderiam se referir a *O. nigripes*, capturado em armadilha na área de estudo, ou a *O. flavescens*, espécie de possível ocorrência (Weksler & Bonvicino, 2005).

Em relação aos quirópteros, o baixo número de morcegos insetívoros capturados nas redes de neblina armadas próximo dos parques eólicos em Água Doce, apenas seis indivíduos de quatro espécies de Vespertilionidae, é um padrão esperado. Morcegos insetívoros são pouco amostrados com esse método, ao contrário do que ocorre com espécies frugívoras (Bernard, 2002). No entanto, a ausência de morcegos Phyllostomidae reflete o pequeno número e a baixa disponibilidade de frutos nos fragmentos florestais na região das estepes ombrófilas. Resultado similar foi obtido por Miranda *et al.* (2008), que registraram cinco espécies de Vespertilionidae e uma de Molossidae, e apenas três de Phyllostomidae. Dentre essas, apenas *Sturnira lilium* é frugívora, enquanto *Desmodus rotundus* é hematófaga e *Chrotopterus auritus* é carnívora (Paglia *et al.*, 2012).

Outra espécie de Vespertilionidae, *Lasiurus cinereus*, foi registrada na área de estudo por um indivíduo encontrado morto próximo a uma das torres eólicas em operação do PEAD. Este registro corrobora a ocorrência da espécie em Santa Catarina, haja vista que era conhecida apenas pela proposta de distribuição geográfica de Marinho-Filho (1996). Além desse registro, um funcionário das usinas informou ter encontrado anteriormente somente um morcego morto próximo de uma torre eólica. No entanto, a avaliação dos impactos sobre quirópteros não fizeram parte do escopo do plano de monitoramento dos parques eólicos de Água Doce, ainda que recentemente este impacto seja considerado alto (Cryan & Barclay, 2009; Hein, 2014; Pacheco *et al.*, 2014). Barros *et al.* (2015), por exemplo, registraram 336 óbitos, incluindo 44 indivíduos de *L. cinereus*, em três anos de monitoramento em um complexo eólico no Estado do Rio Grande do Sul.

A riqueza de espécies de mamíferos registrada para as áreas de estepes ombrófilas nos municípios de Palmas e Água Doce foi comparativamente alta e muitas espécies ainda são de possível ocorrência. Apesar disso, o baixo número de capturas de pequenos mamíferos em armadilhas e de morcegos nas redes, a ocorrência de roedores exóticos invasores e a ausência de registro de morcegos frugívoros possivelmente refletem as condições ambientais presentes nas áreas de amostragens junto aos parques eólicos, influenciadas, por exemplo,



pelas queimadas dos campos e presença de gado, o que acarreta em um solo compactado, campos com vegetação muito baixa e sub-bosque empobrecido nos remanescentes florestais, como também registrado em outras áreas de campos no sul do Brasil (Boldrini, 2009). Além disso, o número de mamíferos atropelados nas estradas na região das estepes ombrófilas indica o potencial impacto dos atropelamentos sobre a mastofauna, como tem sido evidenciado em outras regiões (Forman & Alexander, 1998; Cáceres *et al.*, 2010). A redução desses e outros impactos são fatores a serem observados visando à conservação da fauna de uma região ainda carente em estudos sobre sua biodiversidade.

AGRADECIMENTOS

A Genoveva Maurique e Marcos Antônio de Azevedo, que coordenaram os estudos nos parques eólicos. A Célio Testoni e André F. Testoni pelo apoio em campo. A Elisabete Rechenberg pela assistência na preparação do material encaminhado ao Laboratório de Biologia Animal da FURB. A João Manoel de Souza pelas fotografias de uma jaguatirica e uma lontra atropeladas e pelo apoio em campo. A José M. Barbanti Duarte, Liu Idárraga, Liliani Tiepolo e Patrícia Hadler pela confirmação da identificação, respectivamente, de *Mazama*, *Myotis*, *Deltamys* e fragmentos cranianos nos egagropilos. A Felipe Bernardi pela elaboração do mapa. A Maurício E. Graipel e Jonas Sponchiado pela revisão do manuscrito.

REFERÊNCIAS

Auricchio P, Olmos F. 1999. Northward range extension for the European hare, *Lepus europeus* Pallas, 1778 (Lagomorpha – Leporidae) in Brazil. *Publicações Avulsas do Instituto Pau Brasil* 2: 1-6.

Barros MAS, Magalhães RG, Rui AM. 2015. Species composition and mortality of bats at Osório Wind Farm, southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna Environment* 50(1): 31-39.

Becker M, Dalponte J. 1991. Rastros de mamíferos silvestres brasileiros. Edunb, Brasília.

Bernard E. 2002. Diet, activity and reproduction of bats species (Mammalia, Chiroptera) in Central Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19(1): 173-188.

Bezerra AMR, Carmignotto AP, Rodrigues FHG. 2009. Small non-volant mammals of an ecotone region between the Cerrado hotspot and the Amazonian Rainforest, with comments on their taxonomy and distribution. *Zoological Studies* 48(6): 861-874.

Boldrini II (Org.). 2009. Biodiversidade dos campos do planalto das araucárias. MMA, Brasília.

Cáceres NC, Cherem JJ, Graipel ME. 2007. Distribuição geográfica de mamíferos terrestres da região Sul do Brasil. *Ciência & Ambiente* 35: 167-180.

Cáceres NC, Hannibal W, Freitas DR, Silva EL, Roman C, Casella J. 2010. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. *Zoologia* 27(5): 709-717.

CDB. 2002. COP 6 Decision VI/23. Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. Sixth Ordinary Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, The Hague. (<https://www.cbd.int/decision/cop/default.shtml?id=7197>). Acessado em 22 de agosto de 2015.

Cherem JJ, Simões-Lopes PC, Althoff SL, Graipel ME. 2004. Lista dos mamíferos do Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. *Mastozoologia Neotropical* 11(2): 151-184.

Cherem JJ, Kammers M, Ghizoni-Jr IR, Martins A. 2007. Mamíferos de médio e grande porte atropelados em rodovias do Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. *Biotemas* 20(2): 81-96.

Christoff AU, Peters FB, Roth PRO, Coelho EL, Jung DMH. 2013. Myomorpha. Pp. 175-216, in Weber MM, Roman C, Cáceres NC (Org.), *Mamíferos do Rio Grande do Sul*. Editora UFSM, Santa Maria.

Cryan PM, Barclay RMR. 2009. Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy* 90(6): 1330-1340.

Dias D, Fonseca C, Cherem JJ, Graipel ME, Christoff AU, Rocha RG. 2015. New records of *Cryptonanus guahybae* (Tate, 1931) in southern Brazil inferred from molecular and morphological data. *Mammalia*. <http://dx.doi.org/10.1515/mammalia-2014-0071>.

Forman RTT, Alexander LE. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Reviews in Ecology and Systematics* 29: 207-231.

GAPLAN. 1986. Atlas de Santa Catarina. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, Rio de Janeiro.

Gardner AL. 2008. *Mammals of South America*. Vol. 1 – Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats. University of Chicago Press, Chicago.

González EM. 2001. Guía de campo de los mamíferos de Uruguay. Vida Silvestre, Sociedad Uruguaya para la Conservación de la Naturaleza, Montevideo.

Hein CD. 2014. Los murciélagos y el desarrollo de energía Eólica en los Estados Unidos. Pp. 33-34, in Libro de Resúmenes do Primer Congreso Latinoamericano y del Caribe de Murciélagos. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Leite PF. 2002. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. *Ciência & Ambiente* 24: 51-73.

Margarido TCC, Braga FG. 2004. Mamíferos. Pp. 27-142, in Mikich SB, Bérnills RS (Eds.), *Livro vermelho da fauna ameaçada do Estado do Paraná*. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba.

Marinho-Filho J. 1996. Distribution of bat diversity in the Southern and Southeastern Brazilian Atlantic Forest. *Chiroptera Neotropical* 2(2): 51-54.

Melo ES, Santos-Filho M. 2007. Efeitos da BR-070 na Província Serrana de Cáceres, Mato Grosso, sobre a comunidade de vertebrados silvestres. *Revista Brasileira de Zoociências* 9(2): 185-192.

Melo GL, Sponchiado J. 2012. Distribuição geográfica de marsupiais no Brasil. Pp. 95-112, in Cáceres NC (Org.), *Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação*. Editora UFMS, Campo Grande.

Miranda JMD, Moro Rios RF, Passos, FC. 2008. Contribuição ao conhecimento dos mamíferos dos Campos de Palmas, Paraná, Brasil. *Biotemas* 21(2): 97-103.

Miranda JMD, Moro-Rios RF, Silva-Pereira JE, Passos FC. 2009. Guia ilustrado: mamíferos da Serra de São Luiz do Purunã, Paraná, Brasil. Editora USEB, Pelotas.

Miretzki M. 2003. Morcegos do Estado do Paraná, Brasil (Mammalia, Chiroptera): riqueza de espécies, distribuição e síntese do conhecimento atual. *Papéis Avulsos de Zoologia* 43(6): 101-138.

MMA. 2014. Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. (www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html). Acessado em 19 de dezembro de 2014.

Moreira JC, Manduca EG, Gonçalves PR, Moraes Jr. MM, Pereira RF, Lessa G, Dergam JA. 2009. Small mammals from Serra do Brigadeiro State Park, Minas Gerais, southeastern Brazil: species composition and elevational distribution. *Arquivos do Museu Nacional* 67(1-2): 103-118.

Olifiers N, Cunha AA, Grelle CEV, Bonvicino CR, Geise L, Pereira LG, Vieira MV, D'andrea PS, Cerqueira R. 2007. Lista de Espécies de Pequenos Mamíferos Não-Voadores do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Pp. 183-192, in Cronenberger C, Viveiros de Castro E (Orgs.), *A Pesquisa no Parque Nacional da Serra dos Órgãos*. IBAMA, Brasília.

Pacheco SM, Barros M, Azevedo VL, Etges M. 2014. Parques eólicos e a conservação de morcegos no Brasil. Pp. 37-38, in Libro de Resúmenes do Primer Congreso Latinoamericano y del Caribe de Murciélagos. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Paglia AP, Fonseca GAB, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, Leite YLR, Costa LP, Siciliano S, Kierulff MCM, Mendes SL, Tavares VC, Mittermeier RA, Patton JL. 2012. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. *Occasional Papers in Conservation Biology* 6: 1-76.



- Paraná. 2009. Formações fitogeográficas – Estado do Paraná. ITCG, Curitiba. (www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Fitogeografico_A3.pdf). Acessado em 15 de abril de 2015.
- Paraná. 2010. Lista das espécies de mamíferos ameaçados no Estado do Paraná e suas respectivas categorias de ameaça – anexo a que se refere o decreto nº 7264/2010.
- Paraná. 2015. Portaria IAP nº 59, de 15 de abril de 2015. Reconhece como espécies exóticas invasoras no estado do Paraná as espécies relacionadas nos Anexos 1 (Plantas), 2 (Vertebrados) e 3 (Invertebrados) da presente Portaria. (http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=2921). Acessado em 22 de agosto de 2015.
- Patton JL, Pardinãs UFJ, D'Elia G. 2014. Mammals of South America Vol. 2 Rodents. University of Chicago Press, Chicago.
- Persson VG, Lorini ML. 1990. Contribuição ao conhecimento mastofaunístico da porção centro-sul do Estado do Paraná. Acta Biologica Leopoldensia 12(1): 79-98.
- Peters FG, Roth PRO, Christoff AU. 2013. Primeiro registro documentado de *Holochilus brasiliensis* (Desmarest, 1819) e *Calomys laucha* (G. Fischer, 1914) no estado de Santa Catarina, sul Brasil. Biotemas 26(3): 177-184.
- Quintela FM, Gonçalves GL, Althoff SL, Sbalqueiro IJ, Oliveira LFB, Freitas TRO. 2014. A new species of swamp rat of the genus *Scapteromys* Waterhouse, 1837 (Rodentia: Sigmodontinae) endemic to *Araucaria angustifolia* forest in southern Brazil. Zootaxa 3811(2): 207-225.
- Santa Catarina. 2011. Resolução Consema nº 2, de 06 de dezembro de 2011. Reconhece a Lista Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras providências. (http://media.wix.com/ugd/4e96b1_7aee52da52ca9f5b16f823476a0b1cfc.pdf). Acessado em 11 de novembro de 2013.
- Santa Catarina. 2012. Resolução Consema nº 8, de 14 de setembro de 2012. Reconhece a Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras no Estado de Santa Catarina e dá outras providências. (www.fatma.sc.gov.br/upload/rppne/resconsema201208.pdf). Acessado em 22 de agosto de 2015.
- Trigo TC, Tirelli FP, Machado LF, Peters FB, Indrusiak CB, Mazim FD, Sana D, Eizirik E, Freitas TRO. 2013. Geographic distribution and food habits of *Leopardus tigrinus* and *L. geoffroyi* (Carnivora, Felidae) at their geographic contact zone in southern Brazil. Studies on Neotropical Fauna and Environment 48(1): 56-67. <http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2013.774789>.
- Vieira EM. 1996. Highway mortality of mammals in central Brazil. Ciência e Cultura 48: 270-272.
- Weksler M, Bonvicino CR. 2005. Taxonomy of pigmy rice rats genus *Oligoryzomys* Bangs, 1900 (Rodentia, Sigmodontinae) of the Brazilian Cerrado, with the description of two new species. Arquivos do Museu Nacional 63(1): 113-130.
- Wilson DE, Reeder DM. 2005. Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Submetido em 02/maio/2015

Aceito em 11/outubro/2015

INFORMAÇÃO SUPLEMENTAR ON-LINE

As informações suplementares a seguir estão disponíveis *on-line* para este artigo.



APÊNDICE I

Lista dos exemplares coletados durante o levantamento da mastofauna nos municípios de Palmas, Estado do Paraná, e de Água Doce, Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. O sexo (M = macho, F = fêmea, I = indeterminado) e o tipo de preparação (P = pele, C = crânio, E = esqueleto pós-craniano; L = espécime inteiro ou carcaça em via líquida) são indicados entre parênteses após o número de tombo (CZFURB = Coleção de Zoologia da Universidade de Blumenau; UFSC = Coleção de Mamíferos do Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina).

Dasyus septemcinctus: Paraná, Palmas, PR-280 (27°25'33"S, 52°15'34"O): UFSC 3507 (M; C).

Mazama gouazoubira: Paraná, Palmas, PR-280 (27°26'01"S, 52°04'33"O): UFSC 4826 (M; C).

Lycalopex gymnocercus: Paraná, Palmas, PR-280 (27°27'59"S, 52°01'51"O): UFSC 3492 (M; C/E).

Leopardus guttulus: Paraná, Palmas, PR-280 (27°25'02"S, 52°07'29"O): UFSC 3794 (M; P/C/E). Paraná, Palmas, PR-280 (27°25'57"S, 52°05'04"O): UFSC 4832 (M; P/C/E).

Procyon cancrivorus: Paraná, Palmas, PR-280 (27°25'15"S, 52°14'45"O): UFSC 3505 (I; C/E).

Eptesicus furinalis: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico de Água Doce (26°35'20"S, 51°41'46"O): CZFURB SLA 1727 (M; L).

Histiotus montanus: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico de Água Doce (26°35'20"S, 51°41'46"O): CZFURB SLA 1902 (M; L).

Lasiurus cinereus: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico de Água Doce (26°35'09"S, 51°41'27"O): UFSC 3567 (M; L).

Myotis riparius: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico de Água Doce (26°35'20"S, 51°41'46"O): CZFURB SLA 1730 (F; L).

Myotis ruber: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico de Água Doce (26°35'20"S, 51°41'46"O): CZFURB SLA 1726 (F; P/C/E), CZFURB SLA 1729 (F; P/C/E), CZFURB SLA 1730 (F; L).

Cavia aperea: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico de Água Doce (26°35'34"S, 51°41'29"O): CZFURB 9854 (F; P/C/L). Paraná, Palmas, PR-280 (27°28'28"S, 52°01'24"O): UFSC 3549 (M; C/L). Paraná, Palmas, PR-280 (27°29'26"S, 52°00'29"O): UFSC 4841 (F; P/C/L).

Hydrochoerus hydrochaeris: Santa Catarina, Água Doce, rio dos Patos (26°37'00"S, 51°41'20"O): CZFURB 9859 (I; C), UFSC 3443 (I; C), UFSC 3444 (I; C).

Deltamys sp.: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico do Horizonte (26°34'06"S, 51°40'18"O): CZFURB 9968 (F; P/C/L), UFSC 3699 (M; P/C/L).

Oligoryzomys nigripes: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico de Água Doce (26°34'56"S, 51°42'44"O): UFSC 3809 (F; P/C/L), UFSC 3568 (F; C/L).

Oxymycterus nasutus: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico do Horizonte (26°34'06"S, 51°40'18"O): CZFURB 9364 (I; P/C/L), CZFURB 9365 (M; P/C/L), CZFURB 9366 (M; P/C/L), CZFURB 9455 (I; P/C/L), CZFURB 9856 (I; P/C/L), CZFURB 9969 (F; P/C/L), CZFURB 9855 (M; P/C/L), UFSC 3573 (M; P/C), UFSC 3574 (M; P/C), UFSC 3575 (I; P/C), UFSC 3576 (I; P/C), UFSC 3577 (M; P/C), UFSC 3578 (M; P/C).

Scapteromys meridionalis: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico do Horizonte (26°34'06"S, 51°40'18"O): CZFURB 9972 (F; P/C/L).

Sooretamys angouya: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico de Água Doce (26°34'56"S, 51°42'44"O): CZFURB 12071 (M; P/C/L), CZFURB 12072 (M; P/C/L).

Rattus rattus: Santa Catarina, Água Doce, Parque Eólico do Horizonte (26°34'06"S, 51°40'18"O): CZFURB 9454 (F; P/C/L).



Habitat suitability modeling for the greater naked-tailed armadillo (*Cabassous tatouay*) in the Brazilian and Uruguayan Pampas

Marcelo de Moraes Weber¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia, Laboratório de Vertebrados, Edifício do Centro de Ciências da Saúde. Avenida Carlos Chagas Filho, 373, Cidade Universitária, CEP 21941-902, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: mweber.marcelo@gmail.com

Abstract: The Pampas comprise the southern boundary of *Cabassous tatouay* distribution, where it is thought to be rare. Here I modeled the species distribution in the Brazilian and Uruguayan Pampas to assess the proportion of vegetation remnants climatically suitable for the species and to indicate priority areas for biological sampling to find unknown populations. Results showed that climatically suitable areas for *C. tatouay* are not continuous over the Pampas and there are three main core areas, being 73% of its predicted distribution located in the Brazilian Pampas and only 27% in the Uruguayan Pampas. In Brazil, the proportion of climatically suitable habitat is 44%, being 56% lost to human activities. Predicted distribution of *C. tatouay* within protected areas in the Pampas represents only 6.1% of the whole predicted area and priority areas to the occurrence of unknown populations of *C. tatouay* are indicated. The species conservation in the Pampas is concerning because most of its records are outside protected areas and there is no information on population situation and no updated surveys confirming species persistence in areas of old occurrence data. I hope these suggestions will serve as a guideline to focus future conservation assessments for the species.

Key-Words: Grasslands; Pampas; Priority areas; Species distribution modeling; Xenarthrans.

Resumo: Modelagem de adequabilidade do habitat para o tatu-de-rabo-mole-grande (*Cabassous tatouay*) no Pampa brasileiro e uruguaio. Os Pampas compreendem o limite sul da distribuição de *Cabassous tatouay*, onde ele é tido como raro. Neste estudo, eu modelizei a distribuição dessa espécie no Pampa uruguaio e brasileiro para avaliar a proporção dos remanescentes de vegetação climaticamente adequados para a espécie e para indicar áreas prioritárias para amostragem biológica a fim de encontrar populações desconhecidas. Resultados mostraram que as áreas climaticamente adequadas para *C. tatouay* não são contínuas nos Pampas e que há três áreas principais, sendo 73% da sua distribuição predita localizada no Pampa brasileiro e apenas 27% no Pampa uruguaio. No Brasil, a proporção de hábitat climaticamente adequado é de 44%, sendo 56% do hábitat perdido para atividades antrópicas. A distribuição predita de *C. tatouay* em Unidades de Conservação nos Pampas representa apenas 6.1% da sua distribuição predita total e áreas prioritárias para ocorrência de populações desconhecidas de *C. tatouay* são indicadas. A conservação da espécie nos Pampas é preocupante porque a maioria dos seus registros estão fora das Unidades de Conservação e não há informação sobre a situação populacional nem amostragens atuais confirmando a persistência da espécie em áreas com registros antigos de ocorrência. Espero que estas sugestões possam orientar futuras avaliações sobre a conservação dessa espécie.

Palavras-Chave: Áreas prioritárias; Campos sulinos; Modelagem de distribuição de espécies; Pampas, xenartros.

INTRODUCTION

Species from the genus *Cabassous* are highly fossorial (Wetzel *et al.*, 2007) and they feed on termites and ants (Eisenberg & Redford, 1999). The greater naked-tailed armadillo, *Cabassous tatouay* (Desmarest, 1804), is the largest-bodied species of the genus (Wetzel, 1980), with body weight varying between 3.4-6.4 kg (Redford & Eisenberg, 1992) but the largest individuals never exceed

50 cm in body length (Cabrera & Yepes, 1960). Similarly to their relatives its reproductive rate seems to be low, with females giving birth to a single young per year (Meritt, 1985; Achaval *et al.*, 2007). The major threats for the species are illegal hunting and habitat loss (González *et al.*, 2013; Gonzalez & Abba 2014; Hayssen, 2014). Both life history traits and data scarcity on its distribution and ecology makes *C. tatouay* ideal to focus attention on its distribution and on conservation goals.



Cabassous tatouay is endemic to South America, occurring in southeastern and central western Brazil, southeastern Paraguay, northeastern Argentina, and eastern Uruguay (Wetzel *et al.*, 2007; Hayssen 2014). In Brazil, it has been recorded in the Atlantic Forest, Cerrado, Pantanal, and the Pampas (Anacleto *et al.*, 2006; Paglia *et al.*, 2012). Its ecology and biology are poorly known (Ubaid *et al.*, 2010). Species occurrence records are rare (*e.g.*, Cherem *et al.*, 2004; Modesto *et al.*, 2008; Pereira & Geise, 2009; Ubaid *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2013) and there are few specimens in scientific collections (Ubaid *et al.*, 2010). Furthermore, it is thought to be intolerant to disturbed areas (Aguiar & Fonseca, 2008), although Gonzalez & Abba (2014) mention the species is tolerant of a degree of habitat modification.

Analysis of the global conservation status of all world mammals indicates that from 21 species of Dasypodidae assessed, four species are in one of the IUCN threatened categories, and five species are near threatened (Schipper *et al.*, 2008). Globally, *Cabassous tatouay* is listed as Least Concern according to IUCN because it has wide distribution, presumed large population, and occurs in several protected areas (Gonzalez & Abba, 2014). However, the Uruguayan assessment listed *C. tatouay* as Vulnerable and as a priority species for conservation (González *et al.*, 2013). Brazilian assessment has classified *C. tatouay* as Data Deficient (Chiarello *et al.*, 2008), but at regional levels within Brazil, the species is listed as Vulnerable in Minas Gerais state (Machado *et al.*, 2005) and as Data Deficient in Rio Grande do Sul state (Oliveira & Vilella, 2003; FZB, 2013).

The Pampas comprise the southern boundary of *C. tatouay* (Wetzel *et al.*, 2007; Hayssen, 2014), where it is less abundant than in Cerrado, Atlantic Forest, and Pantanal (Anacleto *et al.*, 2006). The Pampas occur in southern Brazil, Uruguay, and Argentina (Cabrera & Willink, 1980). In Brazil, the Pampas occur only in the Rio Grande do Sul state covering 63% of the state territory mainly in the south (Overbeck *et al.*, 2009). However, the Pampas are the most threatened environment of South America due to the massive introduction of invasive plants, replacement of large Pampas extensions to agriculture and/or forestry (Bilenca & Miñarro, 2004). Furthermore, the protection level in the Pampas is under 0.3%. Thus, conservation strategies for *C. tatouay* in the Pampas are crucial to maintain its populations in this ecosystem. Furthermore, the Pampas are considered a neglected biome under the current Brazilian conservation policies because it harbors few protected areas in comparison with other Brazilian biomes (Overbeck *et al.*, 2007) and are undersurveyed (Roman & Weber, 2013).

Species distribution modeling (SDM) has been successfully applied to map environmental suitability and find unknown populations of rare and Data Deficient species, directing field efforts towards the discovery of new populations (*e.g.*, Raxworthy *et al.*, 2003; Teixeira *et al.*, 2014). Thus, the goals of this study are: (i) to model the geographic distribution of the greater naked-tailed armadillo (*Cabassous tatouay*) in the Brazilian and Uruguayan Pampas; (ii) to assess the proportion of

the predicted distribution within protected areas; (iii) to assess the proportion of vegetation remnants that are environmentally suitable for the species in the Brazilian Pampas; and (iv) to indicate priority areas to search new *C. tatouay* populations in the Pampas.

MATERIALS AND METHODS

Spatial data

I gathered 16 occurrence records for *C. tatouay* in the Brazilian and Uruguayan Pampas from literature review (Queirolo, 2009; Anacleto, 2013), which are the most comprehensive reviews for the species in this region. As the climatic variables affecting the geographic distribution of *C. tatouay* are virtually unknown, I did multiple jackknives to measure climate importance in determining the species distribution using 19 bioclimatic variables, with a spatial resolution of 30" (~1 km²), provided by Hijmans *et al.* (2005) (www.worldclim.org) in Maxent version 3.3.3.k (Phillips *et al.*, 2006). Jackknife approach systematically leaves out one variable at time when running the model. In doing so, it provides information on how important each variable is at explaining the species distribution and how much unique information each variable provides (Baldwin, 2009). However, number of pseudo-absences or background included in the model may affect variable selection. Therefore, I ran five jackknives using different background numbers, as follows: 100, 500, 1000, 5000, and 10000. From this assessment I selected the five variables with higher jackknife values of regularized train gain for *C. tatouay* that showed consistently the highest scores in all simulations to model its distribution in the Pampas. Selected variables were temperature seasonality (°C), maximum temperature of the warmest month (°C), mean temperature of the wettest quarter (°C), precipitation of the driest quarter (mm), and precipitation of the coldest quarter (mm).

Species distribution modeling

Predictive ability in SDM may vary substantially depending on the algorithm that is used (Pearson *et al.*, 2006; Buisson *et al.*, 2009). To avoid such inconsistencies among algorithms, I modeled the geographic distribution of *C. tatouay* using four algorithms: Mahalanobis Distance (Farber & Kadmon, 2003), Generalized Linear Model – GLM (Guisan *et al.*, 2002), Maximum Entropy (Phillips *et al.*, 2006), and Support Vector Machine – SVM (Drake *et al.*, 2006).

The output of each algorithm projects a model onto geographic space where the value of each pixel can be interpreted as the climatic suitability based on the set of climatic predictors that are characteristic for the species (Phillips & Dudík, 2008). Values close to zero indicate climatically unsuitable areas and values close to one indicate highly climatically suitable areas. Maximum

entropy approach was implemented in the Maxent software (Phillips *et al.*, 2006), Mahalanobis Distance and SVM, were implemented in the software openModeller Desktop version 1.1.0 (Muñoz *et al.*, 2011), and GLM was implemented using the package *dismo* (Hijmans *et al.*, 2014) in the R environment (R Core Team, 2014).

I evaluated the accuracy of the models using the Area Under the “receiver operating characteristics” (ROC) Curve (AUC). AUC close to 0.5 indicates that the model has no predictive ability and it is not better than a random model whereas AUC close to 1 indicates that the model had a good to excellent performance, and we can discriminate properly between unsuitable from suitable areas (Dudík *et al.*, 2004). Despite criticisms of Lobo *et al.* (2008), AUC can still be used to compare models from a single species in a similar geographical region (Nabout *et al.*, 2010), as considered here. I regarded models with $AUC \geq 0.75$ to be good to excellent (Elith *et al.*, 2006). Models with $AUC < 0.75$ were excluded from analysis.

Because there are few occurrence records for the species in the Pampas due to low sampling effort, I ran the jackknife approach proposed by Pearson *et al.* (2007) to model species distribution. Such approach consists in running as many models as occurrence records, leaving out one record at each run. Therefore, I generated 64 models (16 replicates in 4 algorithms).

In order to decrease the predictive uncertainty of single-models, I created a consensual distribution map from all output maps from each algorithm and each replicate having $AUC \geq 0.75$. From these selected models I calculated the overall average among models and replicates (Marmion *et al.*, 2009). After the creation of the consensual map, I extracted the climatic suitability value for each presence point in the Pampas. Then, I transformed the consensual map into a binary map, using the lowest presence threshold (LPT), equal to the lowest climatic suitability value at the species presence locations. This approach identifies occurrence predicted areas as being at least as suitable as those where a species’ presence has been recorded (Pearson *et al.*, 2007). Furthermore, it identifies the minimum predicted area possible whilst maintaining zero omission error in the training data set because it includes all localities where species populations have been recorded (Pearson *et al.*, 2007; Thorn *et al.*, 2009). Using the LPT value, I classified the consensual model into unsuitable (suitability values lower than LPT) and suitable (suitability values equal or higher to LPT) areas. To calculate size of the climatically suitable area for *C. tatouay* in the Pampas, I projected the map onto the Albers equal-area conic projection to avoid distortion. After projection, I calculated area of potential distribution of *C. tatouay* in km² using Hawth’s Tools Analysis (Beyer, 2004).

Habitat suitability modeling

SDM can predict suitable areas where there is no habitat left (Teixeira *et al.*, 2014). Considering that *C. tatouay* is intolerant to disturbed areas (Aguiar & Fonseca, Weber, M.M.: *Cabassous tatouay* in the Pampas

2008), I selected only undisturbed grasslands, forests, and grassland-forest mosaics from the remnant vegetation mapping of the Brazilian Pampas (Hasenack & Cordeiro, 2006). Because there is no remnant vegetation mapping of the Uruguayan Pampas, here I consider only the Brazilian Pampas.

To create a habitat suitability model, I overlapped the predicted distribution map of *C. tatouay* in the Brazilian Pampas on the selected remnant habitats. From this overlapping, I obtained a habitat suitability map. Therefore, this habitat suitability map includes areas with undisturbed habitat remnants and that are climatically suitable for the species. I calculated the area of suitable habitat remnants (in km²) to assess the proportion of species habitat that was lost for the species based on the species predicted distribution in the Brazilian Pampas. I also calculated the area of suitable habitat remnants that are within protected areas in the Brazilian Pampas (<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>) to assess the proportion of species habitat that is under protection.

Finally, I suggest areas where researchers should prioritize field surveys to find unknown populations of *C. tatouay* in the Brazilian Pampas considering three factors: environmental suitability, amount of habitat, and previous record of the species in a county. Then, I determine which counties should be prioritized to search for new populations of *C. tatouay* using a decision tree (Figure 1). First, I took into account the predicted distribution for the species in each county. Second, I considered the previous records of the species in each county with species predicted distribution. Third, I took into account

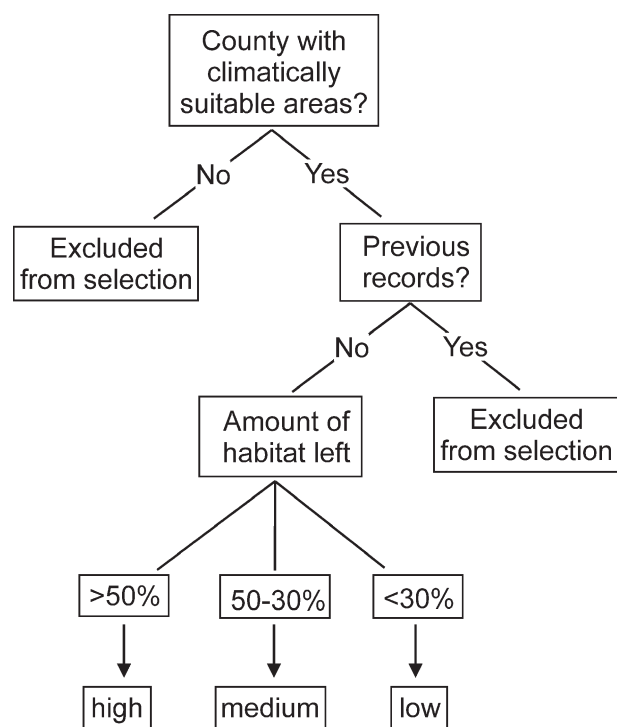


Figure 1: Decision tree showing the steps to select a county in the Brazilian Pampas to be surveyed to find unknown populations of the greater naked-tailed armadillo (*Cabassous tatouay*). High, medium, and low indicate the level of priority for biological sampling based on climatically suitable areas, previous records and amount of habitat left.



Table 1: Counties in Rio Grande do Sul state (Brazil) with more than 30% of Pampa habitat remnant classified as high, medium or low priority for searching for unknown populations of the greater naked-tailed armadillo (*Cabassous tatouay*). The complete list can be assessed at Table S1.

COUNTY	LATITUDE	LONGITUDE	PREVIOUS RECORD	PROPORTION OF HABITAT LEFT	PRIORITY LEVEL
Herval	32°01'26"S	53°23'46"W	No	0.870	High
Santana da Boa Vista	30°52'19"S	53°06'54"W	No	0.742	High
Pinheiro Machado	31°34'41"S	53°22'52"W	No	0.604	High
Pedro Osório	31°51'50"S	52°49'23"W	No	0.559	High
Jaguarão	32°33'58"S	53°22'34"W	No	0.552	High
Santana do Livramento	30°53'28"S	55°31'58"W	No	0.453	Medium
Pedras Altas	31°43'58"S	53°35'02"W	No	0.397	Medium
Ibarama	29°25'08"S	53°08'06"W	No	0.395	Medium
Encruzilhada do Sul	30°32'38"S	52°31'19"W	No	0.391	Medium
Arroio Grande	32°14'17"S	53°05'13"W	No	0.368	Medium
Arroio do Padre	31°26'35"S	52°25'19"W	No	0.356	Medium
Tavares	31°17'13"S	51°05'38"W	No	0.347	Medium
Quaraí	30°23'17"S	56°27'04"W	No	0.317	Medium
São José do Norte	32°00'54"S	52°02'31"W	No	0.311	Medium
Rosário do Sul	30°15'29"S	54°54'50"W	No	0.310	Medium
Canguçu	31°23'42"S	52°40'34"W	No	0.311	Medium
Piratini	31°26'53"S	53°06'14"W	Yes	0.678	Low
São Francisco de Paula	29°26'53"S	50°35'02"W	Yes	0.364	Low
Alegrete	29°46'58"S	55°47'31"W	Yes	0.328	Low

the proportion of suitable habitat remnants for the species in relation to the overall area of each county (> 50%, 50-30%, and < 30). I chose the lower threshold of 30% because this is the theoretical minimum residual habitat level within a landscape that is needed for species populations persist (Flather & Bevers, 2002). Counties with predicted distribution, without previous records and with > 50% of habitat remnant were classified as highly priority for biological surveys (Figure 1). I obtained the map of counties in Brazilian Pampas in www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp.

RESULTS

Algorithms varied in their performance of predicting the distribution of *C. tatouay* in the Pampas.

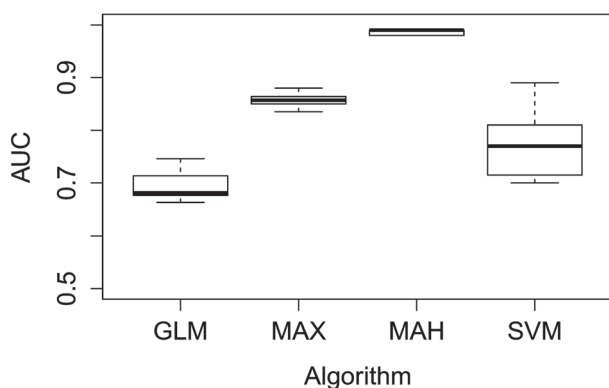


Figure 2: Boxplot showing the AUC values of the four algorithms used to model the greater naked-tailed armadillo (*Cabassous tatouay*) distribution in the Pampas. GLM = Generalized Linear Model (Guisan *et al.*, 2002), MAX = Maximum Entropy (Phillips *et al.*, 2006), MAH = Mahalanobis Distance (Farber & Kadmon, 2003), and SVM = Support Vector Machine (Drake *et al.*, 2006). Heavy line inside the box indicates the median, boxes indicate quartiles, and whiskers indicate maximum and minimum values.

Mahalanobis Distance had the best performance ($AUC_{mean} = 0.98$), followed by Maxent ($AUC_{mean} = 0.85$), SVM ($AUC_{mean} = 0.78$), and GLM ($AUC_{mean} = 0.69$) (Figure 2). As GLM performed poorly ($AUC < 0.75$ in all replicates) it was excluded from analysis. The lowest presence suitability value from the consensual map where *C. tatouay* has been recorded in the Pampas was 0.61.

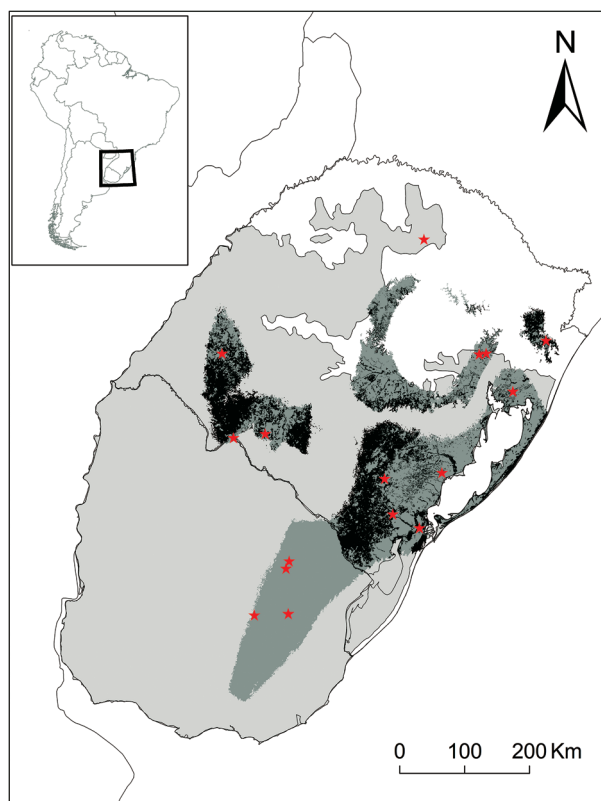


Figure 3: Predicted distribution area of the greater naked-tailed armadillo (*Cabassous tatouay*) in the Pampas (light gray area) based on the least presence threshold (LPT = 0.61), in dark gray. In black are the habitat remnants climatically suitable for the species. Stars indicate species occurrence records.

The consensus map indicated that sites with highest quality for *C. tatouay* are not continuous over the Pampas with three main cores of predicted distribution. The largest area is located in southeastern Rio Grande do Sul state in Brazil through central eastern Uruguay (Figure 3). Most part of sites with highest quality in the Pampas is located in Rio Grande do Sul state (73%, ca. 70,000 km²), with the remaining 27% in Uruguay (ca. 25,000 km²). Furthermore, the predicted distribution for the species occupies 26% of the Rio Grande do Sul state territory and only 14% of the Uruguayan territory.

The proportion of climatically suitable habitat remnant for the species in relation to the predicted distribution in the Brazilian Pampas is 44%, being 56% lost to human activities (Figure 3) such as soy and corn plantations, forestry, and urbanization. The proportion of predicted distribution within protected areas is even smaller in relation to the predicted distribution in the Brazilian Pampas, where only 4.6% of its distribution are under protected areas. Similarly, the proportion of predicted distribution within protected areas in Uruguay represents only 1.5% of its predicted distribution in this country. The largest suitable habitat remnants are

located in the Biological Reserve of Ibirapuitã and Area of Environmental Protection of Banhado Grande, both in the Brazilian Pampas. *C. tatouay* has been recorded in a single protected area in the Brazilian Pampas (Banhado dos Pachecos). In Uruguay, the species can potentially occur in few protected areas, such as Quebrada de Los Cuervos, Paso Centurion, Bañados del Este, and Arequita National Park. In spite of that, there is no record of *C. tatouay* in any Uruguayan protected area.

Only five out 151 counties with suitable habitat remnants were classified as high priority for biological sampling in the Brazilian Pampas and 11 were classified as medium priority (Table 1, Figure 4). The remaining 135 counties were assigned as low priority for biological sampling (Table S1).

DISCUSSION

Coarse maps of species geographic distribution are very useful to inform where a species might occur (Gaston, 2003). However, maps with fine grain resolution can indicate that a species distribution may be regionally restricted. This is true when analyzing the predicted geographic distribution of *C. tatouay* in the Pampas (Figure 3). It is not widely distributed in the Pampas and its distribution is scattered.

Predicted distribution of *C. tatouay* in Uruguay seems to be well connected, since there is a single large distribution patch connecting Brazilian to Uruguayan areas. However, as far as I know there is no mapping on habitat remnants available in Uruguay. Thus, it is a hard task evaluating the amount of suitable habitat for the species in this country. As habitat lost and hunting are among the main threats to mammals in Uruguay (González *et al.*, 2013), populations of *C. tatouay* might be isolated. Furthermore, the species is known only at few locations in Uruguay (N = 4) and there is no information on species occupancy in the Uruguayan Pampas. Indeed, González *et al.* (2013) considered *C. tatouay* both as Vulnerable and a conservation priority species in Uruguay. This situation highlights conservation efforts that must be undertaken for the species. Moreover, main core of its predicted distribution in Uruguay has few and small protected areas and its presence within these protected areas has not been confirmed yet. Fortunately, *C. tatouay* predicted distribution in Uruguay is linked to the Brazilian predicted distribution what may suggest that populations in Brazil and Uruguay may be potentially connected. However, further biological surveys are needed in the boundary between Brazil and Uruguay to elucidate this prediction, especially between the county of Herval (32°01'S, 53°23'W) in Brazil and Cerro Largo Department in Uruguay.

Distribution of *C. tatouay* in the Brazilian Pampas is known only for scattered records (Anacleto, 2013). SDM indicated the main core of its distribution is in southeastern Rio Grande do Sul. This same region also has lost many environmentally suitable habitats to human activities such as cattle raising, forestry, agriculture,



Figure 4: Selected counties in Brazilian Pampas to be surveyed to find unknown populations of the greater naked-tailed armadillo (*Cabassous tatouay*). Black counties are of high priority for biological sampling and gray counties are of medium priority for biological sampling. 1 = Santana da Boa Vista (30°52'S, 53°06'W); 2 = Pinheiro Machado (31°34'S, 53°22'W); 3 = Herval (32°01'S, 53°23'W); 4 = Pedro Osório (31°51'S, 52°49'W); 5 = Jaguarão (32°33'S, 53°22'W); 6 = Ibarama (29°25'S, 53°08'W); 7 = Quaraí (30°23'S, 56°27'W); 8 = Rosário do Sul (30°15'S, 54°54'W); 9 = Santana do Livramento (30°53'S, 55°31'W); 10 = Encruzilhada do Sul (30°32'S, 52°31'W); 11 = Canguçu (31°23'S, 52°40'W); 12 = Arroio do Padre (31°26'S, 52°25'W); 13 = Pedras Altas (31°43'S, 53°35'W); 14 = Arroio Grande (32°14'S, 53°05'W); 15 = São José do Norte (32°00'S, 52°02'W); 16 = Tavares (31°17'S, 51°05'W).



and urban areas. Oliveira & Vilella (2003) suggest the populations are declining in western Brazilian Pampas. Indeed, SDM indicated few climatically suitable areas in this region where there is a large protected area in the Brazilian Pampas, the Biological Reserve of Ibirapuitã, which includes *C. tatouay* potential distribution.

In the Rio Grande do Sul state *C. tatouay* is listed as Data Deficient (FZB, 2013). The species is known from 12 localities and it has potentially lost 56% of its habitat (Figure 3). Serious concern regarding species conservation in the Brazilian Pampas should be paid because most of its records are outside protected areas. From a species conservation viewpoint this is undesirable because protected areas are being ineffective for the species conservation. However, there are some caveats that should be taken into account. For instance, Brazilian Pampas are undersurveyed (Roman & Weber, 2013), therefore species may be present in protected areas but conservationists are not aware of that. For *C. tatouay*, biological surveys are needed because it has low population density (Ubaid *et al.*, 2010) what demands much field sampling effort to infer presence. In addition, there is no information on population situation and no updated surveys confirming species presence in localities with old records (Oliveira & Vilella, 2003).

Given the observed amount of habitat lost and predicted distribution, if any conservation actions are taken, *C. tatouay* populations might be facing local extinctions since level of environmental perturbation is increasing with new areas being allocated to *Pinus* and *Eucalyptus* forests to cellulose production in a grassland landscape. Moreover, Guadagnin *et al.* (2009) showed that 83% of woody plants in Brazilian Pampas are invasive and dispersing naturally. Unfortunately, we still do not know the impact of such disturbances on *C. tatouay* populations because its ecology is virtually unknown (Oliveira & Vilella, 2003; Ubaid *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2013; Hayssen, 2014). In order to evaluate this statement, I performed a literature review on Web of Knowledge (<https://apps.webofknowledge.com>) and Scopus (www.scopus.com) using “*Cabassous tatouay*” as a search term and I obtained only seven and six studies, respectively (search performed on March 23rd 2015). No one study was on *C. tatouay* specifically, but only mentioned it in the abstract or keywords. This indicates basic ecological and conservation studies should be undertaken to elucidate how the species respond to environmental disturbance and how it interacts with other species.

Based on my results, I suggest some actions to gather information on *C. tatouay* in the Pampas. First of all, five counties in the Brazilian Pampas were classified as high priority to search for new populations. These counties have more than 50% of its territory with suitable habitats and do not have any record of the species. Therefore, sampling effort should be driven toward these areas. Secondly, since most records are outside protected areas, field surveys should be undertaken in those areas, as follows: Quebrada de Los Cuervos, Paso Centurion, Bañados del Este, and Arequita National Park in Uruguay; and Biological Reserve of Ibirapuitã, Area of

Environmental Protection of Banhado Grande, Biological Reserve of Mata Grande, Camaquã State Park, and Itapuã State Park in Brazil. Such sampling can provide a general picture of the presence of *C. tatouay* in protected areas in the Pampas. Lastly, researchers should go back to the areas where the species was previously recorded in order to update species occurrence data and, when possible, infer population size. Furthermore, such surveys may indicate local extinctions in case of species absence.

Areas classified as high priority for biological sampling are highly climatically suitable for the species, which increases the probability of finding unknown populations (Raxworthy *et al.*, 2003; Teixeira *et al.*, 2014). In addition, areas with high climatic suitability tend to harbor higher population densities (*e.g.*, Törres *et al.*, 2012; Weber & Grelle, 2012), facilitating species detectability.

Conservation biologists are usually confronted with very limited data on distribution and abundance of species, particularly those that are very rare (Thorn *et al.*, 2009), such as the greater naked-tailed armadillo (*Cabassous tatouay*). Conservation status of *C. tatouay* in Uruguay is alarming since only 1.5% of its predicted distribution is under protection but the species has not been recorded there yet. In the Brazilian Pampas, *ca.* 5% of its predicted distribution is under protection, a better situation than in Uruguay, but an insufficient amount still. However, this statement may be misleading because only 3.3% of the Brazilian Pampas is under protection, which comprises the lowest level of conservation among all the Brazilian biomes (MMA, 2014).

Here I provided guidelines to gather biological data on *C. tatouay*, a rare species in the Pampas, hoping we can properly assess its conservation status regionally in a near future. Although all suggestions are species-specific, field surveys employed to gather biological data on this species will lead, inevitably, to biological data of other large-bodied species such as canids, felids, deers, and other armadillos, which are threatened in Brazil and Uruguay (Chiarello *et al.*, 2008; González *et al.*, 2013). Such sampling will help to decrease amount of unsurveyed areas in the Pampas and provide better data to properly assess species distribution both locally and regionally. I hope these suggestions will serve as a guideline to focus future conservation assessments for the species.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to thank Cristina Araujo for comments in the first draft of this manuscript and PAPD/CAPES/FAPERJ and CNPq for the postdoctoral scholarship.

REFERENCES

- Achaval F, Clara M, Olmos A. 2007. Mamíferos de la República Oriental del Uruguay. Zonalibro Industria Gráfica, Montevideo.
- Aguiar JM, Fonseca GAB. 2008. Conservation status of the Xenarthra. Pp. 215-231, in Vizcaíno SF, Loughry WJ (Eds.), The biology of the Xenarthra. University Press of Florida, Gainesville.

Weber, M.M.: *Cabassous tatouay* in the Pampas



- Anacleto TCS. 2013. Cingulata e Pilosa. Pp. 81-105, In Weber MM, Roman C, Cáceres NC (Eds.), Mamíferos do Rio Grande do Sul. Editora UFSM, Santa Maria.
- Anacleto TCS, Diniz-Filho JAF, Vital MVC. 2006. Estimating potential geographic ranges of armadillos (Xenarthra, Dasypodidae) in Brazil under niche-based models. *Mammalia* 70: 202-213.
- Baldwin RA. 2009. Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy* 11: 854-866.
- Beyer HL. 2004. Hawth's Analysis Tools for ArcGis. Available from: www.spatialecology.com/htools.
- Bilenca D, Miñarro F. 2004. Identificación de áreas valiosas de pastizal (AVPs) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- Buisson L, Thuiller W, Casajus N, Lek S, Grenouillet G. 2009. Uncertainty in ensemble forecasting of species distribution. *Global Change Biology* 16: 1145-1157.
- Cabrera A, Yepes J. 1960. Mamíferos Sud Americanos. Ediar, Buenos Aires.
- Cabrera AL, Willink A. 1980. Biogeografía de América Latina 2ª ed. OEA, Washington DC.
- Cherem JJ, Simões-Lopes PC, Althoff S, Graipel ME. 2004. Lista dos mamíferos do estado de Santa Catarina, sul do Brasil. *Mastozoolgia Neotropical* 11: 151-184.
- Chiarello AG, Aguiar LMS, Cerqueira R, Melo FR, Rodrigues FHG, Silva VM. 2008. Mamíferos ameaçados de extinção no Brasil. Pp. 681-702, in Machado ABM, Drummond GM, Paglia AP (Eds.), Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Ministério do Meio Ambiente e Fundação Biodiversitas, Brasília.
- Drake JM, Randin C, Guisan A. 2006. Modelling ecological niches with support vector machines. *Journal of Applied Ecology* 43: 424-432.
- Dudík M, Phillips SJ, Schapire RE. 2004. Performance guarantees for regularized maximum entropy density estimation. Pp. 472-486, in Proceedings of the 17th Annual Conference on Computational Learning Theory, Banff.
- Elith J, Graham C, Anderson R, Dudík M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans RJ, Huettmann F, Leathwick JR, Lehmann A, Li J, Lohmann LG, Loiselle BA, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Overton JMM, Peterson AT, Phillips SJ, Richardson K, Scachetti-Pereira R, Schapire RE, Soberón J, Williams S, Wisz MS, Zimmermann NE. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Eisenberg JF, Redford KH. 1999. Mammals of the neotropics: the central neotropics: Ecuador, Peru, Bolívia, Brazil. The University of Chicago Press, Chicago.
- Farber O, Kadmon R. 2003. Assessment of alternative approaches for bioclimatic modeling with special emphasis on the Mahalanobis distance. *Ecological Modelling* 160: 115-130.
- Flather CH, Bevers M. 2002. Patchy reaction-diffusion and population abundance: the relative importance of habitat amount and arrangement. *American Naturalist* 159: 40-56.
- FZB – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. 2013. Consulta Pública – Avaliação do Estado de Conservação de Espécies – Fauna – RS – 2012/2013. www.liv.fzb.rs.gov.br/livcpl/?id_modulo=1&id_uf=23.
- Gaston KJ. 2003. The structure and dynamics of geographic ranges. Oxford University Press, Oxford.
- Gonzalez E, Abba AM. 2014. *Cabassous tatouay*. IUCN Red List of Threatened Species v. 2013.1. www.iucnredlist.org.
- González EM, Martínez-Lanfranco JA, Juri E, Rodales AL, Botto G, Soutullo A. 2013. Mamíferos. Pp. 175-207, in Soutullo A, Clavijo C, Martínez-Lanfranco JA (Eds.), Especies prioritarias para la conservación en Uruguay – Vertebrados, moluscos continentales y plantas vasculares. SNAP/DINAMA/MVOTMA & DICYT/MEC, Montevideo.
- Guadagnin DL, Zalba SM, Górriz BC, Fonseca CR, Nebbia AJ, Cuevas YA, Emer C, Germain P, Wendland EMR, Perello LFC, Bastos MCS, Germain P, Sanhueza CC, Masciadri-Balsamo S, Villalobos AE. 2009. Árvores e arbustos exóticos invasores no Pampa: questões ecológicas, culturais e sócio-econômicas de um desafio crescente. Pp. 300-319, in Pillar VP, Muller SC, Castilhos ZMS, Jacques AVA (Eds.), Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Guisan A, Edwards TC, Hastie TJ. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157: 89-100.
- Hasenack H, Cordeiro JLP. 2006. Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa – Relatório Técnico Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas no âmbito do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros). UFRGS Centro de Ecologia, Porto Alegre.
- Hayssen V. 2014. *Cabassous tatouay* (Cingulata: Dasypodidae). *Mammalian Species* 46: 28-32.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra J, Jones L, Jarvis PGA. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Hijmans RJ, Phillips S, Leathwick J, Elith J. 2014. dismo: Species distribution modeling. R package, version 1.0-5. Available from: <http://CRAN.R-project.org/package=dismo>.
- Lobo JM, Jiménez-Valverde A, Real R. 2008. AUC: A misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17: 145-151.
- Machado ABM, Martins CS, Drummond GM. 2005. Lista da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Incluindo as Espécies Quase Ameaçadas e Deficientes em Dados. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte.
- Marmion M, Parviainen M, Luoto M, Heikkinen RK, Thuiller W. 2009. Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and Distributions* 15: 59-69.
- Meritt Jr DA. 1985. Naked-tailed armadillos, *Cabassous* sp. Pp. 389-392, in Montgomery GG (Ed.), Evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas. The Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2014. Pampa. In: MMA (2014). Ministério do Meio Ambiente, Brasília. www.mma.gov.br/biomas/pampa.
- Modesto TC, Pessoa FS, Jordão-Nogueira T, Enrici MC, Costa LM, Attias N, Almeida J, Raíces DSL, Albuquerque HG, Pereira BC, Esbérard CEL, Bergallo HG. 2008. Mammals, Serra da Concórdia, state of Rio de Janeiro, Brazil. *Check List* 4: 341-348.
- Muñoz MES, Giovanni R, Siqueira MF, Sutton T, Brewer P, Pereira RS, Canhos DAL, Canhos VP. 2011. openModeller: a generic approach to species' potential distribution modeling. *Geoinformatica* 1: 111-135.
- Nabou JC, Soares TN, Diniz-Filho JAF, De Marco Jr. P, Telles MPC, Naves RV, Chaves LJ. 2010. Combining multiple models to predict the geographical distribution of the Barú tree (*Dipteryx alata* Vogel) in the Brazilian Cerrado. *Brazilian Journal of Biology* 70: 911-919.
- Oliveira EV, Vilella FS. 2003. Xenartros. Pp. 487-492, in Fontana CS, Bencke GA, Reis RE (Eds.), Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul. EDIPUCRS, Porto Alegre.
- Overbeck GE, Müller SC, Fidelis A, Pfadenhauer J, Pillar VP, Blanco CC, Boldrini II, Both R, Forneck ED. 2007. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution, and Systematics* 9: 101-116.
- Overbeck GE, Müller SC, Fidelis A, Pfadenhauer J, Pillar VP, Blanco CC, Boldrini II, Both R, Forneck ED. 2009. Os campos sulinos: um bioma negligenciado. Pp. 26-41, in Pillar VP, Muller SC, Castilhos ZMS, Jacques AVA (Eds.), Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. MMA, Brasília.
- Paglia AP, Fonseca GAB, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, Leite YLR, Costa LP, Siciliano S, Kierulff MCM, Mendes SL, Tavares VC, Mittermeier RA, Patton JL. 2012. Annotated Checklist of Brazilian Mammals. *Occasional Papers in Conservation Biology* 6: 1-76.
- Pereira LG, Geise L. 2009. Non-flying mammals of Chapada Diamantina (Bahia, Brazil). *Biota Neotropica* 9: 185-196.
- Pearson RG, Thuiller W, Araújo MB, Martínez-Meyer E, Brotons L, McClean C, Miles L, Segurado P, Dawson TP, Lees DC. 2006. Model-based uncertainty in species range prediction. *Journal of Biogeography* 33: 1704-1711.
- Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Peterson AT. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Phillips SJ, Dudík M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.



- Queirolo D. 2009. Diversidade e padrões de distribuição de mamíferos dos Pampas do Uruguai e Brasil. Tese de Doutorado em Ciências (Ecologia), Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.
- R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from: www.R-project.org.
- Raxworthy CJ, Martinez-Meyer E, Horning N, Nussbaum RA, Schneider GE, Ortega-Huerta MA, Peterson AT. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature* 426: 837-841.
- Redford KH, Eisenberg JF. 1992. Mammals of the Neotropics: the southern cone – Chile, Argentina, Uruguai, Paraguai. The University of Chicago Press, Chicago.
- Ribeiro P, Sánchez-Lalinde C, Vélez-García F, Schiavetti A, Alvarez MR. 2013. Novo Registro de *Cabassous tatouay* Desmarest, 1804 para a Mata Atlântica da Bahia, Brasil. *Edentata* 14: 74-77.
- Roman C, Weber MM. 2013. Os mamíferos do Rio Grande do Sul: características, ecologia e status do conhecimento no estado. Pp. 31-44, in Weber MM, Roman C, Cáceres NC (Eds.), *Mamíferos do Rio Grande do Sul*. Editora Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Schipper J, Chanson JS, Chiozza F, Cox NA, Hoffmann M, Katariya V, Lamoreux J, Rodrigues ASL, Stuart SN, Temple HJ, Baillie J, Boitani L, Lacher Jr TE, Mittermeier RA, Smith AT, Absolon D, Aguiar JM, Amori G, Bakkour N, Baldi R, Berridge RJ, Bielby J, Black PA, Blanc JJ, Brooks TM, Burton JA, Butynski TM, Catullo G, Chapman R, Cokeliss Z, Collen B, Conroy J, Cooke JG, Fonseca GAB, Derocher AE, Dublin HT, Duckworth JW, Emmons L, Emslie RH, Festa-Bianchet M, Foster M, Foster S, Garshelis DL, Gates C, Gimenez-Dixon M, Gonzalez S, Gonzalez-Maya JF, Good TC, Hammerson G, Hammond PS, Happold D, Happold M, Hare J, Harris RB, Hawkins CE, Haywood M, Heaney LR, Hedges S, Helgen KM, Hilton-Taylor C, Hussain SA, Ishii N, Jefferson TA, Jenkins RKB, Johnston CH, Keith M, Kingdon J, Knox DH, Kovacs KM, Langhammer P, Leus K, Lewison R, Lichtenstein G, Lowry LF, Macavoy Z, Mace GM, Mallon DP, Masi M, McKnight MW, Medellín RA, Medici P, Mills G, Moehliman PD, Molur S, Mora A, Nowell K, Oates JF, Olech W, Oliver WRL, Oprea M, Patterson BD, Perrin WF, Polidoro BA, Pollock C, Powell A, Protas Y, Racey P, Ragle J, Ramani P, Rathbun G, Reeves RR, Reilly SB, Reynolds III JE, Rondinini C, Rosell-Ambal RG, Rulli M, Rylands AB, Savini S, Schank CJ, Sechrest W, Self-Sullivan C, Shoemaker A, Sillero-Zubiri C, Silva N, Smith DE, Srinivasulu C, Stephenson PJ, van Strien N, Talukdar BK, Taylor BL, Timmins R, Tirira DG, Tognelli MF, Tsytulina K, Veiga LM, Vié J, Williamson EA, Wyatt SA, Xie Y, Young BE. 2008. The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. *Science* 322: 225-230.
- Teixeira TSM, Weber MM, Dias D, Lorini ML, Esberárd CEL, Novaes RLM, Cerqueira R, Vale MM. 2014. Combining environmental suitability and habitat connectivity to map rare or Data Deficient species in the Tropics. *Journal for Nature Conservation* 22: 384-390.
- Thorn J, Nijman V, Smith D, Nekaris K. 2009. Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (Primates: *Nycticebus*). *Diversity and Distribution* 15: 289-298.
- Tôrres NM, De Marco Jr. P, Santos P, Silveira L, Jácomo ATA, Diniz-Filho JAF. 2012. Can species distribution modelling provide estimates of population densities? A case study with jaguars in the Neotropics. *Diversity and Distribution* 18: 615-627.
- Ubaid FK, Mendonça LS, Maffei F. 2010. Contribuição ao conhecimento da distribuição geográfica do tatu-de-rabo-mole-grande *Cabassous tatouay* no Brasil: revisão, status e comentários sobre a espécie. *Edentata* 11: 22-28.
- Weber MM, Grelle CEV. 2012. Does environmental suitability explain the relative abundance of the tailed tailless bat, *Anoura caudifer*? *Natureza & Conservação* 10: 221-227.
- Wetzel RM. 1980. Revision of the naked-tailed armadillos, genus *Cabassous* McMurtrie. *Annals of the Carnegie Museum of Natural History* 49: 323-357.
- Wetzel RM, Gardner AL, Redford KH, Eisenberg JF. 2007. Order Cingulata Illiger, 1811. Pp. 128-157, in Gardner AL (Ed.), *Mammals of South America, Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats*. University of Chicago Press, Chicago.

Submetido em 22/junho/2015

Aceito em 28/agosto/2015

INFORMAÇÃO SUPLEMENTAR ON-LINE

As informações suplementares a seguir estão disponíveis on-line para este artigo.



Sobre a Insolubilidade do Problema dos Conceitos de Espécies

Gabriel Marroig¹

¹ Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Genética e Biologia Evolutiva. Rua do Matão, 277, Butantã, CEP 05508-090, São Paulo, SP, Brasil.

"This ambiguity arises because evolution is a historical process, and the grouping of organisms into species always depends to some extent upon expectations of the future behavior of those organisms and their descendants, expectations that cannot be evaluated in the present. The existence and special character of the species problem is itself on of the central pieces of evidence for the fact of evolution" Robert J. O'Hara 1994

O que é uma espécie? A resposta a essa pergunta, aparentemente simples, influencia toda a nossa compreensão da diversidade biológica com implicações para a sistemática e como um corolário para todas as outras áreas da biologia, da conservação até a biologia celular. Sendo um produto da evolução gerando diversidade via o processo de especiação, a resposta a ela também se encontra na base de como ordenamos e classificamos a diversidade biológica. Em outras palavras, um processo contínuo de diversificação (evolução) produz descontinuidades na natureza a qual chamamos de espécies. No entanto, o que parece uma questão simples, "O que é uma espécie?", na verdade se revelou como uma das questões mais complicadas e debatidas dentro da biologia ao longo do século 20. Muito papel foi gasto na história da biologia para responder a esta simples pergunta, com mais de 50 conceitos postulados e defendidos na biologia moderna (pelo menos a última vez que parei para contar), o que por si só sugere que pode haver algo de errado na própria questão ou na natureza do fenômeno que queremos descrever e talvez não nas suas respostas.

Aqui, vamos olhar do ponto de vista teórico esta questão e tentar responde-la ou ao menos apresentar um conjunto de conceitos de espécies representativos e utilizados na biologia moderna. Outro lado da questão seria a prática de identificar espécies na natureza, mas aqui não há controvérsias, ao menos não sobre procedimentos, embora casos específicos possam ser bastante controversos. Na prática, buscamos descontinuidades na natureza tomando cuidado para separar descontinuidades entre espécies da variação intraespecífica que pode ter origem sexual (dimorfismo sexual por exemplo, tão comum em passarinhos), populacional (variação geográfica existente entre populações componentes de uma espécie, por exemplo) e ontogenética (variação decorrente do desenvolvimento dos organismos, produzindo diferenças entre indivíduos de idades diferentes). Em outras palavras, as espécies são reconhecidas na natureza em termos de caracteres morfológicos facilmente identificáveis, confiáveis e consistentes, ou seja, todos os organismos daquela espécie apresentam aquele

estado do caráter ou estão contidos dentro de uma certa amplitude de variação. Se um grupo de organismos difere de outros organismos fora dessa amplitude, este será considerado uma espécie. Também não iremos detalhar a parte prática pois a morfologia de cada grupo é estudada através de métodos particulares. No entanto, o próprio exame dos conceitos deverá lançar alguma luz sobre como os biólogos modernos reconhecem "espécies" na natureza e por que esta questão tem sido tão debatida e aparentemente longe de haver um consenso.

Conceitos de espécies

Conceito tipológico – Este é um conceito historicamente importante, mas com aplicação bastante restrita na biologia moderna, apenas em áreas como a microbiologia, e sem espaço em discussão atuais sobre conceitos de espécies. Ele remonta a Platão, sendo baseado na noção de que toda a diversidade observada no universo reflete a existência de um número limitado de "universais", ou tipos básicos. Esta filosofia Platônica "essencialista" foi profundamente influente no pensamento da humanidade. Por ela, indivíduos componentes de uma espécie não têm relação especial entre si, são meras expressões do mesmo tipo, essência ou ideia (*eidós*) existente no plano metafísico das ideias. A variação é o resultado de manifestações imperfeitas da ideia implícita de cada espécie. Logo, a variação não é importante, são meras sombras projetadas na parede de uma caverna e o que nos importa é procurar o que estas sombras têm em comum e o que podem nos dizer sobre a ideia ou tipo verdadeiro e perfeito existente no plano metafísico. A presença da "essência" é inferida pela similaridade e para o essencialista a semelhança é o critério de espécie. Se este conceito fosse aplicado hoje, ignorando as fontes de variação discutidas acima, o que você acha que ocorreria com espécies apresentando dimorfismo sexual bem marcado? Se um sexo fosse preto com a cara amarela (como nos macacos parauacus) e o outro preto salpicado de branco pelo corpo e com o peito amarelo, seriam eles classificados como a mesma espécie? Não, e de fato Lineu errou



inúmeras vezes ao utilizar o conceito tipológico criando espécies diferentes para os dois sexos de diversos pássaros e macacos da região Neotropical. Outro aspecto interessante a ser notado é que, por este conceito, tudo que poderíamos fazer é estimar a média dos caracteres, e isto se aproximaria ao tipo ideal. Cabe notar que, embora seja um conceito quase sem aplicação na biologia moderna, a filosofia Platônica foi profundamente influente no pensamento da humanidade e ainda hoje apresenta reflexos em como enxergamos o mundo. Ela foi incorporada quando do surgimento da teologia cristã na grande cadeia dos seres ou “scala naturae” e, como tal, teve um efeito pervasivo em como percebemos a natureza. Na grande cadeia dos seres, a ideia é que Deus teria criado todas as formas de vida e estas permanecem imutáveis. Desta forma, o tipo ideal era a ideia original na mente de Deus e suas manifestações materiais seriam apenas aproximações imperfeitas desta ideia. Além disso, a vida estava organizada dos seres mais simples aos mais complexos em uma escada na qual cada degrau se aproximaria do criador. Assim, sairíamos de seres unicelulares, passando por multicelulares, chegando aos vertebrados, dentro dos vertebrados os peixes, depois os anfíbios, répteis, aves, mamíferos, dentro dos mamíferos os primatas estariam no topo até chegar ao homem e então nos anjos e arcanjos. Uma das consequências destas ideias, mesmo que tendo sido abandonadas do ponto de vista científico após a revolução mecanicista de Darwin-Freud-Marx, é que ainda hoje o homem tende a enxergar a natureza como seu quintal, onde as outras espécies estão aqui para nos servir e prover. Quando traçamos a origem deste pensamento para trás como em um fio de um novelo, isto deriva diretamente de Platão e da grande cadeia dos seres.

Conceito nominalista – Pelo conceito nominalista não existem universais ou tipos. Existem apenas os indivíduos e as espécies são abstrações da mente humana. Este ponto de vista foi expresso com particular vigor em 1908 por Bessey: “A natureza produz apenas indivíduos...as espécies não têm existência real na natureza. São conceitos mentais e nada mais...as espécies foram inventadas para se poder referir coletivamente a um grande número de indivíduos”. Embora este conceito tenha importância histórica, ele é apresentado aqui apenas como referência à evolução das ideias sobre o tema. Quase nenhum biólogo moderno considera seriamente este conceito, sendo indefensável sob vários pontos de vista. Embora atrativo, pois nos livraríamos do chamado “problema das espécies”, este conceito colapsa rapidamente quando pensamos em propriedades que usualmente definem as espécies dado o nosso estado da arte. Vamos tomar um exemplo hipotético baseado em apenas uma propriedade importante da vida: a capacidade de se reproduzir. Imaginem um casal de humanos que por qualquer razão esteja aberto a tentar a reprodução com indivíduos de chimpanzé. Mesmo que esta reprodução seja tentada, não haveria consequências materiais já que nenhum novo indivíduo seria produzido por este evento de cópula. Chimpanzés e humanos

já divergiram até um grau tal aonde a reprodução entre estas linhagens é impossível. Ora, pelo conceito nominalista as espécies não existem e sim os indivíduos apenas. Logo, deveríamos viver em um contínuo de vida o que claramente não corresponde a realidade de como a vida se manifesta em nosso planeta; espécies são geralmente descontinuidades ou pacotes coesos fenotipicamente (apresentam uma variação distinta de outra espécie), seja nos seus padrões de trocas gênicas (fluxo gênico), seja em caracteres fenotípicos diagnósticos.

De agora em diante passaremos a discutir os conceitos atuais de espécie. Todos eles partem de um princípio fundamental, de que as espécies têm uma existência real na natureza. Antes de entrarmos nos conceitos modernos, é útil pensarmos em termos de tempo e espaço. Muitos conceitos enfatizam aspectos na sua definição que podem ser chamados de horizontais. Se imaginarmos que a vida de uma linhagem seja um salame, cada fatia deste salame representaria um intervalo de tempo em particular ao longo da existência daquela linhagem. Conceitos horizontais costumam focar em aspectos que podem ser observados em uma fatia de tempo, usualmente no presente, e portanto dão uma ênfase maior a aspectos espaciais como propriedades ecológicas ou reprodutivas/genéticas das espécies. Por outro lado, temos conceitos verticais que em geral enfatizam aspectos na sua definição que são relacionados ao tempo, como por exemplo uma sequência de populações ancestrais e descendentes.

Conceito de isolamento reprodutivo (biológico) – Conhecido como “biológico” por ser aplicável apenas a biologia (o conceito tipológico, por exemplo, pode ser aplicado a cadeiras, mesas, planetas, assim como na biologia), este conceito deve ser referido mais propriamente como de isolamento reprodutivo. Popularizado por Mayr e Dobzhansky, dois grandes arquitetos da síntese evolutiva moderna, diz que: “espécies são grupos de populações naturais reais ou potencialmente intercruzantes, isoladas reprodutivamente de grupos similares” (Mayr, 1963). Este é o conceito predominante na biologia, sendo a ortodoxia vigente, apesar de várias críticas a ele. Ele enfatiza o fato de que a espécie consiste de populações, são reais e têm uma coesão interna devido ao programa genético, historicamente desenvolvido, compartilhado por todos os indivíduos que a compõem. Repare que, por este conceito, um único mecanismo evolutivo está sendo considerado, o fluxo gênico. Os membros de uma espécie constituem:

- uma comunidade reprodutiva: indivíduos respondem entre si como cônjuges potenciais e procuram uns aos outros com finalidade reprodutiva.
- unidade ecológica: independentemente dos indivíduos que a compõem, interagem com outras espécies com a qual dividem o ambiente como uma unidade.
- unidade genética: consiste de um grande patrimônio gênico em intercomunicação, enquanto indivíduos carregam apenas uma pequena porção do conteúdo total do patrimônio genético.

**Tabela 1:** Classificação dos mecanismos de isolamento reprodutivo nos animais (Mayr, 1993).

1. Mecanismos pré-copulatórios: impedem cruzamentos inter-específicos
a. Parceiros em potencial não se encontram (isolamento sazonal ou de habitat)
b. Parceiros em potencial encontram-se, mas não copulam (isolamento etológico)
c. A cópula é tentada, mas não há transferência de espermatozoides (isolamento mecânico)
2. Mecanismos pós-copulatórios: reduzem o completo sucesso dos cruzamentos inter-específicos
<i>Pré-zigóticos</i>
a. A transferência de espermatozoides ocorre, mas o ovo não é fertilizado (mortalidade gamética, incompatibilidade, etc.)
<i>Pós-zigóticos</i>
b. O ovo é fertilizado, mas o zigoto morre (mortalidade zigótica por incompatibilidade de cariótipos, etc.)
c. O zigoto produz uma F1 de híbridos inviáveis ou com viabilidade reduzida (inviabilidade do híbrido)
d. Os zigotos dos híbridos da F1 são completamente viáveis, mas parcial ou completamente estéreis ou ainda produzem uma F2 deficiente (esterilidade do híbrido)

Por este conceito existem adaptações que funcionam como mecanismos de isolamento impedindo o fluxo gênico interespecífico (Tabela 1).

Desta forma, pelo conceito de isolamento, as espécies são definidas por estarem isoladas reprodutivamente de outros grupos similares. Esta foi, e ainda é, uma ideia poderosa e que corresponde ao reconhecimento do papel fundamental que o fluxo gênico tem em manter populações, que trocam genes, relativamente homogêneas no genoma inteiro, a não ser que seja contraposto por seleção natural e/ou deriva genética.

Conceito de reconhecimento (Paterson, 1985) – Espécies são definidas como a população mais inclusiva (no sentido de conjunto mais abrangente) de organismos individuais bi-parentais que compartilham um sistema de fertilização comum. Paterson (1985) percebeu que isolamento é irrelevante para entender a especiação, particularmente quando esta se dá em alopatria, ou seja, populações disjuntas, separadas no espaço geográfico. O que importa são os mecanismos de fertilização que garantem a fecundação e a reprodução intraespecífica. Basicamente este é o outro lado da moeda do conceito de isolamento e, ao invés de procurarmos adaptações que impedem o fluxo gênico entre espécies diferentes, passamos a olhar estas adaptações como mecanismos que facilitam a troca gênica entre indivíduos de uma mesma espécie. Por exemplo, rituais de corte e sinais de acasalamento têm outras funções que apenas impedir o fluxo gênico entre espécies distintas: eles podem funcionar na supressão do escape ou do comportamento agressivo no animal cortejado, podem atuar na sincronização das atividades reprodutivas, persuadir o parceiro em potencial a continuar a corte, a coordenação no tempo e espaço dos padrões de acasalamento, a orientação dos parceiros para a cópula e, finalmente, a fertilização em si. Um ótimo exemplo são os lagartos *Cnemidophorus uniparens*, espécie que é totalmente constituída de fêmeas que se reproduzem de forma assexuada via partenogênese. Nestes lagartos, inseminação e isolamento pré-zigótico são totalmente irrelevantes, já que a reprodução é estritamente partenogenética. No entanto, as fêmeas mostram um comportamento elaborado de corte que é similar ao comportamento de machos em espécies proximamente relacionadas. Estes comportamentos servem como gatilhos neuroendócrinos que coordenam

Marroig, G.: Conceitos de espécies

os eventos reprodutivos. Obviamente o comportamento de corte nestes lagartos facilita a reprodução, mas o isolamento reprodutivo é totalmente irrelevante. Por outro lado, este mesmo exemplo ilustra uma deficiência na formulação do conceito original de reconhecimento por parte de Patterson. Em *Cnemidophorus uniparens*, a fertilização é absolutamente irrelevante já que a reprodução é assexuada. Assim, a ideia deste conceito deveria ter sido expandida para agrupar partes do ciclo de vida envolvidos na reprodução mesmo em organismos assexuados.

Conceito evolutivo – “Uma espécie é uma linhagem (uma sequência de organismos ancestrais e descendentes) evoluindo separadamente de outras e com suas próprias tendências e papel evolutivo” (Simpson, 1961). “Uma espécie é uma linhagem única de populações de organismos ancestrais e descendentes que mantêm sua identidade em relação a outras linhagens similares e que tem suas próprias tendências evolutivas e destino histórico” (Wiley, 1978). Este conceito tem a vantagem de se aplicar a todo espectro da vida e não apenas aos organismos de reprodução sexuada como os conceitos baseados no fluxo gênico. Além disso, pode ser aplicado a grupos vivos ou extintos. É um conceito próximo ao critério operacional utilizado por taxonomistas e paleontólogos: coesão fenotípica dentro de um grupo de organismos versus descontinuidade fenotípica entre grupos. Este é um conceito claramente vertical no qual a dimensão temporal está diretamente incorporada na definição como uma sequência de populações ancestrais e descendentes.

Conceito ecológico – “Uma espécie é uma linhagem que ocupa uma zona adaptativa minimamente diferente de qualquer outra linhagem em sua distribuição e que evolui separadamente de todas as outras linhagens fora desta distribuição” (Van Valen, 1976). Em outras palavras, o que Van Valen fez, em uma época em que todos pareciam estar apenas preocupados com o fluxo gênico para definir espécies, foi levantar a questão de que a seleção natural pode ser responsável por manter uma espécie separada da outra, já que cada uma ocupa uma zona adaptativa diferente das outras. Você pode imaginar uma zona adaptativa quase como um nicho ecológico, sendo a combinação de todas as variáveis ambientais



sob as quais uma espécie ou população pode persistir. As duas definições não são idênticas já que o nicho só existe com a existência da própria espécie, enquanto a zona adaptativa não depende da existência de uma espécie para ser definida. Mas, para nossa discussão aqui, esta é uma aproximação razoável. O ponto mais importante aqui é pensarmos no porque este conceito é importante o suficiente para ser apresentado no meio de tantas outras opções? A razão para tal é que Van Valen, em uma época na qual todos consideravam o fluxo gênico como o fator único responsável pela separação das espécies (viz. conceito de isolamento), colocou a seleção natural como um agente fundamental na criação e manutenção destes pacotes coesos de populações/variações aos quais chamamos de espécies. Van Valen mostra o quanto é comum na natureza exemplos de espécies nas quais o campo de recombinação genética é maior do que as linhagens evolutivas. Este tema será abordado logo abaixo na seção “muito sexo” mas neste ponto vale salientar a lógica por trás de ambos os pontos de vista: fluxo gênico e seleção natural.

Fluxo gênico é visto como uma força extremamente poderosa, pois atua no genoma inteiro e assim populações trocando migrantes tendem a homogeneizar as frequências dos alelos e as diferenças tendem a desaparecer. Mesmo um fluxo baixo da ordem de 1% por geração é capaz de homogeneizar populações rapidamente ou ao menos mantê-las muito parecidas. Desta forma, a lógica por trás do conceito de isolamento é sólida, já que fluxo gênico entre populações de uma mesma espécie deveria levar à sua homogeneização. O problema é que este raciocínio parte da premissa que o fluxo não está sendo contraposto por outras forças, como a seleção natural que mesmo fraca, é capaz de levar a diferenciação entre populações e espécies. Assim, mesmo na presença de fluxo gênico, diferenças naqueles genes subjacentes a caracteres que estão correlacionados com a aptidão irão se acumular entre linhagens (populações ou espécies). Assim, Van Valen não apenas foi contra a ortodoxia vigente na época, mas também identificou propriamente um agente fundamental na manutenção das diferenças entre espécies.

Conceito de coesão – “Uma espécie é a população mais inclusiva de indivíduos que tem o potencial para a coesão fenotípica através de mecanismos intrínsecos de coesão” (Templeton, 1989). Que mecanismos de coesão são estes? Alan Templeton é um geneticista de populações e, para ele, o principal objetivo do conceito de coesão é lançar alguma luz sobre o processo de especiação. Sendo assim, ele incorporou ao seu conceito os mecanismos evolutivos da genética de populações: fluxo gênico, seleção natural e deriva genética. Já discutimos o papel do fluxo gênico em manter uma espécie (e sua coesão fenotípica) nos conceitos de isolamento e de reconhecimento. Fluxo gênico, neste sentido, pode ser visto tanto de uma forma negativa (como no conceito de isolamento), ao impedir ou reduzir ao mínimo a troca de material genético entre populações de espécies diferentes, como de uma forma positiva (como no de reconhecimento),

se o encaramos como mecanismos (adaptações) facilitando a troca de material genético e reprodução entre indivíduos de uma mesma espécie. O papel da seleção também já foi parcialmente discutido no conceito ecológico de espécie. Outra perspectiva sobre a seleção como um mecanismo causando coesão fenotípica é pensar no seu papel de jogar parte da variação genética fora e, ao mesmo tempo, manter certas variantes genéticas na população. Ao fazer isto, a seleção está estabelecendo relações de ancestralidade-descendência entre genes (e os indivíduos que os carregam) e, portanto, determinando a coesão fenotípica das espécies. Pensem por exemplo em espécies assexuadas, elas não existem? Claro que não, espécies assexuadas têm uma existência tão real quanto as sexuadas e seleção deve ter um papel fundamental ao manter sua coesão (já que obviamente o fluxo gênico não o faz!). Deriva genética também estabelece relações de ancestrais-descendentes entre alelos ao descartar ao acaso, ao longo do tempo, parte desses alelos constituindo uma população, enquanto outros aumentam em frequência até serem fixados. O conceito de coesão evita então dois grandes problemas que os conceitos baseados apenas em fluxo gênico compartilham entre si: Muito sexo e pouco sexo!

Pouco sexo – Os conceitos reprodutivos discutidos acima (isolamento e reconhecimento) não se aplicam a boa parte da diversidade da vida, ou seja, todos aqueles organismos que apresentam reprodução assexuada. Não existem espécies assexuadas? Já vimos acima que sim. Em rotíferos, por exemplo, as espécies assexuadas são até mais bem delimitadas que as sexuadas. Em organismos assexuados, portanto, outras forças devem estar mantendo a coesão fenotípica observada e estas forças devem ser a seleção natural e a deriva genética atuando no sentido de estabelecer relações de ancestralidade-descendência. Ambos os mecanismos fazem isto ao jogar fora parte das variantes genéticas e guardar outra parte que assim passa a ser mais representada na população deixando mais cópias delas mesmas, seja ao acaso, como na deriva, seja por serem favorecidas por seleção.

Muito sexo – Isto se refere ao fato de que diversas espécies, particularmente em grupos mais complexos em termos de organização, como os mamíferos e as plantas com flores, frequentemente apresentam as linhagens divididas em “singameons”, que são grupos de espécies proximamente relacionadas que ainda têm a capacidade de trocar genes na natureza, mas que se comportam como unidades evolutivas independentes. Diversos exemplos são conhecidos. Por exemplo, duas espécies de árvores norte-americanas aparentadas ao salgueiro, ambas do gênero *Populus* (conhecidas como “poplars” e “cottonwoods”), ainda hoje apresentam zonas híbridas no encontro das respectivas distribuições. No entanto, o registro fóssil mostra que elas continuaram distintas por cerca de 12 milhões de anos a despeito da hibridação durante todo este período. Muito embora os híbridos até sejam espacialmente dispersos, férteis e antigos, estas duas espécies de árvores mantiveram e continuam



mantendo uma coesão fenotípica, genética e ecológica, se comportando como linhagens evolutivas distintas e separadas. O mesmo ocorre com diversas espécies de carvalhos (gênero *Quercus*) na América do Norte e na Europa. Este fenômeno não é restrito apenas às plantas. Lobos e coiotes são morfologicamente, ecologicamente e geneticamente distintos. Lobos caçam em bandos, têm uma estrutura familiar, são sociais e apresentam uma morfologia bem diferente da do coiote. Por outro lado, os coiotes são solitários no seu comportamento de caça e não podem ser confundidos de forma alguma com os lobos em termos de morfologia. Mas ainda hoje estas duas espécies são capazes de hibridar na natureza, sendo o híbrido fértil e viável. No entanto, apesar da troca de genes que já dura pelo menos 500.000 anos, lobos e coiotes, mesmo não satisfazendo o critério de isolamento, são de fato duas linhagens evolutivas independentes. Diversos outros exemplos existem como em *Drosophila heteroneura* e *D. silvestris* no Havaí e os saguis do leste brasileiro (*Callithrix* ou micos-estrela).

A ideia mais geral de espécie

Tendo examinado todos estes conceitos você pode estar esperando que agora ao final deste artigo um conceito maravilhoso de espécie possa ser formulado que vai dar conta de todas as situações possíveis discutidas acima. Bom, sinto informar que não. Todos os conceitos modernos discutidos acima são muito bons dentro de certo contexto e para certos organismos. Mas existe sim um ponto em comum a todos os conceitos acima. Esta ideia mais geral do que é uma espécie, está explícita ou implícita em cada um dos conceitos discutidos acima. Podemos chama-la de “conceito geral de linhagem” (de Queiroz, 1998) que, de uma forma muito simples, coloca que uma espécie é uma linhagem, ou seja, uma sequência temporal/espacial de populações ancestrais e descendentes. Isto fica óbvio em conceitos como o evolutivo, no qual esta ideia mais geral de espécie está incorporada diretamente na definição. No entanto, mesmo conceitos horizontais que aparentemente não parecem contemplar a ideia de linhagens evolutivas de forma implícita, o fazem. Vamos tomar o conceito de isolamento como exemplo. Nele as espécies são definidas por estarem isoladas reprodutivamente de outras espécies próximas com suas populações constituintes trocando genes. Ora, desta forma a espécie é um campo de recombinação gênica naquele momento no tempo ocupando uma certa área de distribuição. Se pensarmos que a cada momento no tempo isto está ocorrendo fica claro que o fluxo gênico irá estabelecer sequências de populações ancestrais e descendentes que compõe uma espécie no tempo e no espaço (ver de Queiroz, 1998).

Generalização sistemática e o problema das espécies

Robert O'Hara (1993) publicou um trabalho que considero revolucionário, e simples, sobre o “problema Marroig, G.: Conceitos de espécies

da espécie”. O'Hara faz uma analogia entre o processo de produção de mapas, conhecido como generalização cartográfica, e o processo de generalização sistemática pelo qual as espécies são reconhecidas na natureza. Na cartografia, tudo o que fazemos é simplificar a realidade para produzir um mapa que represente o espaço do mundo real de uma forma que seja útil para um propósito específico. Por exemplo, se você fosse um motorista de caminhão vindo do Sul do país e levando carga através da cidade de São Paulo para o Nordeste, você estaria interessado em saber quais são as vias de acesso principal a cidade e como fazer para entrar e sair de São Paulo pelo caminho mais rápido e curto. Você não teria praticamente interesse em saber quais são as linhas de metrô e suas estações. Portanto, um mapa rodoviário produzido com esta finalidade poderia muito bem não representar as linhas de metrô. Por outro lado, se você fosse um turista ou morador recém-chegado a cidade, certamente você precisaria de um mapa mostrando as estações de metrô. Ambos os mapas são representações razoáveis do mundo, mas mostram características diferentes do mesmo. Um mapa não é mais verdadeiro do que o outro. Na cartografia fazemos uma generalização do espaço, o mundo real é representado de uma forma simplificada em uma folha de papel, seja eliminando pontos e objetos ou apenas simplificando o contorno dos objetos.

No caso da biologia, o processo de generalização sistemática é análogo ao cartográfico, mas simplificamos o mundo a partir de uma dimensão temporal. Quando nossa narrativa é retrospectiva, não temos nenhum problema em representar a diversidade da vida em categorias superiores bem marcadas como gêneros, famílias, ordens etc. Os eventos evolutivos envolvidos na origem destes táxons superiores já estão tão distantes no tempo que não existe dúvida sobre as descontinuidades apresentadas. No entanto, quando nos aproximamos do nível hierárquico das espécies e populações, nossa narrativa evolutiva com frequência deixa de ser retrospectiva e passa a ser prospectiva. É fundamental ter isto em mente, de que as espécies são descontinuidades na natureza sendo produzidas por um processo contínuo de evolução. Assim, se pegamos espécies que ainda estão em *status nascendi* ou que ainda não completaram sua separação completa, podemos interpretar esta quebra como definitiva e sem volta. Mas dependendo do que virá a acontecer, das mudanças ambientais, como as disparadas em escalas centenárias ou milenares pelos ciclos climáticos de Milankovitch por exemplo, esta separação que nos parecia definitiva pode deixar de ser. Diferentes conceitos, com seus diferentes critérios para reconhecer as espécies e ênfases diferentes irão com frequência levar a diferentes previsões, gerando conflito e narrativas conflitantes. Isto não quer dizer que as espécies não tenham existência real, mas sim que somos narradores envolvidos em uma história que está acontecendo e que, portanto, não está totalmente determinada. Todos os conceitos de espécies discutidos acima são simplificações e aproximações a uma história que está acontecendo, sendo assim, baseados em julgamentos



de valor sobre as discontinuidades observadas na natureza, discontinuidades estas que podem ou não ser definitivas. Como o futuro é indeterminado, previsões feitas hoje baseadas nos fatos disponíveis (desde sequências de DNA até caracteres qualitativos e quantitativos da morfologia e comportamento) podem não se materializar no futuro. Portanto, todos os conceitos de espécies sofrem deste problema de “generalização sistemática” e, para que a questão seja resolvida, necessitamos primeiramente reconhecer a insolubilidade deste problema de representação temporal. Do meu ponto de vista, o reconhecimento das espécies e a sistemática se beneficiaria enormemente ao reconhecer o problema da generalização sistemática e, com isto, focar mais em uma volta à sistemática Simpsoniana como um estudo das formas e da diversidade dos organismos em sua totalidade, ou seja, suas relações ecológicas/genéticas dentro de um contexto espaço-temporal e não apenas, como parece ter sido o foco das últimas duas décadas, nas relações de parentesco entre linhagens. Isto não quer dizer adotar universalmente o conceito evolutivo de Simpson mas sim reconhecer que todos os conceitos de espécies sofrem, dada a natureza do fenômeno que estamos descrevendo (espécies e especiação), do problema da generalização sistemática e portanto nosso foco deveria estar em descrever os fenômenos/fatos relacionados as nossas tomadas de decisão taxonômicas a luz do conceito de espécies sendo usado e dentro de um contexto evolutivo que envolve não apenas as relações de parentesco entre linhagens/espécies mas também a totalidade e suas relações ecológicas que impulsionam a história das relações de parentesco.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a 3 revisores que ajudaram a corrigir erros, polir e preparar este manuscrito para publicação final. Qualquer erro restante seja de forma, conteúdo ou opinião é claro de minha única e inteira responsabilidade e não dos revisores. A FAPESP por financiar o “laboratório de evolução de mamíferos” através do projeto temático 2011/14295-7.

REFERÊNCIAS

- Mayr E. 1963. *Animal Species and Evolution*. Harvard University Press, Cambridge.
- O'Hara RJ. 1993. Systematic generalization, historical fate, and the species problem. *Systematic Biology* 42(3): 231-246.
- O'Hara RJ. 1994. Evolutionary history and the species problem. *American Zoologist* 34: 12-22.
- Paterson HEH. 1985. The recognition concept of species. Pp. 21-29, in Vrba ES (Ed.), *Species and Speciation*. Transvaal Museum Monograph 4, Pretoria.
- Queiroz K. 1998. The general lineage concept of species, species criteria, and the process of speciation: a conceptual unification and recommendations. Pp. 57-78, in Howard DJ, Berlocher SH (Eds.), *Endless Forms – Species and Speciation*. Oxford University Press, Oxford.
- Simpson GG. 1961. *The principles of animal taxonomy*. Columbia University Press, New York.
- Templeton AR. 1989. The meaning of species and speciation: a genetic perspective. Pp. 3-27, in Otte D, Endler JA (Eds.), *Speciation and its Consequences*. Sinauer, Sunderland.
- Van Valen L. 1976 Ecological species, multispecies, and oaks. *Taxon* 25: 233-239.
- Wiley EO. 1978. The evolutionary species concept reconsidered. *Systematic Zoology* 27:17-26

Submetido em 25/março/2015

Aceito em 12/junho/2015



O estado da arte de *Marmosops incanus* (Lund, 1840) (Didelphimorphia, Didelphidae): uma síntese

Ana Carolina Bezerra^{1,*} & Lena Geise¹

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes (IBRAG), Departamento de Zoologia, Laboratório de Mastozootologia, Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha. Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, CEP 20550-900, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

* Autor correspondente: anacarolinabezerras@gmail.com

Resumo: Este ensaio propõe-se a recapitular e abordar, sumariamente, os principais temas do conhecimento que se tem disponível atualmente sobre esta espécie de marsupial neotropical que é endêmica ao Brasil e uma das duas únicas do gênero que ocorrem no leste do Brasil: *Marmosops incanus*. Além de introduzir feições mais elementares acerca da espécie e discorrer sobre o seu histórico taxonômico e parte da sua sistemática, são levantados alguns aspectos morfológicos, genéticos, conservacionistas, ecológicos, de história natural e distribuição geográfica. Por fim, são apresentadas possíveis lacunas do conhecimento acerca deste táxon e sugeridas algumas perspectivas para o avanço do estudo de *M. incanus*.

Palavras-Chave: Caracterização Morfológica; Diversidade Genética; História Natural; Marsupial; Cuíca.

Abstract: State of the art of *Marmosops incanus* (Lund, 1840) (Didelphimorphia, Didelphidae): a synthesis. This essay proposes to recapitulate and approach, briefly, the main themes of knowledge that is currently available on this species of neotropical marsupial that is endemic to Brazil and one of the two of the genus that occur in eastern Brazil: *Marmosops incanus*. In addition to introducing the most basic features about the species and discuss its taxonomic history and part of its systematics, we raise some aspects of its morphology, genetics, conservation, ecology, natural history and geographical distribution. Finally, we present possible gaps in knowledge about this taxon and suggest some perspectives for advances in the study of *M. incanus*.

Key-Words: Morphological Characterization; Genetic Diversity; Natural History; Marsupial; Opossum.

APRESENTAÇÃO

Atualmente são reconhecidas 17 espécies no gênero *Marmosops*; destas, nove ocorrem em território brasileiro, das quais apenas duas são encontradas no sudeste do Brasil, uma delas, a espécie-tipo, *Marmosops incanus* (Lund, 1840) (Gardner & Creighton, 2008; Voss *et al.*, 2013; García *et al.*, 2014; Nascimento *et al.*, 2015). Popularmente conhecida como cuíca ou *gray slender opossum* (Paglia *et al.*, 2012), é uma espécie monotípica (Gardner & Creighton, 2008), que não possui holótipo e cuja localidade-tipo é 'Rio das Velhas, Lagoa Santa, MG, Brasil' (Wilson & Reeder, 2005). Segundo Tate (1933: 164-165), há apenas dois espécimes elegíveis para síntipos, uma vez que foram os únicos coletados por Lund; destes, o que possui material de pele e crânio seria a escolha mais razoável para lectótipo (Voss *et al.*, 2004).

TAXONOMIA E SISTEMÁTICA

Sinonímia

A seguir, a sinonímia da espécie (Gardner & Creighton, 2008: 69):

Bezerra, A.C. & Geise, L.: *Marmosops incanus*: estado da arte em síntese

[*Didelphis*] *incana* Lund, 1839b: 233; *nomen nudum*.
D[*idelphis*]. *incana* Lund, 1840a: 19 [1841b: 237]; localidade-tipo "Rio das Velhas", Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil.
Didelphys [(*Metachirus*)] *incana*: Burmeister, 1854: 137; combinação de nome.
Grymaeomys scapulatus Burmeister, 1856: 79; localidade-tipo "Minas Gerais", Brasil; restrito a Porto Alegre, Minas Gerais, por Matschie (1916: 271).
M[icoureus]. *incanus*: O. Thomas, 1894c: 186; combinação de nome.
M[armosa]. *incana*: O. Thomas, 1896b: 313; combinação de nome.
[*Didelphys* (*Marmosa*)] *scapanus* Trouessart, 1898: 1238; em sinonímia de *Didelphys* (*Marmosa*) *cinerea*; grafia subsequente incorreta de *scapulatus* Burmeister.
[*Didelphys* (*Marmosa*)] *incana*: Trouessart, 1898: 1241; combinação de nome.
[*Didelphis* (*Marmosops*)] *scapulata*: Matschie, 1916: 271; combinação de nome.
[*Marmosa* (*Marmosa*)] *incana*: Cabrera, 1919: 37; combinação de nome.
Marmosa incana bahiensis Tate, 1931: 8; localidade-tipo "Lamarão, Bahia, Brasil".



Marmosa scapulata: Tate, 1933: 167; combinação de nome.

M[armosops]. incanus: Gardner & Creighton, 1989: 4; primeiro uso da combinação atual do nome.

A seção Incana de Tate (1933)

Segundo Tate (1933), havia cinco grupos dentro do gênero *Marmosa*: *Cinerea*, *Murina*, *Microtarsus*, *Elegans* e *Noctivaga*. Este último grupo constituído de 10 espécies e 24 subespécies alocadas em três seções: *Noctivaga*, *Fuscata* e *Incana*. A seção *Incana* foi demarcada fora geograficamente do resto do grupo *Noctivaga*, sendo apenas conhecida no leste e sudeste do Brasil (Figura 1). Estes indivíduos apresentavam grande parte da região ventral inferior somente branca ou branco-amarelada, pelos dorsais acinzentados (acastanhados em *M. scapulata*) e orelhas de tamanho moderado a muito grande. O crânio era bastante estreito e, exceto em *M. scapulata*, carecia de cristas supraorbitais. Esta seção incluía duas espécies, *M. scapulata* e *M. incana*, esta última compreendendo três subespécies: *M. i. incana*, *M. i. bahiensis* e *M. i. paulensis*. A seguir, a chave de Tate (1933) para a seção *Incana*:

- (1) Cor marrom com partes inferiores brancas; regiões escapular e da garganta revestidas com pelos modificados eretos.....*scapulata*
Cor cinza a cinza-amarronzada com partes inferiores brancas; pelos da área escapular não modificados e os da garganta, às vezes, levemente enrijecidos..
..... *incana* (2)
- (2) Relativamente grande; orelhas muito grandes; pelos da garganta em machos adultos pouco modificados; fileiras curtas de dentes molares (M1-3: 6-6,1 mm) *incana incana*
Relativamente grande; orelhas muito grandes; pelos da garganta parecem ser ligeiramente não modificados; linhas de dentes molares maiores (M1-3: 6,3-6,5 mm) *incana bahiensis*
Menor; orelhas moderadas; pelos da garganta não modificados ou raramente ligeiramente modificados; linhas de dentes molares grandes (M1-3: 6,2-6,5 mm) *incana paulensis*

Os equívocos de Tate (1933) sobre a sua seção Incana

A partir dos padrões de pelagem (A, B e C) que identificaram para *M. incanus* (Tabela 1 e subseção 'Variação da pelagem' na seção 'MORFOMETRIA, MORFOLOGIA, VARIAÇÃO E DIFERENCIAÇÃO DE TÁXONS SIMILARES'), Oliveira *et al.* (1992) discutiram o *status* taxonômico das formas previamente incluídas na seção *Incana* de Tate (1933). Para eles, como a pelagem foi referência para o reconhecimento de três subespécies de *M. incana* por Tate (1933), estas eram inconsistentes e deveriam ser reavaliadas, uma vez que foram estabelecidas com base etária, e não em diferenças geográficas.

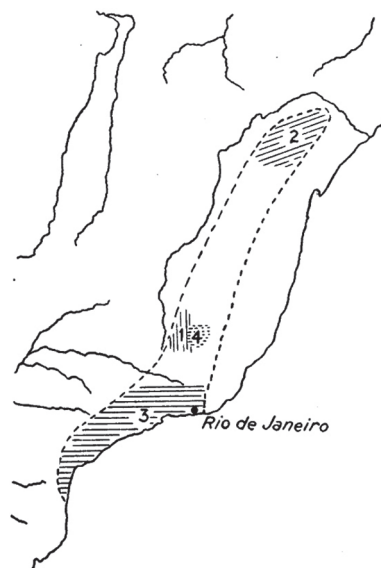


Figura 1: Áreas de distribuição dos táxons da seção *Incana* de Tate (1933), retirado do próprio trabalho. (1) *M. incana incana*; (2) *M. i. bahiensis*; (3) *M. i. paulensis*; (4) *M. scapulata*.

Tais autores identificaram que a pelagem escapular modificada, diagnóstica de *M. scapulata*, era, na verdade, a pelagem do macho adulto da seção *Incana* (tipo C) e, portanto, *Grymaeomys scapulatus* seria sinônimo-júnior subjetivo de *M. incana*. Tribe (1987) e Emmons & Feer (1990) já haviam suspeitado que o padrão dos machos adultos de *M. incana* e *M. scapulata* se tratasse de co-especificidade. Segundo Oliveira *et al.* (1992), o próprio Tate (1933) foi o primeiro a reconhecer a relação próxima entre estas duas espécies e complementam que, apesar de similaridades cranianas e de distribuição entre estes táxons, diferenças de pelagem o levaram a estabelecer duas espécies, o que pode ter ocorrido por causa de amostragem insuficiente.

Ambos os sexos de *M. i. paulensis* e os machos de *M. i. bahiensis* e *M. i. incana* apresentavam a pelagem A (Oliveira *et al.*, 1992), e as fêmeas destas duas últimas espécies, pelagem B. A partir da constatação de que *M. scapulata* seriam os machos adultos de *M. incana* e, assim, de todas as subespécies, admite-se automaticamente que os machos das três subespécies com pelagem A eram, na verdade, jovens/subadultos. Uma vez que a pelagem B foi identificada como de fêmeas adultas (Oliveira *et al.*, 1992), deduz-se que as fêmeas de *M. i. paulensis* eram, também, jovens/subadultas, e as de *M. i. bahiensis* e *M. i. incana*, adultas. Logo, configura-se o seguinte cenário para o conjunto amostral das três subespécies de Tate: todos os jovens possuíam pelagem, A, todas as fêmeas adultas, B, e todos os machos adultos, C. Não fosse pela distribuição geográfica bem delimitada para cada uma das subespécies, o fato deste padrão de distinção de pelagem entre jovens e adultos e entre machos e fêmeas maduros ser compartilhado por todas elas levantaria suspeitas sobre a monotopia da espécie.

O próprio Tate (1933: 163) admitiu que “devido à escassez de material e localidades de coleta, algum receio é sentido em separar as três subespécies de *M. incana*. No entanto, uma vez que os espécimes são



Tabela 1: Padrões de pelagem explicados pelos fatores idade, sexo e maturidade sexual, encontrados em *Marmosops incanus* por Oliveira *et al.* (1992), que atribuíram três estágios consecutivos de desgaste M1-M4, o primeiro sendo alocado à classe 6 e os últimos dois estágios, à classe 7 (7ⁱ e 7ⁱⁱ) de Tribe (1990). CID: classe(s) de idade dentária.

	TIPOS DE PELAGEM		
	A	B	C
Dorso	Homogêneo, brilhante, cinza-amarronzado, pelos macios e longos (8-12 mm de comprimento).	Homogêneo, opaco, cinza-amarronzado, pelos grossos e curtos (5-8 mm de comprimento).	Heterogêneo: 1) Região escapular: pelos bastante modificados, rijos e amarelados, com cerca de 5 mm de comprimento, se estendendo para trás, alcançando a região dorsal média em alguns espécimes; 2) Região interescapular: pelos curtos (4-9 mm de comprimento) e cinza-pálidos, com alguns pelos modificados misturados aos normais; 3) Restante do dorso: pelos similares aos da pelagem A, com 10-12 mm de comprimento.
Ventre	Pelos branco-marfim, longos e macios.	Pelos branco-marfim, curtos e grossos.	Pelos branco-marfim, longos e macios.
Garganta	Pelos modificados em poucos indivíduos de CID 6 e quase metade da CID 7; área muito menor em relação ao tipo C.	Sem modificações	Pelos modificados, similares aos da região escapular.
Sexo	Machos e fêmeas	Fêmeas	Machos
Classes de idade dentária	Todos das CID 3, 4 e 5, quase todos da CID 6 (ambos os sexos) e mais da metade dos machos da CID 7 ⁱ .	Poucas da CID 6 e todas das CID 7 ⁱ e 7 ⁱⁱ .	Pouquíssimos indivíduos da CID 6, quase metade dos da CID 7 ⁱ e todos da CID 7 ⁱⁱ .
Distribuição anual	Ao longo de todo o ano; mais frequente de jan-ago (pico em abr); decresce à medida que se aproxima do fim do ano.	Baixas frequências de jan-jul e frequências maiores de set-nov.	Raramente presente de fev-mai; frequência aumenta de jul em diante.
Maturidade sexual	Não	Sim	Sim
Observações	Exceções: 4 machos de CID 6 e 7 ⁱ com área bem pequena de pelos rijos modificados em ambos os lados do pescoço, próximo à região escapular.	Fêmea de CID 7 ⁱ com condição atípica de pelagem: ventre e metade anterior do dorso com pelagem B e metade posterior com pelagem A (padrão encontrado também em outro espécime fêmea, sem idade definida – só pele disponível).	Padrão mais conspícuo

facilmente reconhecidos e seus lugares de origem, em geral, podem ser determinados a partir de sua aparência, parece admissível distingui-los por nomes”. Além disso, afirmou que “embora anatomicamente distintas, as três estão intimamente ligadas, *M. i. incana* e *M. i. bahiensis* em particular; e coletas futuras podem revelar intergradação considerável entre elas.” (Tate, 1933: 164). Para esta similaridade entre *M. i. incana* e *M. i. bahiensis*, vale ressaltar o que foi dito na descrição desta segunda subespécie por Tate: (1) muito próxima a *M. i. incana*; e (2) crânio muito semelhante a *M. i. incana*. Para Musttrangi & Patton (1997), Tate (1933) examinou um pequeno número de espécimes de cuícas da Floresta Atlântica. De cinco localidades na Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Paraná, somente metade dos 32 indivíduos por ele listados foi medida. Tate (1933) não percebeu que *M. i. paulensis* representava uma outra espécie e que os caracteres que ele usou para diferenciar *M. i. bahiensis* de *M. i. incana* eram insuficientemente consistentes para justificar seu reconhecimento como duas subespécies (Musttrangi & Patton, 1997). Em comparações das três subespécies, apesar de Tate (1933) ter reconhecido caracteres diagnósticos verdadeiros (*e.g.*, coloração mais amarronzada, orelhas menores e bula bem inflada de *M. i. paulensis*), ele negligenciou alguns (*e.g.*, *M. i. paulensis* com linha conspícua de transição entre as

pelagens dorsal e ventral; *M. i. incana* e *M. i. bahiensis* com banda lateral de pelos de base-cinza) e interpretou mal outros (*e.g.*, variação ontogenética e sexual da pelagem; variação individual no comprimento da linha dos molares) (Musttrangi & Patton, 1997). Estes autores forneceram evidências para afirmar que *M. i. bahiensis* se trata de um sinônimo-júnior de *M. i. incanus*, enquanto que *M. i. paulensis* foi reconhecida como uma espécie separada.

Sistemática de *Marmosops* na Floresta Atlântica

Estudando amostras de populações de *Marmosops* da Floresta Atlântica, alocadas à espécie única *M. incanus* à época, Musttrangi & Patton (1997) expõem evidências tanto moleculares quanto morfológicas para a existência de duas espécies (*M. incanus* Lund e *M. paulensis* Tate) nesse bioma, respaldadas por quatro locais de simpatria. Foram observados dois clados altamente divergentes encontrados com base em sequências de citocromo b e caracteres morfológicos diagnósticos consistentes, apesar da morfologia similar (Figura 2).

Os haplótipos de *M. incanus* e de *M. paulensis* formam grupos monofiléticos com alto suporte, com valores de *bootstrap* de 91% e 100%, respectivamente. O

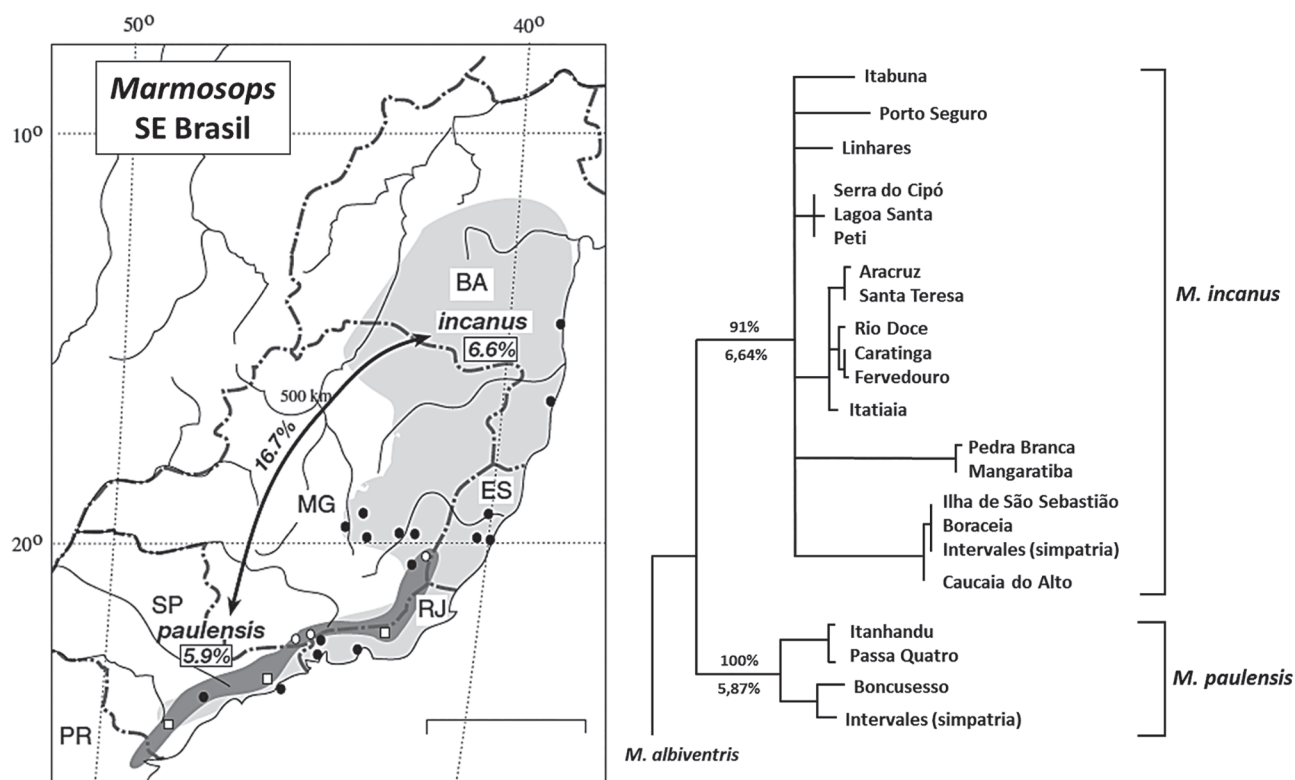


Figura 2: À esquerda: distribuição das espécies de *Marmosops* da Floresta Atlântica (*M. incanus* – círculos pretos; *M. paulensis* – círculos brancos; os quadrados representam as localidades de simpatria das duas espécies, que diferem por uma distância genética de 16,7% (Kimura 2 parâmetros)) Modificado de Patton & Costa (2003). À direita: Árvore consenso da regra de maioria resultante de análises de parcimônia representando as relações entre haplótipos de cit b dos 402 pb iniciais das sequências de *M. incanus* e *M. paulensis*. Valores de *bootstrap* são dados acima dos ramos basais de cada espécie e as distâncias médias de Kimura 2 parâmetros, abaixo. A árvore está enraizada por comparação com a sequência do andino *M. albiventris*. Modificado de Musttrangi & Patton (1997).

nível de divergência das sequências encontrado entre as espécies foi de 16,7%, em média (variação de 14-20%; Figura 2). Em Intervalos (Serra de Paranapiacaba, SP), onde ocorrem em simpatria, as espécies diferem por uma média de 17%. Este grau de divergência de sequência é maior do que comparações entre algumas espécies amazônicas de *Marmosops* que são simpátricas. Diversas comparações interespecíficas de diferenciação de sequências de cit b para vários marsupiais sul-americanos e dentro das famílias de roedores Muridae e Echimyidae são menores que o nível observado entre estas duas espécies (Smith & Patton, 1991, 1993; Silva & Patton, 1993; Patton *et al.*, 1994; Patton *et al.*, 1996). Assim, para Patton & Costa (2003), este nível de divergência genética sugere um longo período de independência evolutiva.

MORFOMETRIA, MORFOLOGIA, VARIAÇÃO E DIFERENCIAÇÃO DE TÁXONS SIMILARES

Morfometria e dimorfismo sexual

Marmosops incanus é um marsupial neotropical de tamanho pequeno (Zangrandi *et al.*, 2007), mas considerado um *mouse opossum* grande (Emmons & Feer, 1997). Os machos adultos (classes de idade 6 e 7 de Tribe, 1990; Tabela 2) variam no comprimento total do corpo de, aproximadamente, 270-430 mm e pesam de 25-140 g. As fêmeas variam no comprimento total do corpo de, aproximadamente, 240-360 mm e pesam entre 20-70 g. A cauda é longa, aproximadamente 1,5 vezes o comprimento cabeça-corpo, assim como nas outras espécies de *Marmosops*. Ela varia de 145-240 mm

Tabela 2: Classes de idade dentária propostas por Tyndale-Biscoe & Mackenzie (1976) e Tribe (1990) para *Didelphis marsupialis* e *Marmosops incanus*, respectivamente, com base na erupção, sequência de reposição e desgaste das cúspides dentárias. P: Pré-molar; M: Molar; 1-4: posição do pré-molar (1, 2 ou 3) ou do molar (1, 2, 3 ou 4), contada da região anterior para a posterior da arcada dentária; dP3: terceiro pré-molar decíduo.

CLASSES DE IDADE DENTÁRIA	ESTÁGIO DE ERUPÇÃO MOLAR		IDADE 1976
	1976	1990	
1	dP3M1	dP3M1	Jovem
2	dP3M2	dP3M2	Jovem
3	dP3M3(crescendo)	dP3M3(crescendo)	Jovem
4	P3(crescendo)M3(quase/totalmente crescido)	dP3M3(crescendo)/M4(surgindo)	Subadulto
5	P3(crescido)M4(surgindo/quase funcional)	dP3/P3(surgindo)M4(crescido)	Adulto
6	P3M4(pouco gasto)	P3(quase/totalmente crescido)M4(pouco gasto)	Adulto
7	P3M4(muito gasto)	P3M4(muito gasto)	Adulto



em machos e 140-220 mm em fêmeas. As orelhas são grandes, medindo em média mais de 25 mm em ambos os sexos (Mustringi & Patton, 1997).

Esta espécie tem sido relatada como sexualmente dimórfica, em tamanho e forma, com relação a caracteres morfológicos e morfométricos, externos e internos. Esses trabalhos mencionam a ocorrência de dimorfismo sexual (DS) de tamanho em *M. incanus* (Stallings, 1989; Lorini *et al.*, 1994; Mustringi & Patton, 1997; Macedo *et al.*, 2007; Schulz, 2011), onde machos excedem as fêmeas no comprimento e peso, em cerca de 14% e 20%, respectivamente (Fonseca & Kierulff, 1989). Para Fonseca & Kierulff (1989), uma vez que a reprodução está confinada a uma determinada estação, é possível que haja competição entre machos por fêmeas no estro, quando machos são maiores que as fêmeas. Machos maiores geralmente são associados a espécies poligínicas, nas quais machos competem fortemente por fêmeas (Ralls, 1976). Lutas por fêmeas no estro já foram observadas em *Didelphis marsupialis* (Austad & Sunquist, 1986), também sexualmente dimórfica com machos maiores que fêmeas. Dimorfismo sexual de tamanho já foi relatado para outros caracteres morfométricos externos, como comprimentos da cauda, patas posteriores e orelha, geralmente também com machos sendo maiores que fêmeas (Fonseca & Kierulff, 1989; Stallings, 1989; Mustringi & Patton, 1997; Schulz, 2011).

Dimorfismo sexual em medidas crânio-dentárias-mandibulares também já foi observado em *M. incanus*, onde machos foram significativamente maiores que fêmeas em quase todas elas (Mustringi & Patton, 1997; Pinheiro, 2003; Faria, 2008; Schulz, 2011). Além disso, Faria (2008) verificou que machos apresentam maior variação que fêmeas. Mustringi & Patton (1997) relataram que a variação em medidas cranianas é explicada, principalmente, por DS (62,3%). O DS no crânio e mandíbula não é homogêneo nos Didelphidae: 50-60% das espécies apresentam DS de tamanho e/ou forma significativo, sempre com machos maiores que fêmeas; *M. incanus* apresenta ambos os tipos de DS para as duas estruturas (Astúa, 2010).

Por fim, fêmeas tendem a ter um ventre de cor mais rosáceo e máscara facial menos pronunciada (P. Myers, *pers. comm.*) e há DS da pelagem entre adultos em *M. incanus* (Stallings, 1989; Oliveira *et al.*, 1992; Tabela 1 e subseção 'Variação da pelagem' na seção 'MORFOMETRIA, MORFOLOGIA, VARIAÇÃO E DIFERENCIAÇÃO DE TÁXONS SIMILARES').

Morfologia crânio-dentária e variação craniana de tamanho e forma

A fórmula dentária da espécie é: 5/4, 1/1, 3/3, 4/4 = 50 (*observação pessoal*). Enquanto na maioria dos didelídeos, p2 é mais alto do que p3, em *M. incanus*, p2 e p3 são quase iguais em altura, (Voss & Jansa, 2009; Figura 3). Os caninos superiores são grandes, especialmente nos machos (em média mais de 3 mm de comprimento; Figura 3). Estes podem se tornar extremamente

grandes em indivíduos velhos e de grandes tamanhos, atingindo até 4,5 mm. O rostro alongado resulta em linhas de dentes superiores quase paralelas, especialmente evidentes na série pré-molar (Figura 3). As linhas de dentes molares (M1-M4) têm aproximadamente 6,5-8 mm de comprimento (Mustringi & Patton, 1997).

Possui um crânio alongado e estreito, uma característica geral do gênero, acentuada nesta espécie, tendo o maior comprimento do crânio cerca de duas vezes a largura do zigomático (Mustringi & Patton, 1997; Figura 3A). *Marmosops incanus* têm ossos nasais uniformemente estreitos com margens laterais quase paralelas, em contraste aos nasais mais largos posteriormente, condição generalizada da maioria dos marsupiais (e metatérios extintos; Voss & Jansa, 2009), cujas margens posteriores são convergentes (Mustringi & Patton, 1997; Figura 3B). A região interorbital apresenta bordas quase paralelas (Figura 3C), sem processos pós-orbital (Figura 3D) e pré-maxilar (Figura 3E) e crista sagital não desenvolvida (Figura 3F) (Asfora, 2011; Voss & Jansa, 2009). A bula auditiva é mais arredondada que em outras espécies de *Marmosops*, mas ainda conspicuamente cônica (Figura 3G; Mustringi & Patton, 1997) e com escora presente (Figura 3H; Asfora, 2011).

Os forames incisivos são pequenos, com margem posterior não se estendendo além daquela do canino (Mustringi & Patton, 1997; Figura 3I). Uma fenestra na sutura esquamosal-parietal, que expõe a cápsula do petrosal que envolve os paraflóculos e os canais semicirculares, pode estar ausente (estado da maioria dos didelídeos) ou presente em *M. incanus* (Figura 3J), onde ambas as condições ocorrem como polimorfismos balanceados (nenhum dos estados predomina claramente; Voss & Jansa, 2009). Fenestras maxilares ausentes (Asfora, 2011). Fenestras maxilo-palatinas (Figura 3K) e palatinas (Figura 3L; aberturas separadas no palato posterior inteiramente contidas dentro dos ossos palatinos) presentes em adultos (Voss & Jansa, 2003). As fenestras palatinas são postero-laterais e postero-mediais; estas últimas, em geral grandes e numerosas, mas que variam em tamanho e forma, ocupam a maior parte da porção posterior do palato e tendem a aumentar com a idade (Mustringi & Patton, 1997).

Para Mustringi & Patton (1997), a variação morfométrica craniana em *M. incanus* é extensa, inclusive entre adultos. Apesar de haver uma tendência geral sutil, mas significativa, no aumento dos valores das variáveis morfométricas cranianas ao longo de um gradiente sul-norte, indicando variação geográfica, *M. incanus* consiste, em uma entidade morfológica uniforme, sem diferenciação geográfica substancial. O padrão de variação para caracteres individuais mensurados expressa, predominantemente, DS (62,3%) ou diferenças individuais (36,3%). Boa parte da variação individual está provavelmente associada ao crescimento contínuo do crânio mesmo depois de todos os dentes eclodirem (Mustringi & Patton, 1997).

Pinheiro (2003) encontrou grande variação morfológica intraespecífica significativa entre populações de um mesmo habitat e de habitats distintos. Dentro de

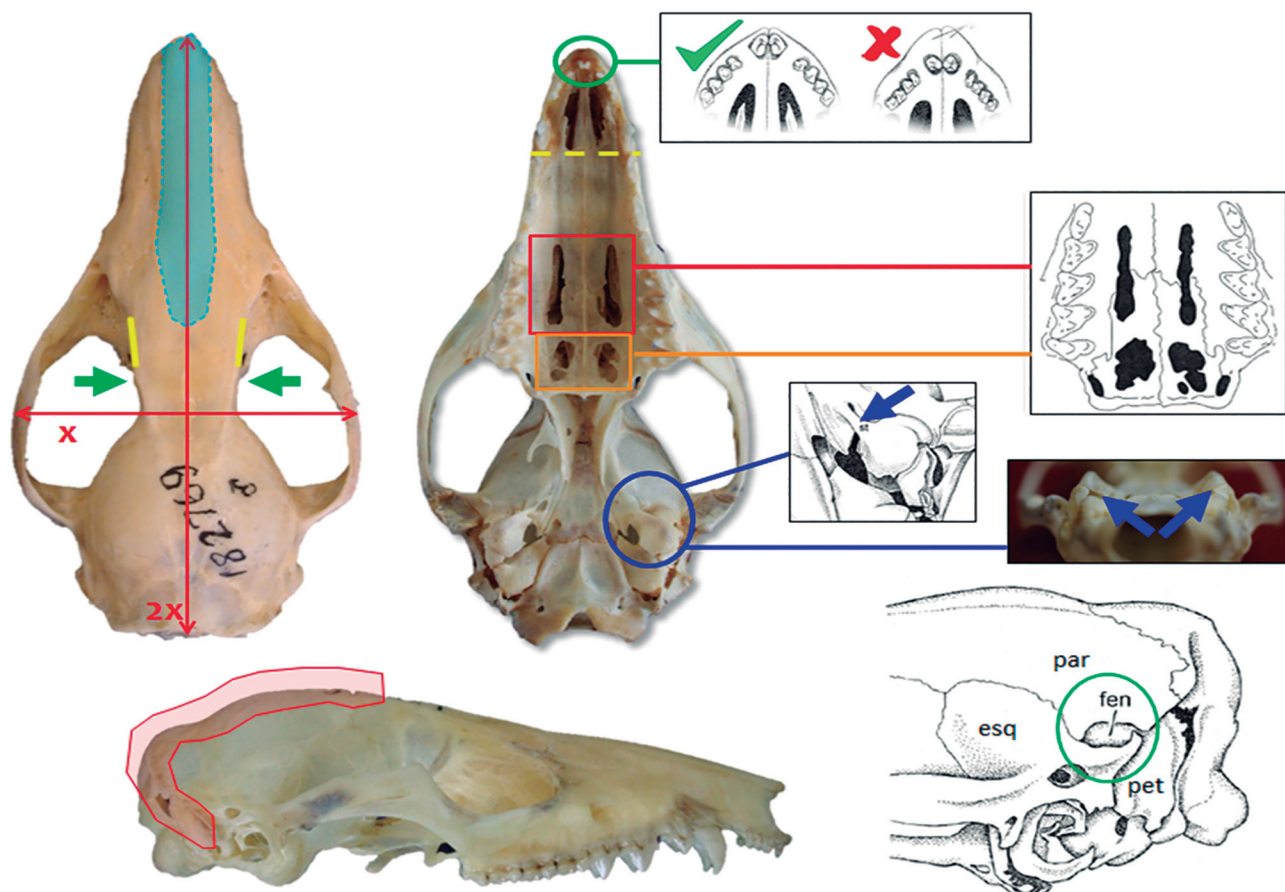


Figura 3: Principais caracteres cranianos de *Marmosops incanus*. (A) Crânio alongado e estreito, cujo maior comprimento tem cerca de duas vezes (2x) a largura do zigomático (x). (B) Ossos nasais uniformemente estreitos com margens laterais quase paralelas e margens posteriores convergentes (área azul = ossos nasais). (C) Bordas da região interorbital quase paralelas (linhas amarelas). (D) Ausência de processo pós-orbital (setas verdes). (E) Ausência de processo pré-maxilar (círculo verde; desenho esquemático no detalhe à direita retirado de Voss & Jansa, 2009). (F) Crista sagital não desenvolvida (área vermelha). (G) Bula auditiva conspicuamente cônica (setas em azul; foto: A.C. Bezerra). (H) Bula auditiva com escora presente (seta azul; desenho esquemático retirado de Voss & Jansa, 2009). (I) Forames incisivos pequenos (setas amarelas), cujas margens posteriores não se estendem além daquela do canino (linha tracejada amarela). (J) Presença de fenestra na sutura esquamosal-parietal (que também pode estar ausente), que expõe a cápsula do petrosal (círculo verde; desenho esquemático modificado de Voss & Jansa, 2009). (K) Presença de fenestras maxilo-palatinas (quadrado vermelho; desenho esquemático no detalhe à direita retirado de Musturangi & Patton, 1997). (L) Presença de fenestras palatinas (quadrado laranja). Fotos dos crânios (exceto a 'G'): D. Astúa.

um mesmo habitat, foram encontradas diferenças significativas, onde populações apresentaram um gradiente relativo ao tamanho, diminuindo no sentido norte-sul, com os animais ao norte sendo maiores e mais robustos, corroborando Musturangi & Patton (1997). Em análises entre habitats distintos, foram encontradas diferenças significativas entre ecorregiões (Dinerstein *et al.*, 1995), a escala mais fina, e entre formações florestais (Urrahy *et al.*, 1983), em escala mais ampla. Quando foi feita uma análise de gradiente em linha reta do litoral para o interior, abrangendo formações vegetacionais da macroescala, diferenças entre populações se mantiveram significativas, coincidindo, em sua maior parte, com o gradiente ambiental subjacente. Isso parece ser devido a pressões de seleção distintas ao longo dos gradientes ambientais, tanto entre habitats (devido a diferenças de vegetação) quanto dentro do habitat (devido a diferenças climáticas) (Pinheiro, 2003). Embora não verificado, a autora supõe que diferenças na disponibilidade de alimento (insetos e frutos) sejam mais acentuadas entre áreas onde os fatores climáticos (*e.g.*, temperatura, precipitação e regime de chuvas) são mais variáveis. Com isso, seria esperada a diferença encontrada não somente

entre vegetações, mas também ao longo de gradientes climáticos dentro de um mesmo habitat.

Outra análise de variação craniana indicou diferenciação em *M. incanus* entre populações da Zona da Mata mineira, sendo maiores os das áreas mais baixas (Faria, 2008): as populações dos fragmentos de altitude até 350 m apresentaram maiores tamanho craniano e variação que as populações dos fragmentos de altitude superior a 1.100 m. Houve também diferenciação na forma craniana entre as populações amostradas, sendo esta maior quando se considera a altitude. Assim, populações das áreas mais altas apresentaram crânios menores e mais variáveis em forma. Os blocos de Mata Atlântica da Zona da Mata mineira amostrados apresentam diferenças de altitude e índice pluviométrico, fatores que influenciam a vegetação, moldando, assim, diferentes ambientes de vida para a fauna (Bonvicino *et al.*, 1997) e, conseqüentemente, para *M. incanus* (Faria, 2008). Os dois fragmentos das populações de áreas mais altas apresentam, segundo Veloso *et al.* (1991), a mesma classificação vegetacional e uma temperatura média anual aproximada. Para Faria (2008), tais semelhanças explicam o fato destas populações exibirem menor



diferenciação entre si em comparação com populações de áreas mais baixas, com outra classificação vegetacional (Veloso *et al.*, 1991) e outros fatores, como temperatura mais elevada (IGA, 1980). Pinheiro (2003) obteve resultados diferentes – tanto entre ecorregiões (dentro de um mesmo habitat) como entre formações vegetacionais (entre habitats), foram encontradas populações mais semelhantes entre classificações distintas do que de mesma classe. É importante ressaltar que Pinheiro (2003) trabalhou com variação latitudinal, enquanto Faria (2008) avaliou variação altitudinal.

Morfologia externa

O marsúpio é ausente (Stallings, 1989), as mamas são bilateralmente emparelhadas e se estendem anteriormente para bem além de onde seria o marsúpio. Apesar da maioria delas não estar localizada na parte superior do tórax, geralmente são referidas como mamas ‘peitorais’ ou ‘torácicas’ (Voss & Jansa, 2009). O escroto é densamente coberto por pelos (Emmons & Feer, 1997) e de coloração azulada (Voss & Jansa, 2003). Possui uma glândula de cheiro supraesternal cutânea na região da garganta, discernível em todas as idades de ambos os sexos (Lorini *et al.*, 1994), apesar de alguns autores relatarem a sua ausência (Tate, 1933; Hunsaker II & Shupe, 1977) ou a ocorrência apenas em machos adultos (Fonseca & Kierulff, 1989; Voss & Jansa, 2003, 2009). Sua atividade é caracterizada por uma secreção oleosa que seca apresentando uma deposição de cor âmbar a marrom-escuro visível na pele, formando uma concreção acima do campo da glândula que frequentemente gruda os pelos (Lorini *et al.*, 1994). Frequentemente a pele circundante é descolorida (Tate, 1933).

Os pelos dorsais bicolores, base cinza com pontas marrons, conferem um aspecto cinza-amarronzado-escuro. Há uma diferença de comprimento, textura e até coloração destes pelos, determinados pelos componentes sexo, idade e maturidade sexual (Tabela 1 e subseção a seguir). Na região ventral, os pelos são branco-creme e unicolores (sem base cinza). Uma banda lateral de pelos com base cinza e pontas branco-creme, que restringe o ventre unicolor branco à linha média, separa o dorso do ventre. Em alguns indivíduos, os pelos do ventre têm tom salmão, sendo esta coloração aparentemente não relacionada à idade e tendendo a desaparecer depois da morte. A pelagem que se estende até os membros é escura até o joelho e o cotovelo; deste ponto em diante, os membros são cobertos por pelos brancos (Musturangi & Patton, 1997). A cauda é praticamente sem pelos desde a base, preênsil, bicolor, marrom-acinzentada na porção proximal e esbranquiçada na porção distal (Musturangi & Patton, 1997; Asfora, 2011). O lado dorsal da cauda é marrom-acinzentada, com os últimos 2 cm (aproximadamente) esbranquiçado; a coloração dorsal muda gradualmente para uma ventral esbranquiçada. Presença de anéis oculares negros, proeminentes e bem definidos, prolongando-se em direção ao focinho, com a área facial entre eles cinza-pálido. Região abaixo da máscara

periocular branco-creme (Musturangi & Patton, 1997; Lange & Jablonski, 1998).

Variação da pelagem

Musturangi & Patton (1997) notaram que a coloração da pelagem dorsal de *M. incanus* varia entre habitats. Indivíduos de matas de galeria e florestas semidecíduas do Cerrado e Caatinga do interior de Minas Gerais e Bahia são marcadamente de um cinza mais pálido que o daqueles das florestas úmidas costeiras. Segundo os autores, uma tendência para cores mais pálidas em habitats mais secos e para cores mais escuras nos mais úmidos é comum em mamíferos.

No entanto, a variação na pelagem não está associada apenas à coloração, sendo mais conspicuamente associada ao comprimento e textura dos pelos (principalmente dorsais), como revelado por Oliveira *et al.* (1992), onde fêmeas adultas possuem um padrão diferente de machos adultos e de jovens e subadultos de ambos os sexos (Tabela 1). Segundo estes autores, a ocorrência consistente destes três tipos distintos de pelagem, distribuídos de forma irregular ao longo do ano, refuta hipóteses prévias de variação geográfica e sazonalidade da pelagem e aponta para uma determinação intrínseca dos tipos de pelagem da seção Incana de Tate (1933). Eles são explicados basicamente pelos componentes idade, sexo e maturidade sexual. O componente “sazonal” seria uma função de flutuações de idade ao longo do ano e não pode ser considerado para determinar variação da pelagem na seção Incana (Oliveira *et al.*, 1992).

Oliveira *et al.* (1992) comentam que tais pelagens já haviam sido parcialmente descritas na literatura, sendo o tipo A o mais frequentemente mencionado, possivelmente por ser mais comum na natureza (ocorre em ambos os sexos da classe 3 à 6 de Tribe (1990); Tabela 2 e seção ‘CLASSES DE IDADE DENTÁRIA: ERUPÇÃO, SEQUÊNCIA DE REPOSIÇÃO E DESGASTE DE CÚSPIDES’). Este é o padrão básico de pelagem de *M. incana* segundo Tate (1933), observado em *M. i. paulensis* e machos de *M. i. bahiensis* e *M. i. incana* (ver detalhes desta classificação na subseção ‘A seção Incana de Tate (1933)’ da seção ‘TAXONOMIA E SISTEMÁTICA’), sendo referido por Emmons & Feer (1990) como um revestimento de inverno (pelos longos). Tate (1933) foi pioneiro na identificação da pelagem B, descrito para fêmeas de *M. i. incana* e *M. i. bahiensis*, o que para Emmons & Feer (1990) seria um revestimento de verão (pelos curtos). A pelagem C foi primeiramente mencionada na descrição de *Grymeomys scapulatus*, que é *M. scapulata* para Tate (1933). Emmons & Feer (1990) sugeriram este padrão como um estágio de muda entre os revestimentos de verão e inverno em *M. incana*. As pelagens A e B, como evidenciado por Oliveira *et al.* (1992), não são revestimentos sazonais alternados, uma vez que ocorreram simultaneamente ao longo do ano, apesar de terem períodos de maior frequência. Além disso, a mudança do tipo A para o B ocorre uma só vez e em definitivo, o que tem respaldo no fato

**Tabela 3:** Caracteres diagnósticos de *M. incanus* e *M. paulensis*. (A) Emmons & Feer (1997); (B) Musttrangi & Patton (1997); (C) Voss & Jansa (2003).

	CARÁTER	<i>M. INCANUS</i>	<i>M. PAULENSIS</i>	REFERÊNCIA
Externos	Porte (comprimento do corpo e massa)	Maior	Menor	A, B
	Tamanho da orelha	Grande (> 25 mm)	Pequena (< 25 mm)	B
	Coloração escrotal	Azul	Branca	C
	Pelagem dorsal	Nenhum tom avermelhado	Tom avermelhado	B
	Pelagem branca ventral	Restrita à linha média	Ampla e não restrita à banda lateral	B
	Cor da parte inferior do tornozelo e pés	Inteiramente brancos	Tornozelos escuros com pés brancos	B
	Transição entre dorso e ventre	Gradual; banda lateral de pelos de base cinza e pontas brancas	Linha avermelhada nítida; sem banda lateral de pelos de base cinza	B
Cranianos	Bula auditiva	Formato cônico	Arredondada e bem inflada	B
	Forame incisivo	Pequeno; vai até o C1	Grande; vai além do C1	B
	Margens posteriores dos ossos nasais	Convergentes	Divergentes	B
	Caninos superiores dos machos	Grandes (> 3 mm)	Pequenos (< 2.5 mm)	B
	Fenestras póstero-mediais no palato	Grandes e numerosas	Nenhuma	B
Esqueleto apendicular	Tubérculos carpais laterais	Bem desenvolvidos em machos adultos	Ausentes em ambos os sexos	C

de a pelagem A estar ausente em indivíduos com grande desgaste molar (classe de idade 7 de Tribe, 1990) e de os padrões B e C não serem observados em indivíduos de classes de idade 3 a 5 (Tribe, 1990). Além disso, Oliveira *et al.* (1992) refutam Tate (1933) quanto ao DS das pelagens A e B, pois, na verdade, os padrões B e C é que são sexualmente dimórficas, enquanto que o tipo A representa uma pelagem monomórfica para ambos os sexos.

Duas situações foram observadas por Oliveira *et al.* (1992). Uma em relação a seis exceções aos padrões descritos, que se tratam de indivíduos em transição da pelagem A para a B (duas fêmeas com pelagem dorsal longa/curta coletadas entre set-out) e da A para a C (quatro machos com pelagem escapular incipientemente rija capturados entre ago-set), apresentando condições intermediárias entre os padrões identificados. Tais períodos de apreensão são justamente os de inversão nas razões entre as frequências dos tipos de pelagem A/C e A/B no ano (Oliveira *et al.*, 1992). Asfora (2011) capturou um macho trocando a pelagem em junho, que poderia ainda se enquadrar no início do período de inversão das frequências de pelagem em machos. A segunda situação relatou uma muda comum em sete indivíduos de pelagem A, nos quais foi possível observar uma camada incipiente de pelos novos macios sob os longos pelos dorsais (Oliveira *et al.*, 1992). Uma vez que os pelos associados não revelaram a estrutura rija da pelagem C e que tais indivíduos não estavam restritos a uma determinada parte do ano, a hipótese de Emmons & Feer (1990) para o padrão C como estágio de muda entre os outros dois foi refutada.

Oliveira *et al.* (1992) comentam que *M. incanus* é o primeiro marsupial a exibir DS na estrutura da pelagem (tipos B e C) e que não há menções na literatura sobre pelagem adulta diferenciada em fêmeas de mamíferos.

Um último aspecto é que a pelagem parece revelar a maturidade sexual dos indivíduos mais do que a classe de idade dentária, pois apenas fêmeas de pelagem B tinham a região mamária manchada (indício de atividade reprodutiva) e só machos com pelagem C possuíam atividade espermatogênica, apesar de alguns indivíduos de pelagem A alcançarem a classe de idade 7 de Tribe

(1990) (ver Tabela 2 e seção 'CLASSES DE IDADE DENTÁRIA: ERUPÇÃO, SEQUÊNCIA DE REPOSIÇÃO E DESGASTE DE CÚSPIDES'; Oliveira *et al.*, 1992).

Diferenciação de outros táxons similares

Espécimes de *M. incanus* são mais parecidos com os de *M. noctivagus*, que ocorre no oeste da bacia amazônica (Gardner & Creighton, 2008). Os diferentes padrões das fenestras palatinas contribuem para diferenciar *M. incanus* de outras espécies simpátricas da tribo Monodelphini (Rocha *et al.*, 2012).

O que diferencia *M. incanus* de *Gracilinanus microtarsus* e *G. agilis* é o seu maior tamanho, um ventre mais esbranquiçado (em contraste com um branco-acinzentado e um mais alaranjado, respectivamente, ambos com base cinza) e o padrão de escamas e cerdas da cauda (espirais de escamas romboides; cerda média escura, longa e peciolada de cada terceto) (Emmons & Feer, 1997; Gardner & Creighton, 2008).

Marmosops incanus possui caninos superiores mais curtos, caninos inferiores pré-molariformes e ausência de processos pós-orbitais, que servem para distingui-lo de espécies simpátricas de *Marmosa* e *Micoureus* (Gardner & Creighton, 2008). Diferencia-se de *M. murina* pela coloração ventral branca, rostro mais comprido e máscara periocular menos larga e nítida. *Marmosa demerarae* apresenta coloração mais alaranjada e cauda com tufo de pelos na base. Outra característica que diferencia *M. incanus* dessas duas espécies é a ausência de processos pós-orbitais em seu crânio e um rostro mais alongado (Asfora, 2011).

Os caracteres diagnósticos que diferenciam *M. incanus* de *M. paulensis*, envolvem (Tabela 3): o porte; coloração das patas inferiores e do escroto; transição entre dorso e ventre; restrição da pelagem ventral branca; tamanho do forame incisivo; formato da bula auditiva; presença de fenestras palatinas; formato das margens posteriores dos nasais; e presença de tubérculos carpais laterais em machos adultos (Emmons & Feer, 1997; Musttrangi & Patton, 1997; Voss & Jansa, 2003).

GENÉTICA E VARIAÇÃO MOLECULAR E CITOGENÉTICA

Estudando a variação molecular de *M. incanus*, Pinheiro (2003) caracterizou 41 sequências de cit b de 21 localidades (RJ, SP, ES e MG). Em relação a substituições nucleotídicas, apresentou 81 sítios variáveis (20%), dos quais 87% foram parcimoniosos. Tais substituições variaram com a posição do códon, sendo mais frequentes na posição 3, e foram, em sua maioria, transições pirimídicas, com uma razão transição/transversão de 6,1.

Com relação à citogenética da espécie, o cariótipo descrito para diferentes regiões é de $2n = 14$ e $NA = 24$ (Svartman & Vianna-Morgante, 1998; Rens *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2002; Paresque *et al.*, 2004; Pereira & Geise, 2007; Asfora, 2011). Pereira (2006) relata que o complemento autossômico é composto por seis pares de cromossomos com dois braços (entre meta e submetacêntricos), apresentando tamanhos grande, médio e pequeno. Asfora (2011) menciona que os braços variam do tamanho grande ao médio apenas. O cromossomo X foi observado como um metacêntrico médio e o cromossomo Y, acrocêntrico pequeno (Pereira, 2006; Asfora, 2011). O número cariotípico de seis pares de cromossomos autossômicos e um par sexual é o mais representativo entre marsupiais (Paresque *et al.*, 2004). Faria (2008) constatou que técnicas citogenéticas de coloração convencional, Ag-NORs e Bandeamento C não diferenciaram populações de *M. incanus*. Isso reforça o conservadorismo cariotípico e cromossômico em marsupiais defendido por Svartman & Vianna-Morgante (1999, 2003). Faria (2008) aponta a necessidade de se analisar mais populações de

regiões diferentes para melhor compreender a diversidade de cariotípica e variação cromossômica em *M. incanus*.

Utilizando sequências de cit b com 402 pares de base (pb) de 18 populações de *M. incanus*, Musttrangi & Patton (1997) recuperaram 22 haplótipos distintos. Níveis de variação de sequência intrapopulacional foram menores que 1% em todos os casos, enquanto distâncias genéticas entre haplótipos de diferentes localidades foram, em média, 6,8% (< 1-14%). As populações se agruparam em sete unidades filogeográficas (Figuras 4A e 5), fortemente particionadas em unidades filogenéticas geograficamente definidas, geralmente concordantes com as principais características topográficas da Floresta Atlântica. Essas unidades sucedem umas às outras, de norte a sul, correspondendo, em geral, às regiões da Serra do Mar, região costeira do RJ, Serra do Espinhaço, Serra da Mantiqueira e localidades isoladas de Linhares (ES) e Porto Seguro e Itabuna (BA). Enquanto os níveis de variação de sequência entre populações de um mesmo grupo filogeográfico variaram de 0,1-1,6%, níveis entre diferentes grupos ficaram entre 2,8-14,2% (média: 8,1%). Nas análises filogeográficas usando 801 pb (um conjunto de dados reduzido, de 10 sequências, representando os sete grupos filogeográficos; Figura 4B), são identificados basicamente as mesmas unidades filogeográficas que usando 402 pb. O único novo nó associa quatro dos sete grupos (1, 3, 4 e 5), suportado por alto valor de *bootstrap* (82%), apesar de agrupar haplótipos que divergem em média 4,2%.

Pinheiro (2003) também encontrou diferenças genéticas entre populações de *M. incanus*, onde uma análise filogeográfica (também utilizando sequências de cit b) revelou 26 haplótipos divergentes e estruturados.

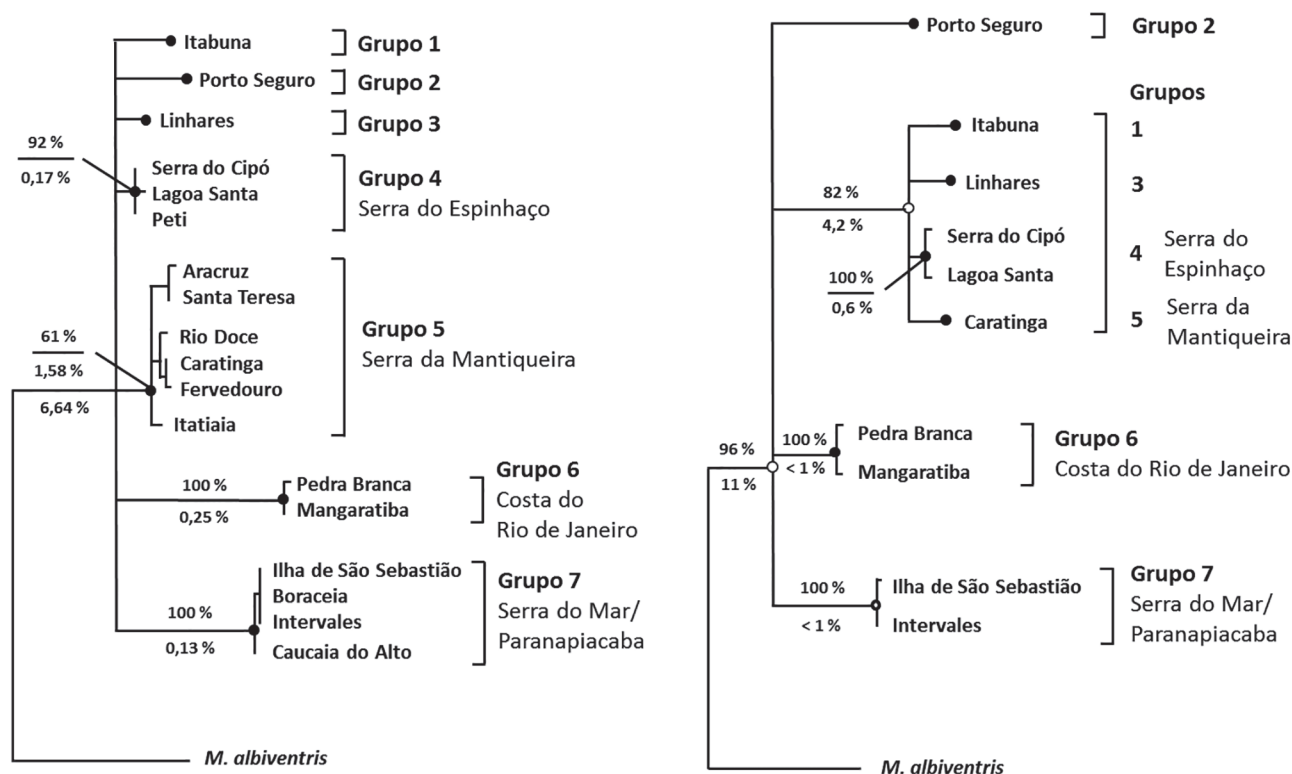


Figura 4: Grupos filogeográficos de *Marmosops incanus* baseados em árvores de consenso estrito de análises de parcimônia de sequências de 402 bp (A) e 801 pb (B) do gene cit b. Números acima dos ramos internos são valores de *bootstrap* derivados de 100 réplicas; os números abaixo deles fornecem as médias das distâncias observadas de Kimura 2 parâmetros entre os nós terminais de cada ramo. Modificado de Musttrangi & Patton (1997).

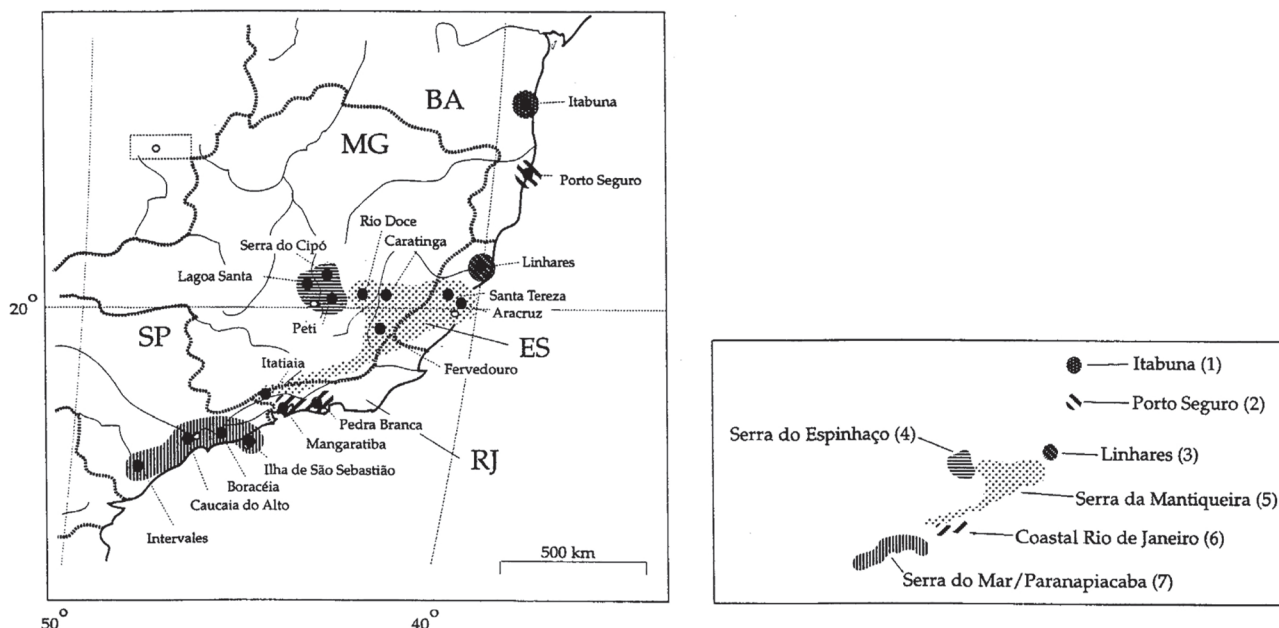


Figura 5: Distribuição dos sete grupos filogeográficos de *Marmosops incanus* identificados por análise de parcimônia de sequências de 402 bp do gene cit b. Para ver o arranjo filogenético destes grupos, ver a Figura 4A. Retirado de Musttrangi & Patton (1997).

Haplótipos distintos foram encontrados mesmo entre localidades geograficamente muito próximas (distanto 30 km). As localidades que permitiram análise intrapopulacional mostraram nenhuma ou pouca variação molecular (máximo: 0,8%). O grau de divergência entre populações variou bastante e os grupos mais diferenciados apresentaram altos valores, mesmo nos menores níveis de distância gênica. Os locais que apresentaram haplótipos mais diferenciados nas comparações com outras localidades variaram entre 9,8-11,8%. Foram encontrados três clados principais, com alto valor de suporte (Figura 6A). Os clados não coincidiram com um agrupamento por habitat, já que as populações da Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual não formaram grupos monofiléticos.

A árvore de haplótipos de Pinheiro (2003) para mostrou alto grau de estruturação geográfica, relacionado às cadeias de montanhas, como demonstrado por Musttrangi & Patton (1997), que também estudaram a filogeografia da espécie (Figuras 6A e B). A árvore molecular de Pinheiro (2003) teve o acréscimo das sequências de oito novas localidades. Os haplótipos de duas dessas localidades formaram um clado monofilético adicional em relação aos de Musttrangi & Patton (1997), que foram corroborados pelos outros haplótipos. Os resultados de ambos os trabalhos parecem cair na primeira das quatro categorias de possíveis padrões filogeográficos de Avise (1994), que correspondem a diferentes graus de subdivisão quanto à magnitude, padrão de divergência e distribuição espacial dos haplótipos: populações altamente divergentes em sequências e também fortemente estruturadas geograficamente.

genética para *M. incanus*. Musttrangi & Patton (1997) afirmam que não houve padrão para variação morfológica paralelo ao observado ao nível de sequências de cit b. Pinheiro (2003) não encontrou relação significativa entre distância genética e morfológica independente da análise realizada (dentro ou entre habitats), além de não detectar efeito significativo da altitude na relação entre divergência morfológica e genética. Nas comparações dentro do habitat houve populações geneticamente similares, mas com grande divergência morfológica, e nas comparações entre habitats, houve aquelas em que há pouca divergência morfológica quando comparada aos elevados níveis de distância genética encontrados. No primeiro caso, apesar da proximidade geográfica e genética, a grande divergência encontrada entre estes grupos deve-se, provavelmente, às diferenças ambientais entre essas localidades. A diferença encontrada pode estar relacionada a diferenças sutis entre essas localidades que não foram investigadas, como produtividade do ambiente (onde uma maior produtividade levaria a um maior tamanho; *M. Passamani, pers. comm.*). Segundo Pinheiro (2003), a variação morfológica encontrada pode estar relacionada à plasticidade fenotípica entre diferentes ambientes, não havendo um componente genético na variação, mas que é preciso ter cautela já que a herdabilidade dos caracteres não foi investigada e que o resultado encontrado pode ser um artefato de amostragem.

CLASSES DE IDADE DENTÁRIA: ERUPÇÃO, SEQUÊNCIA DE REPOSIÇÃO E DESGASTE DE CÚPIDES

Estudos sistemáticos com espécimes de coleções/museus mastozoológicos geralmente implicam em determinar a idade com base em caracteres cranianos e/ou dentários (Tribe, 1990). Um sistema bastante seguido para didelfídeos é o de Tyndale-Biscoe & Mackenzie

VARIAÇÃO MORFOLÓGICA VERSUS VARIAÇÃO GENÉTICA

Musttrangi & Patton (1997) e Pinheiro (2003) não encontraram relação entre variação morfológica e

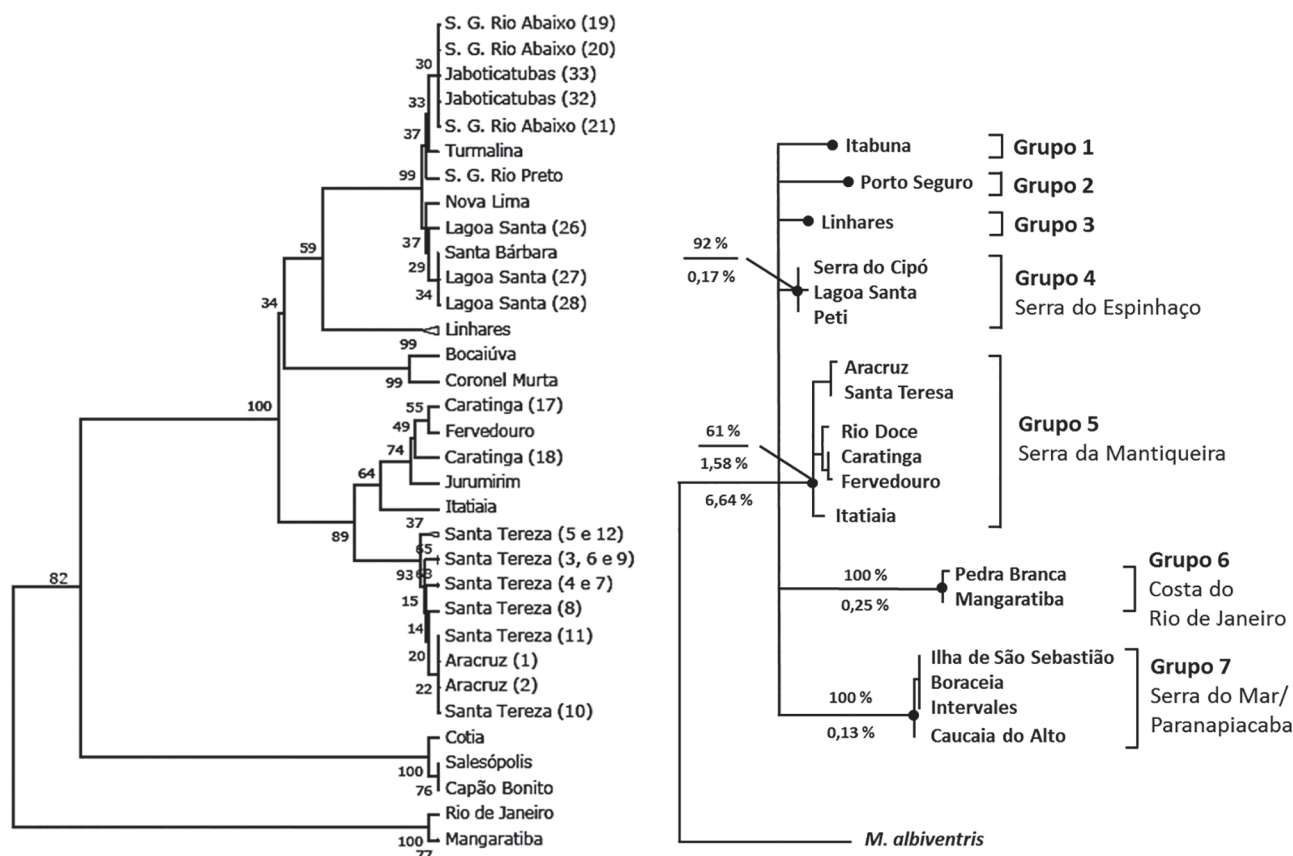


Figura 6: Grupos filogeográficos de *Marmosops incanus* encontrados por Pinheiro (2003), A, e Mustrangi & Patton (1997), B. (A) Árvore de UPGMA dos haplótipos de sequências de 402 bp do gene cit b; os números entre parênteses referem-se aos números das sequências (ver apêndice IV de Pinheiro (2003)), quando havia mais de uma sequência para a mesma localidade; clados formados apenas por haplótipos de uma mesma localidade (Linhares e Santa Tereza) foram mesclados para facilitar a visualização. (B) Árvore de consenso estrito de análise de parcimônia de haplótipos de sequências de 402 bp do gene cit b; números acima dos ramos internos são valores de *bootstrap* derivados de 100 réplicas; os números abaixo deles fornecem as médias das distâncias observadas de Kimura 2 parâmetros entre os nós terminais de cada ramo. Retirado de Pinheiro (2003) e modificado de Mustrangi & Patton (1997).

(1976; Tabela 2), fundamentado na presença e estado funcional dos dentes molares e pré-molares (do P3 e seu antecessor decíduo (dP3) até M4). Este sistema baseia-se na sequência de erupção/reposição e desgaste das cúspides destes dentes em *Didelphis marsupialis*, com o reconhecimento de sete classes etárias, validadas por Cerqueira (1980, 1984) e Motta (1988) e similar à de Gardner (1973) para outras espécies de *Didelphis*. Tribe (1987) afirma que o sistema de Tyndale-Biscoe & Mackenzie (1976) se aplica para espécies maiores (*Didelphis aurita*, *Philander opossum* e *Metachirus nudicaudatus*), mas não para *M. incanus*. Tribe (1990) propôs, então, um sistema modificado esta espécie (Tabela 1) e investigou se algum outro didelfídeo seguia o padrão de *M. incanus*.

A diferença entre *M. incanus* e *Didelphis* é na ordem de aparecimento de P3 e M4 (Tribe, 1990). Em *Didelphis*, P3 eclode antes de M4 ou P3 está totalmente crescido enquanto M4 ainda surge (padrão P3-M4). Já *M. incanus* apresenta dP3 e M4 presentes simultaneamente ou P3 surgindo quando M4 já é funcional (padrão M4-P3). A maior divergência entre as classificações de Tyndale-Biscoe & Mackenzie (1976) e Tribe (1990) é em relação às classes 4 e 5.

Outros estudos reportam a classificação proposta para *M. incanus* para várias outras espécies de *mouse opossums*, dos gêneros *Marmosa*, *Marmosops*, *Gracilinanus*, *Thylamys*, *Tlacuatzin* e *Lestodelphys*, assim como para

Caluromys e algumas espécies de *Glironia* e *Monodelphis* (Martin, 2005; Astúa & Leiner, 2008). Já o padrão de *Didelphis* (P3-M4) é comum entre as espécies de *Philander*, *Chironectes*, *Lutreolina* e o microbioterídeo *Dromiciops*. A sequência em *Metachirus* é ambígua (Tribe, 1990).

ALIMENTAÇÃO

Os primeiros relatos sobre a dieta de *M. incanus* apontam insetos das ordens Coleoptera e Orthoptera (Fonseca & Kierulff, 1989; Stallings, 1989). Palma (1996), Gentile *et al.* (2004), Leiner & Silva (2007b) e Lessa & Costa (2010) ressaltam a importância de frutos em sua dieta, além de insetos, mas Astúa de Moraes *et al.* (2003) estabeleceram a importância do seu consumo, que conduziram experimentos de preferência alimentar envolvendo espécies de didelfídeos, entre elas, *M. incanus*. Entre as diversas espécies estudadas, *M. incanus* foi a quarta espécie a apresentar maior proporção relativa de carboidratos em relação à de proteínas na dieta (razão de 2,32:1, respectivamente), bastante próxima de *C. philander*, uma espécie frugívora. *Marmosops incanus* também apresentou alta proporção de fibras na dieta, comparável à de espécies mais frugívoras. Os autores afirmam que espécies de pequeno porte, como *M. incanus*, podem apresentar maior proporção de frutos em suas dietas e, portanto, não serem estritamente



insetívoras como sugerem estudos de análises de conteúdos fecal e estomacal. O consumo de frutos pode estar sendo subestimado pois, muitas vezes, as sementes não são ingeridas, sendo consumida apenas a polpa (Charles-Dominique *et al.*, 1981; Atramentowicz, 1988). Apesar disso, Lessa & Costa (2010) encontraram grande quantidade de sementes de espécies de diferentes famílias (*e.g.*, Melastomataceae, Rubiaceae, Meliaceae) em amostras fecais de alguns indivíduos de *M. incanus*. Portanto, a dieta de *M. incanus* consiste em insetos e frutos, podendo este último item ser o principal.

Com relação à variação sazonal, apesar de Lessa & Costa (2010) não terem observado diferenças significativas na dieta de *M. incanus* entre as estações seca e chuvosa, observaram fragmentos de flores (Lauraceae), especialmente durante a estação seca, quando a disponibilidade de frutos e artrópodes é baixa (Lessa & Geise, 2010), também observado em outras espécies de didelfídeos (*e.g.*, *M. paulensis*; Vieira *et al.*, 1991; Leiner & Silva, 2007b). Uma dieta oportunista, parece ser tendência para vários mamíferos (Smith, 1986), incluindo alguns marsupiais neotropicais (Charles-Dominique *et al.*, 1981; Cáceres & Monteiro-Filho, 2000), como comentam Lessa & Geise (2010). Entretanto, algumas espécies, como *M. incanus*, apresentam certa constância na dieta, mantendo o consumo de determinados itens ao longo do ano, como insetos (Pinheiro *et al.*, 2002; Lessa & Costa, 2010). Portanto, além da disponibilidade, outros fatores são importantes na escolha dos alimentos, como retorno energético, facilidade de encontrá-lo e palatabilidade (Owen, 1982; Leiner & Silva, 2007b).

Um último aspecto a se discutir é em relação à variação geográfica da dieta. Como observado por Lessa & Geise (2010), a maior parte dos estudos sobre alimentação de didelfídeos foi realizado na Mata Atlântica. Os autores citam a importância de abranger diferentes biomas para espécies com grande área de distribuição (como *M. incanus*, que ocorre em três deles), pois variações entre localidades podem refletir variações na dieta, principalmente com relação ao consumo de artrópodes e frutos.

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E SIMPATRIA

Marmosops incanus é de ampla distribuição geográfica em sete estados, de SE ao PR, incluindo o interior dos estados de MG e BA, no leste do Brasil (Mustringi & Patton, 1997; Lange & Jablonski, 1998; Rocha *et al.*, 2012; Figuras 7A e B). É encontrada na Floresta Atlântica costeira úmida de planície e montana, incluindo ilhas continentais e brejos de altitude, em matas de galeria e florestas semidecíduas de Cerrado e Caatinga contíguas à Floresta Atlântica de MG, estendendo sua distribuição do interior das montanhas costeiras até o planalto brasileiro (Mustringi & Patton, 1997; Figura 7A). Também é encontrada em restingas, manguezais (Lessa *et al.*, 2007; Moreira & Mendes, 2010) e em habitats de floresta primária e secundária (Stallings, 1989). *M. incanus* e *M. paulensis*, possuem uma distribuição disjunta em relação às outras espécies do gênero, limitadas à bacia Amazônica e áreas adjacentes no norte da América do

Sul e na América Central (Emmons & Feer, 1997; Gardner & Creighton, 2008; Melo & Sponchiado, 2012).

A amplitude geográfica da distribuição é de aproximadamente 2.000 km no sentido norte-sul e cerca de 2.200 km no sentido leste-oeste (Schulz, 2011), o que equivale a cerca de 10-25°S de latitude e 37-50°O de longitude (Geise *et al.*, 2013; Figuras 7A e B). Dentro da distribuição altitudinal, de até 1.863 m, há maior incidência da espécie até 800 m (72%; 105 de 146 localidades) e menor frequência de ocorrência acima de 1.200 m. Além dos 1.300 metros, foram encontrados registros em cinco localidades no ES, MG e SP (Schulz, 2011).

A partir dos registros de distribuição é possível apontar sua ocorrência em, pelo menos, 12 ecorregiões (Geise *et al.*, 2013; classificação de Olson *et al.*, 2001; Figura 7B): Floresta Atlântica do Alto Paraná, Restinga da Costa Atlântica, Floresta Seca Atlântica, Florestas Costeiras da Bahia, Florestas Costeiras da Serra do Mar, Florestas Úmidas de Araucária, Florestas do Interior da Bahia, Mangues do Sudeste do Atlântico, Florestas do Interior de Pernambuco, Campos Rupestres da Savana Montana, Cerrado e Caatinga. Ocorre com maior frequência em habitats florestais, com vegetação alta (Mata Atlântica), sendo mais escasso em ambientes abertos, como os do Cerrado e Caatinga (Pereira, 2006; Schulz, 2011). Leiner *et al.* (2010) afirmaram que *M. incanus* é mais frequente em áreas com alta cobertura vegetal, sub-bosque denso e obstrução vertical de até 1 m, provavelmente porque áreas cobertas reduzem riscos de predação ao tornar os animais menos visíveis (Stokes *et al.*, 2004) e permitem a espécies competitivamente inferiores evitar contato com congêneres dominantes (Dickman, 1986). Com relação à Caatinga, Schulz (2011) sugere que a menor ocorrência da espécie aí registrada pode estar relacionada à carência de estudos neste bioma.

Marmosops incanus ocorre em simpatria com *M. paulensis* na Mata Atlântica costeira acima de 800 m, nos limites entre as florestas de baixa elevação e montanhas no sudeste brasileiro, regiões que constituem a distribuição restrita de *M. paulensis*. Seus padrões filogeográficos são coincidentes aí: em ambas as espécies, há dois grupos filogeográficos distribuídos nas montanhas costeiras, um na Serra da Mantiqueira (interior) e outro nas montanhas mais costeiras da Serra da Paranapiacaba, Serra do Mar e/ou Serra dos Órgãos (Mustringi & Patton, 1997).

Asfora *et al.* (2012) e Rocha *et al.* (2012) sugerem que *M. incanus* não ocorre ao norte do rio São Francisco, pois apesar de facilmente capturado, não há registros para a região. Para eles, uma vez que o limite oeste da distribuição conhecida no Cerrado está próximo ao curso deste rio, é razoável assumir que ele, e não só a presença de florestas, seja uma barreira para sua dispersão, como o é para táxons de outras ordens de mamíferos (*Callicebus* (Van Roosmalen *et al.*, 2002), *Cerradomys* (Percequillo *et al.*, 2008) e *Bradypus torquatus* (Chagas *et al.*, 2009)). Também mencionam que esta barreira poderia reforçar efeitos de condições climáticas mais severas do nordeste brasileiro e é consistente com a maior diversidade encontrada na Mata Atlântica ao sul deste rio (Vivo, 1997).

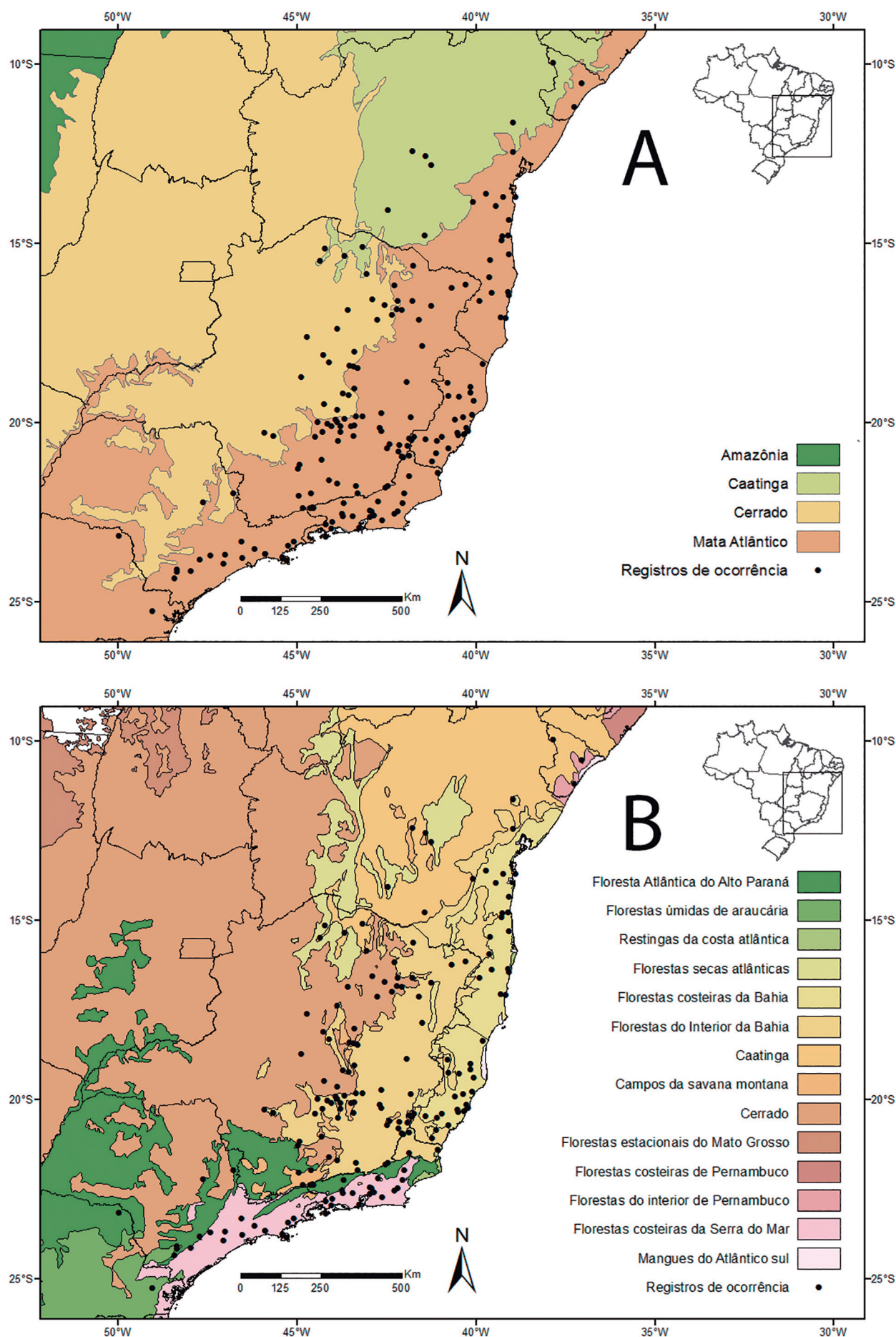


Figura 7: Distribuição geográfica conhecida para *Marmosops incanus* com base em registros da literatura (círculos negros) por biomas (A) e por ecorregiões (B). Fonte: Geise *et al.* (2013).



LOCOMOÇÃO, USO DO ESPAÇO E ÁREA DE VIDA

Apesar de considerada escansorial (Fonseca & Kierulff, 1989; Stallings, 1989; Mustrangi & Patton, 1997; Passamani, 2003; Vieira, 2006; Leiner & Silva, 2007a; Loretto & Vieira, 2008; Grelle *et al.*, 2009), há divergência de opiniões acerca do uso vertical do espaço por *M. incanus*, mas sabe-se que machos e fêmeas os utilizam de maneira semelhante (Fonseca & Kierulff, 1989; Loretto & Vieira, 2008; Fialho *et al.*, 2009).

A maioria dos trabalhos aponta que esta espécie usa mais o solo (Macedo *et al.*, 2007; Bager *et al.*, 2010; Passamani, 2003; Fialho *et al.*, 2009; Loretto & Vieira, 2008; Prevedello *et al.*, 2008). Observações mostram que *M. incanus* prefere construir seus ninhos e se refugiar temporária e geralmente em estratos abaixo dos 2,5 m das florestas (D. Loretto e M.V. Vieira, *pers. comm.*), apesar de utilizar ninhos em estratos altos (a 5 m), médios (2,5 m) e baixos (no chão) (Prevedello *et al.*, 2008). Outros autores afirmam que *M. incanus* se movimenta predominantemente no sub-bosque (Cunha & Vieira, 2002). Eles comentam que o consumo de frutos está associado à estratificação vertical em didelfídeos. Assim, espécies que vivem no dossel são mais frugívoras do que espécies do sub-bosque, que, por sua vez, são mais frugívoras que espécies terrestres e semiterrestres (Charles-Dominique *et al.*, 1981; Atramontowicz, 1982; Julien-Laferrrière, 1991; Malcolm, 1995). Uma vez que a espécie usaria essencialmente o sub-bosque, e tem nos frutos uma importante fonte alimentar (ver seção 'Alimentação'), esta explicação estaria adequada para justificar a ocorrência da espécie principalmente no sub-bosque. Já Palma (1996) observou que *M. incanus* apresenta diferenças no uso do solo e do sub-bosque em diferentes tipos de habitats na Mata Atlântica do Espírito Santo, utilizando mais o sub-bosque em Matas de Tabuleiro e mais o solo em Florestas de Mussununga. Alguns estudos apontam, ainda, proporções similares de capturas no chão e no alto (Fonseca & Kierulff, 1989; Passamani, 2000). A equiparação também foi observada para diferentes feições de Mata Atlântica, na floresta semidecídua de Minas Gerais (Stallings, 1989) e submontana no Espírito Santo (Passamani, 1993). Finalmente, *Marmosops incanus* não explora (Passamani, 1995; Delciellos *et al.*, 2006; Dickman & Vieira, 2006; Prevedello *et al.*, 2008; Fialho *et al.*, 2009) ou utiliza apenas esporadicamente estratos superiores da floresta: subdossel, acima de 5 m (Vieira, 2006), e dossel (Leiner *et al.*, 2010), sendo a altura máxima atingida de 10 m (Cunha & Vieira, 2002).

O tamanho médio da área de vida (em ha) é 0,4 para machos e 0,1 para fêmeas (Passamani *et al.*, 2000). Um maior tempo de permanência (Passamani, 2000) e uma área de vida menor das fêmeas podem estar associados a um sistema de acasalamento promíscuo (Macedo *et al.*, 2007), onde um macho visita várias fêmeas (Ryser, 1992; Cáceres, 2003), que, na estação reprodutiva, tendem a ficar mais restritas a áreas menores de forrageamento (Ryser, 1992; Hossler *et al.*, 1994; Gentile & Cerqueira, 1995; Cáceres & Monteiro-Filho, 2001). Isso explicaria um menor deslocamento das fêmeas (Fonseca & Kierulff, 1989; Loretto & Vieira, 2008; Fialho *et al.*, 2009).

REPRODUÇÃO E ESTRUTURA ETÁRIA POPULACIONAL

As primeiras informações na literatura sobre a reprodução de *M. incanus* revelam um padrão reprodutivo sazonal, aparentemente sincronizado com o período chuvoso, como em várias espécies de pequenos mamíferos, inclusive didelfídeos (Fonseca & Kierulff, 1989). Evidências são o aumento no sucesso de captura a partir do final da estação chuvosa, explicado, principalmente, pelo recrutamento de juvenis, e da observação de adultos em condição reprodutiva logo antes desse período. Além disso, o número de primeiras capturas observado estava significativa e negativamente correlacionado à precipitação mensal média, indicando que juvenis recém-desmamados são recrutados na população no final das chuvas (Fonseca & Kierulff, 1989).

Stallings (1989) considerou fêmeas de *M. incanus* reprodutivamente ativas quando lactantes ou com filhotes nas mamas, este último modo de avaliação também utilizado por Fonseca & Kierulff (1989). Estes inspecionaram o *status* reprodutivo das fêmeas observando eventuais filhotes presos às mamas ou sinais de amamentação recente nas mesmas de uma ninhada anterior. Oliveira *et al.* (1992) associaram uma mancha laranja a marrom-ferruginosa ao redor da área mamária a gravidez ou amamentação. Para machos, determinar sua condição reprodutiva é inviável através da presença de testículos escrotados, já que esta condição é encontrada em machos recém-desmamados, assim como nos demais marsupiais (Stallings, 1989; Macedo *et al.*, 2007). Entretanto, Fonseca & Kierulff (1989) utilizaram o caráter 'testículos de tamanho reduzido' para identificação de machos pré-púberes de *M. incanus*. Porém, a maneira mais eficaz e confiável para determinar o *status* reprodutivo dos machos, é o exame histológico dos testículos para detectar atividade espermatogênica (Oliveira *et al.*, 1992). O modo utilizado por Stallings (1989) e Fonseca & Kierulff (1989) para identificar machos reprodutivos foi o estado ativo da glândula esternal. Contudo, Lorini *et al.* (1994) acreditam que não há correspondência inequívoca entre a ocorrência da secreção da glândula esternal e atividade reprodutiva.

Lorini *et al.* (1994) detalharam a reprodução de *M. incanus*, descrevendo aspectos da biologia reprodutiva e influência destes sobre sua estrutura etária populacional, baseando-se nas classes de idade dentária de Tribe (1990) e variação de pelagem relacionada à idade, sexo e maturidade sexual revelada por Oliveira *et al.* (1992). A partir deste trabalho, é possível inferir as seguintes informações sobre a reprodução da espécie: (1) Sazonalidade reprodutiva associada à estação chuvosa (corroborando Fonseca & Kierulff, 1989); (2) Período reprodutivo restrito; (3) Monoéstrica (ou sazonalmente poliéstrica); (4) Machos e fêmeas participam de apenas uma estação reprodutiva, sendo que fêmeas eventualmente atingem uma segunda estação reprodutiva; (5) Semelparidade; (6) Maturidade sexual alcançada por volta dos seis meses; (7) Sugestão de produção de uma única ninhada; (8) Sugestão de idade de desmame de 65 dias. Dickman & Vieira (2006) sugeriram que esta



Tabela 4: Ocorrência das classes de idade dentária (Tribe, 1990) na população de *Marmosops incanus* ao longo do ano e sua relação com o tipo de pelagem (Oliveira *et al.*, 1992; ver Tabela 3 para descrições), maturidade sexual e atividade da glândula esternal demonstradas por Lorini *et al.* (1994). *: principalmente; **: maioria. CID: classe(s) de idade dentária.

		Classes de idade dentária			
		3 e 4	5	6	7
Período de ocorrência	M	jan-mai	fev-mai	fev-out (abr-mai)*	jun-jan
	F			abr-nov (jul-ago)*	set-jun
Idade	M	Jovem/Subadulto	Jovem/Subadulto	Adulto	Adulto
	F				
Tipo de pelagem	M	A	A	A** e C	A e C**
	F			A** e B	B
Maturidade sexual	M	Não	Não	Sim (pelagem C)	Sim (pelagem C)
	F			Sim (pelagem B)	Sim
Atividade glandular esternal	M	Crescente; CID 4	Pico	Queda (M < F)	Crescente; maioria
	F			Queda (F > M)	Poucas

espécie, com algumas modificações, seria de estratégia do tipo I de Lee *et al.* (1982). A classificação baseia-se na frequência do estro, idade da maturidade sexual, sazonalidade da reprodução e duração e período do esforço reprodutivo do macho, em marsupiais dasiurídeos (Lee *et al.*, 1982).

Com relação à estrutura etária da população, as classes de idade de Tribe (1990; Tabela 2) não são homogeneamente distribuídas ao longo do ano (Tabela 4; Lorini *et al.*, 1994). As classes de idade 3 a 5 (juvenis e subadultos) ocorrem em um período restrito e quase coincidente. Da classe 6 em diante, as distribuições mensais exibem diferenças entre os sexos. A frequência da classe 6 aumenta na metade do ano, com o declínio da classe 5, e a da classe 7 cresce nos últimos meses do ano, quando a frequência da classe 6 cai.

Todos os indivíduos analisados por Lorini *et al.* (1994) sexualmente maduros pertenciam às classes de idade mais velhas (6 e 7; Tabela 4). Além disso, fêmeas com indícios reprodutivos possuíam também pelagem B (Oliveira *et al.*, 1992). Quanto aos machos, quase todos os capturados durante o período reprodutivo eram da classe 7 e apresentavam pelagem C, confirmando a sugestão de Oliveira *et al.* (1992) de que o alcance da maturidade sexual nos machos (constatada pela ocorrência de atividade espermatogênica) está vinculada a esta pelagem.

Resíduos da secreção oleosa da glândula esternal foram detectados em espécimes de ambos os sexos da classe 4 em diante ao longo do ano (Tabela 4; Lorini *et al.*, 1994). As frequências dos indivíduos com secreção esternal por classes de idade atestam um padrão similar entre machos e fêmeas, com pico na atividade glandular na classe 5 e sucessiva queda na classe 6. Já na classe 7, enquanto quase todos os machos exibem atividade glandular, poucas fêmeas continuam expelindo a secreção.

Seis diferentes estágios reprodutivos foram identificados para fêmeas de *M. incanus* (Tabela 5) por Lorini *et al.* (1994), analisando a condição da região mamária (ocorrência da mancha e grau de desenvolvimento e degeneração das mamas), dados reprodutivos das etiquetas e o trato reprodutivo interno. Todas as fêmeas reprodutivas apresentaram uma mancha na região mamária, como encontrado por Oliveira *et al.* (1992), mas isso não foi suficiente para especificar as várias fases reprodutivas das fêmeas, considerando o período de amamentação estendido em marsupiais. As pós-lactantes, por exemplo, também possuem a mancha mamária, indicando sua permanência no tegumento como resíduo. Os períodos de atividade reprodutiva e pós-lactação são consecutivos e sazonalmente distribuídos ao longo do ano (Lorini *et al.*, 1994).

O período reprodutivo, determinado através da distribuição anual do estado reprodutivo da fêmea

Tabela 5: Estágios reprodutivos das fêmeas de *Marmosops incanus* e seus respectivos: tipo de pelagem (Oliveira *et al.*, 1992; ver Tabela 3 para descrições), condições da região mamária, e período de ocorrência na população. Definidos por Lorini *et al.* (1994). * Outubro a dezembro: período reprodutivo.

ESTÁGIO REPRODUTIVO DAS FÊMEAS	CONDIÇÃO DA REGIÃO MAMÁRIA	PERÍODO DE OCORRÊNCIA	TIPO DE PELAGEM
Não reprodutiva	Não manchada, indistinguível do resto da pelagem ventral.	—	A
Pré-reprodutiva	Não manchada, mas mostrando círculos sem pelos sem tetas.	—	A
Grávida*	Manchada, mostrando círculos sem pelos conspícuos em torno de tetas incipientes.	nov	B
Lactante inicial*	Manchada, com um conjunto homogêneo de tetas de até 1 mm de diâmetro, cada uma dentro de uma área sem pelos bem definida.	out-dez	B
Lactante final	Manchada, com um conjunto heterogêneo, contendo algumas tetas frouxas (mais de 1 mm de diâmetro) e outras mostrando vários estágios de degeneração, em alguns casos reduzidas a uma cicatriz.	jan-abr	B
Pós-lactante	Manchada, mostrando apenas cicatrizes escuras, com áreas sem pelos e inconspícuas.	mar-mai	B



(especialmente grávidas e lactantes) e da ocorrência de filhotes, foi de out-dez (Tabela 5), estando incluso no período de out-fev posteriormente proposto por Macedo *et al.* (2007). Lorini *et al.* (1994) argumentaram que o fato de os indivíduos mais jovens da amostra (classe 3) apresentarem distribuição restrita a logo após o período reprodutivo constitui evidência de que ele é único e sazonal. Além disso, as distribuições das idades juvenis (classes 3 e 4) coincidem com a ocorrência de fêmeas lactantes finais (Tabelas 2 e 4).

Considerando que padrões reprodutivos são influenciados por condições locais, é provável que o período reprodutivo proposto seja mais restrito nas diferentes localidades e que sejam assíncronos (Lorini *et al.*, 1994). Um fator ambiental reconhecido como determinante dos padrões reprodutivos em didelfídeos é a sazonalidade da chuva (O'Connell, 1979). De fato, o período reprodutivo encontrado coincidiu com a estação chuvosa (Fonseca & Kierulff, 1989; Passamani, 2000), exceto em Ilhéus (Bahia). Este desvio do padrão se deve a um período reprodutivo adicional de mar-mai revelado por um pequeno número de indivíduos na população de Ilhéus, além do comumente encontrado de out-dez (Lorini *et al.*, 1994). Isso pode ser explicado pelo fato de Ilhéus ser uma localidade caracterizada pela ausência de uma estação seca (Nimer, 1989). Asfora (2011) capturou uma fêmea lactante em junho em Itaporanga d'Ajuda (SE), localidade de clima quente e úmido com apenas um a dois meses secos por ano (IBGE, 1978). Isso indicaria outra assincronia com o padrão observado por Lorini *et al.* (1994), talvez pela mesma razão que em Ilhéus: região com curto (ou ausência de) período seco, o que também representaria um período reprodutivo extra.

Semelparidade

Em mamíferos, a semelparidade está restrita às famílias de marsupiais Didelphidae e Dasyuridae (Lee & Cockburn, 1985; Cockburn, 1997), sugerida para os didelfídeos *Monodelphis dimidiata* (Pine *et al.*, 1985) e *Marmosops paulensis* (Leiner *et al.*, 2008), e para alguns dasyúridos (Braithwaite & Lee, 1979; Dickman & Braithwaite, 1992; Mills & Bencini, 2000). Braithwaite & Lee (1979) sugeriram que a semelparidade é o extremo de uma estratégia caracterizada por um esforço reprodutivo altamente sincronizado e intenso onde a sobrevivência dos juvenis é mais alta durante uma estação do ano. Assim, seria favorecida, em mamíferos, em espécies com longevidade máxima de aproximadamente um ano e período anual ótimo para reprodução de duração suficiente para fêmeas terem uma ninhada com sucesso (Lorini *et al.*, 1994).

Marmosops incanus foi proposta como espécie semélpara (Lorini *et al.*, 1994). Uma das razões foi que indivíduos maduros capturados antes dos períodos de ausência de machos e fêmeas apresentam peso médio e desgaste dos molares maiores do que os daqueles coletados depois destes intervalos, o que sugere que pertencem a gerações diferentes. Além disso, o fato de haver

períodos bastante coincidentes de ausência na população de machos e de fêmeas maduros, num ano, quando a população é constituída essencialmente de jovens e subadultos, é evidência de uma lacuna entre gerações sucessivas. A ausência dos machos adultos pode ser a mortalidade generalizada após o período reprodutivo. Fêmeas que já se reproduziram também não participam de um novo período reprodutivo no ano seguinte (Lorini *et al.*, 1994). Como seu espaço entre gerações é mais curto, supõe-se que, ocasionalmente, uma delas poderia alcançar a próxima estação reprodutiva. Assim, as distribuições mensais das classes de idade, indexadas pela eclosão e desgaste dos dentes, sugerem uma troca quase total de coorte num ciclo aproximadamente anual. Desta forma, a expectativa de vida dos machos é de aproximadamente um ano, e das fêmeas é de cerca de um ano e meio (Lorini *et al.*, 1994).

Como discutido por Lorini *et al.* (1994), indivíduos jovens de *M. robinsoni* desmamam completamente 65 dias depois do nascimento e o tempo total de cuidado da fêmea com uma ninhada é de cerca de 80 dias (Eisenberg, 1981; O'Connell, 1983). Considerando o período reprodutivo de três meses de *M. incanus* e assumindo um ciclo de cuidados semelhante, uma fêmea produziria uma única ninhada por estação reprodutiva, o que parece ser o caso, se levarmos em conta que os estágios mamários das fêmeas ocorrem de maneira não repetida, consecutiva e restrita. Além disso, a estação reprodutiva limitada de *M. incanus* também indica monoestria das fêmeas, ou poliestria sazonal, num intervalo estrito de tempo. Isso sugere a participação de cada indivíduo em apenas uma estação reprodutiva (exceto em Ilhéus); assim, em localidades sem estação reprodutiva adicional, *M. incanus* se reproduz apenas uma vez na vida, caracterizando semelparidade (Lorini *et al.*, 1994).

Zangrandi *et al.* (2007, 2008) confirmaram o padrão semélparo sugerido com base em estimativas de sobrevivência no final da estação reprodutiva, obtidas a partir do histórico de 10 anos de capturas de adultos de uma população entre os últimos meses da estação reprodutiva e o primeiro mês da estação não reprodutiva. Os modelos resultantes descrevem taxas de sobrevivência variando com sexo e tempo; neles, a redução na taxa de sobrevivência é mais acentuada para machos, logo após a estação reprodutiva. Portanto, a taxa de sobrevivência diferenciada entre sexos apoia a hipótese de que *M. incanus* seja semélparo. Machos parecem direcionar seus esforços para a reprodução tão intensamente que morrem logo após o final da estação reprodutiva. A sobrevivência das fêmeas pode estar relacionada à necessidade de cuidado parental e investimento na sobrevivência dos recém-nascidos durante uma lactação prolongada (a amamentação pode se estender além da estação reprodutiva até um estágio avançado de desenvolvimento dos filhotes em espécies de pequeno tamanho corporal como *M. incanus*).

Todos os mamíferos semélparos vivem em ambientes sazonais altamente previsíveis (Lorini *et al.*, 1994). No entanto, *M. incanus* ocorre, principalmente, na Floresta Atlântica úmida do leste do Brasil (Streilein, 1982),



ambiente relativamente constante, sem variações extremas de temperaturas ao longo do ano (Lorini *et al.*, 1994). Embora haja alguma sazonalidade na chuva em determinadas regiões de ocorrência da espécie, não se pode considerar este um ambiente previsível e fortemente sazonal, como sugerido para mamíferos semelparos e acontece numa população restrita de *M. dimidiata* na Argentina (Pine *et al.*, 1985; Lorini *et al.*, 1994). Assim, embora a sazonalidade deva constituir uma condição importante para a evolução da semelparidade nos mamíferos, esta estratégia reprodutiva também deve existir em ambientes mais constantes que os previamente supostos (Lorini *et al.*, 1994).

OUTROS ASPECTOS ECOLÓGICOS E STATUS DE CONSERVAÇÃO

Marmosops incanus é noturna e, até recentemente, considerada uma espécie solitária (Mustang & Patton, 1997), apresentando poucas interações sociais, restritas à reprodução e ao cuidado parental (Astúa *et al.*, 2015). No entanto, novas observações apontaram o comportamento gregário ou cooperativo desta espécie, entre indivíduos do mesmo sexo ou não, após a estação reprodutiva e sem sinais de atividade reprodutiva nos mesmos, em situações como compartilhamento e construção de ninhos/abrigos (Astúa *et al.*, 2015).

Estudos de longa duração indicam que é abundante nas comunidades, sendo um dos táxons mais capturados de pequenos mamíferos em habitat florestal (Fonseca & Kierulff, 1989; Stallings, 1989; Passamani, 2000; Gentile *et al.*, 2004; Pereira, 2006). Para Pardini *et al.* (2010) é especialista de habitat que ocorre em floresta nativa, sendo desigualmente distribuída em paisagens fragmentadas. Segundo Pardini *et al.* (2005), a espécie ocorre em fragmentos de diversos tamanhos, isolados ou não, mas tende a ser mais comum em florestas em estágios iniciais de regeneração ou com alto grau de alteração. Outros estudos a apontam como sendo mais abundante em áreas de floresta secundária (Fonseca, 1989; Fonseca & Kierulff, 1989; Fonseca & Robinson, 1990). Para Fernandez & Pires (2006), as espécies do gênero *Marmosops* seriam tolerantes à fragmentação, mas não se pode ter certeza de que seja positivamente afetada por esse processo, como propõem Offerman *et al.* (1995) para *M. parvidens*. No entanto, outros trabalhos reconhecem a espécie como associada com florestas preservadas (Geise *et al.*, 2004; Bueno, 2008; Leiner, 2009; Rossi, 2011). Puttner *et al.* (2012) apontam a espécie como uma das mais vulneráveis à fragmentação florestal, a partir de um índice de vulnerabilidade à mesma baseado em padrões de ocupação da espécie em paisagens de mata contínua e fragmentada. *M. incanus* apresentou-se mais abundante em paisagens com maior porcentagem de cobertura florestal nativa remanescente (86%), declinando à medida que tal cobertura diminuía e não ocorrendo em fragmentos florestais em paisagens com apenas 11% de cobertura florestal (Balchenhol *et al.*, 2013). Fialho *et al.* (2009) comentam que o fato de indivíduos rastreados com carretel de linha em

corredores de vegetação não terem utilizado áreas de café adjacentes sugere que os deslocamentos são exclusivos das áreas florestais características dos corredores. Pardini *et al.* (2010) obtiveram resultados semelhantes, afirmando que a espécie não usa os habitats de matrizes (como cultivos e pastagens) de paisagens fragmentadas.

Seu status de conservação consta como 'Pouco Preocupante' segundo a International Union for Conservation of Nature (IUCN; Brito *et al.*, 2008), mostrando uma evolução positiva em relação à sua categoria anterior 'Baixo Risco/Quase Ameaçada' (Baillie & Groombridge, 1996). Segundo os avaliadores, a justificativa de sua categorização atual é por ser uma espécie amplamente distribuída, com grande população presumida, apresentar tolerância a determinados níveis de perturbação do habitat, ocorrer em áreas protegidas e por ser improvável que esteja declinando próximo à taxa exigida para se qualificar para listagem em categoria ameaçada. De acordo com a recente avaliação nacional do risco de extinção da fauna brasileira, a espécie foi considerada não ameaçada (MMA, 2014). No entanto, é tida como 'Quase Ameaçada' no estado de SP (São Paulo, 2008; histórico: categoria 'Provavelmente Ameaçada' para este estado (São Paulo, 1998)) e como com 'Dados Insuficientes' no PR (Margarido & Braga, 2004).

A espécie é hospedeira de ectoparasitos, como piolhos da subordem Amblycera (ordem Phthiraptera, família Trimenoponidae – *Cummingsia intermedia*), pulgas (ordem Siphonaptera, famílias Stephanocircidae – *Craneopsylla minerva minerva*, Rhopalopsyllidae – *Hechtiella nitidus*, e Ctenophthalmidae – *Adoratopsylla* (*Adoratopsylla*) *a. antiquorum* e *Adoratopsylla* (*Adoratopsylla*) *a. ronnai*), e ácaros (ordem Mesostigmata, família Laelapidae – *Androlaelaps fahrenheitsi*, *Androlaelaps marmosops*). Pulgas e ácaros são de particular importância em termos de saúde pública, uma vez que atuam como vetores de agentes etiológicos que transmitem moléstias entre os hospedeiros parasitados, além de contribuírem para a complementação do ciclo biológico de certos organismos, sendo a mais importante destas doenças a peste bubônica (Linardi, 2012). Com relação a endoparasitos, já foi reportado uma carga parasitária de cinco diferentes morfotipos de infecções por nematódeos para a espécie, com uma prevalência de 97% na população estudada (Puttner *et al.*, 2008), e de 13 morfotipos distintos de ovos de helmintos (Meyer-Lucht *et al.*, 2010). Onze destes eram nematódeos, entre eles cinco morfotipos de nematódeos estrôngilos, um da família Trichuridae (*Capillaria* spec.) e um da família Oxyuridae (*Syphacia* spec.); os demais quatro morfotipos de nematódeos não foram identificados ao nível de família. Além disso, foram identificados dois morfotipos de cestódeos.

LACUNAS DO CONHECIMENTO E PERSPECTIVAS NAS ÁREAS DE MORFOLOGIA, GENÉTICA E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

A maior parte da literatura científica que contempla *M. incanus* aborda aspectos ecológicos da espécie, havendo poucos estudos que investigam sua morfologia



e/ou genética molecular. Os principais estudos encontrados foram os de Mustrangi e Patton (1997) e Pinheiro (2003), avaliando variação morfológica e molecular de *M. incanus*, e o de Faria (2008) e Oliveira *et al.* (1992), averiguando o primeiro destes dois pontos. Destes: (1) nenhum avaliou toda a extensão da distribuição geográfica da espécie; (2) as análises moleculares se restringiram a um marcador mitocondrial; (3) não foram fornecidos detalhes sobre a investigação da variação de forma de caracteres crânio-dentário-mandibulares. Nenhum estudo encontrou relação entre seus resultados de variação morfológica e genética. Mustrangi & Patton (1997) comentam que a variação morfológica não acompanhou a genética, uma vez que a divergência molecular foi mais conspícua. Para eles, os resultados demonstram que não há razões para reconhecer subespécies dentro de *M. incanus*, morfológicamente uniforme, se geneticamente politípica. Pinheiro (2003) diz que a variação morfológica encontrada é indício de que a ausência da relação com a divergência genética observada pode ser um artefato de amostragem, devido ao pequeno tamanho das amostras na maior parte das comparações. Uma amostragem falha pode influenciar nos resultados ao ocultar um padrão conspícuo de variação e inviabilizando que uma relação entre as duas perspectivas abordadas, morfológica e genética, seja detectada. A autora ressalta que a variação encontrada não deve ser ignorada. É possível também que os padrões observados estejam sendo negligenciados, pelo menos do que diz respeito à questão genética. Apesar de Pinheiro (2003) e Mustrangi & Patton (1997) terem observado baixos níveis de distância genética intrapopulacional (em geral, menores que 1%), os resultados de comparações entre haplótipos de diferentes localidades mostram valores diferentes, variando entre < 1-11,8% (Pinheiro, 2003) e < 1-14% (média de 6,8%; Mustrangi & Patton, 1997). Estes últimos autores mostraram que, enquanto os níveis de variação dentro de um mesmo grupo filogeográfico ficaram entre 0,1-1,6% apenas, os níveis entre diferentes grupos foram entre 2,8-14,2% (média: 8,1%). Agrizzi *et al.* (2012) encontraram uma distância genética entre 0,5-9,1% (média: 5%) em sequências de cit b, estudando sete indivíduos de sete localidades do ES e MG, o maior valor médio e máximo de variação intraespecífica entre as 10 espécies de didelfídeos estudadas. Observaram ainda que o valor máximo de distância genética entre estas espécies para cit b foi de 13,5%, menor do que o valor máximo encontrado por Mustrangi & Patton (1997) e bem próximo ao encontrado por Pinheiro (2003) dentro de *M. incanus*.

Assim, as variações morfológica e molecular encontradas merecem atenção e devem ser investigadas de maneira aprofundada para garantir que diferenças observadas pertencem a membros de uma mesma entidade. Uma abordagem integrativa, aliando genética e morfologia, continua sendo a mais indicada. Adicionar mais perspectivas complementares pode ajudar a refinar e explicar a variabilidade genética e morfológica e revelar maior diversidade taxonômica. Algumas maneiras de tornar o estudo mais abrangente seriam: (1) Aumentar

a abrangência da área estudada; (2) Ampliar o número de localidades e indivíduos estudados; (3) Avaliar quão bem as amostras representam a distribuição da espécie; (4) Incorporar novos métodos para avaliar a variação; (5) Utilizar outros genes nas análises moleculares; e (6) Empregar outros métodos filogenéticos moleculares nas análises.

É importante ressaltar também um último aspecto quanto à extensa abrangência geográfica de *M. incanus*, que pode estar relacionada à grande variação morfológica e genética encontrada nesta espécie. A espécie foi encontrada em Sergipe apenas recentemente (Asfora, 2011; Rocha *et al.*, 2012), constituindo, agora, os registros mais setentrionais de sua distribuição. A recente expansão da distribuição de *M. incanus* e os poucos registros da espécie no PR, onde se situam as localidades mais ao sul de sua abrangência geográfica, sugerem que sua área de ocorrência pode não estar totalmente elucidada. Uma abordagem que poderia auxiliar nesta averiguação seria analisar a distribuição potencial da espécie.

AGRADECIMENTOS

Reconhecemos as contribuições: da CAPES, no fornecimento de uma bolsa para desenvolvimento de uma tese de doutorado, cujo produto apresentado aqui constitui parte da mesma; de G. Winck, na confecção de alguns mapas, apresentados aqui como figuras; de M. Kajin, nas sugestões sobre a organização e montagem do texto; C. Tribe, nos esclarecimentos sobre a classificação de idade dentária do objeto de estudo; dos revisores, pelas sugestões feitas. LG recebe bolsa de produtividade CNPq e Prociência UERJ.

REFERÊNCIAS

- Agrizzi J, Loss AC, Farro APC, Duda R, Costa LP, Leite YLR. 2012. Molecular diagnosis of Atlantic Forest mammals using mitochondrial DNA sequences: didelphid marsupials. *The Open Zoology Journal* 5: 2-9. <http://benthamopen.com/ABSTRACT/TOZJ-5-2>. DOI: 10.2174/1874336601205010002.
- Asfora PH. 2011. Diversidade, diferenciação e biogeografia de pequenos mamíferos não-voadores na Mata Atlântica ao norte do rio São Francisco – Centro de Endemismo Pernambuco. Tese de Doutorado em Ecologia e Evolução, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Asfora PH, Schulz MTF, Geise L. 2012. Ampliação da área de ocorrência e revisão da distribuição de *Marmosops incanus* (Lund, 1840). Pp. 413, in *Anais do VI Congresso Brasileiro de Mastozoologia. Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, Corumbá.
- Astúa D. 2010. Cranial sexual dimorphism in New World marsupials and a test of Rensch's rule in Didelphidae. *Journal of Mammalogy* 91(4): 1011-1024. <http://j mammal.oxfordjournals.org/content/91/4/1011>. DOI: 10.1644/09-MAMM-A-018.1.
- Astúa D, Leiner NO. 2008. Tooth eruption sequence and replacement pattern in woolly opossums, genus *Caluromys* (Didelphimorphia: Didelphidae). *Journal of Mammalogy* 89(1): 244-251. <http://j mammal.oxfordjournals.org/content/89/1/244>. DOI: 10.1644/06-MAMM-A-434.1.
- Astúa de Moraes D, Santori RT, Finotti R, Cerqueira R. 2003. Nutritional and fibre contents of laboratory-established diets of neotropical opossums (Didelphidae). Pp. 221-237, in Jones ME, Dickman



- CR, Archer M (Eds.), Predators with pouches: the biology of carnivorous marsupials. CSIRO Publishing, Collingwood.
- Astúa D, Carvalho RA, Maia PF, Magalhães AR, Loretto D. 2015. First evidence of gregarious denning in opossums (Didelphimorphia, Didelphidae), with notes on their social behaviour. *Biology Letters* 11(6): 20150307-20150307. <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/11/6/20150307>. DOI: 10.1098/rsbl.2015.0307.
- Atramentowicz M. 1982. Influence du milieu sur l'activité locomotrice et la reproduction de *Caluromys philander* (L.). *Revue d'Ecologie* 36(3): 373-395.
- Atramentowicz M. 1988. La frugivorie opportuniste de trois marsupiaux didelphidés de Guyane. *Revue d'Ecologie (La Terre et La Vie)* 43(1): 47-57.
- Austad SN, Sunquist ME. 1986. Sex-ratio manipulation in the common opossum. *Nature* 324: 58-60. www.nature.com/nature/journal/v324/n6092/pdf/324058a0.pdf. DOI: 10.1038/324058a0.
- Avise JC. 1994. Molecular markers, natural history, and evolution. Chapman & Hall Publishers, New York.
- Balkenhol N, Pardini R, Cornelius C, Fernandes F, Sommer S. 2013. Landscape-level comparison of genetic diversity and differentiation in a small mammal inhabiting different fragmented landscapes of the Brazilian Atlantic Forest. *Conservation Genetics* 14(2): 355-367. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10592-013-0454-2>. DOI: 10.1007/s10592-013-0454-2.
- Bager A, Rosa CA, Maia ACR. 2010. Estrutura de comunidade de pequenos mamíferos em zona de transição dos biomas Cerrado – Mata Atlântica no sul de Minas Gerais. Pp. 583-585, in *Anais do V Congresso Brasileiro de Mastozoologia*. Sociedade Brasileira de Mastozoologia, São Pedro.
- Baillie J, Groombridge B. 1996. IUCN red list of threatened animals. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge.
- Bonvicino CR, Langguth A, Limdbergh SM, Paula AC. 1997. In elevational gradient study of small mammals at Caparaó National Park, southeastern Brazil. *Mammalia* 61(4): 547-560.
- Braithwaite RW, Lee AK. 1979. A mammalian example of semelparity. *American Naturalist* 113(1): 151-155. www.jstor.org/stable/2459950.
- Brito D, Astúa de Moraes D, Lew D, Soriano P, Emmons L. 2008. *Marmosops incanus*. IUCN Red List of Threatened Species. Versão 2014.3 (www.iucnredlist.org). Acessado em 11 de abril de 2015.
- Bueno AA. 2008. Pequenos mamíferos da Mata Atlântica do planalto atlântico paulista: uma avaliação da ameaça de extinção e da resposta a alterações no contexto e tamanho dos remanescentes. Tese de Doutorado, Departamento de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Cáceres NC. 2003. Use of the space by the opossum *Didelphis aurita* Wied-Newied (Mammalia, Marsupialia) in a mixed forest fragment of southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 20(2): 315-322. www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-81752003000200023&lng=en&nrm=iso. DOI: 10.1590/S0101-81752003000200023.
- Cáceres NC, Monteiro-Filho ELA. 2000. The common opossum, *Didelphis aurita*, as a seed disperser of several plants in southern Brazil. *Ciência & Cultura* 52(1): 41-44.
- Cáceres NC, Monteiro-Filho ELA. 2001. Food habits, home range and activity of *Didelphis aurita* (Mammalia, Marsupialia) in a forest fragment of southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36(2): 85-92. www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/snfe.36.2.85.2138. DOI: 10.1076/snfe.36.2.85.2138.
- Carvalho BDA, Oliveira LFB, Nunes AP, Mattevi MS. 2002. Karyotypes of nineteen marsupial species from Brazil. *Journal of Mammalogy* 83(1): 58-70. www.bioone.org/doi/abs/10.1644/1545-1542%282002%29083%3C0058%3AKONMSF%3E2.0.CO%3B2. DOI: 10.1644/1545-1542(2002)083<0058:KONMSF>2.0.CO;2.
- Cerqueira R. 1980. A study of neotropical *Didelphis* (Mammalia, Polyprotodontia, Didelphidae). PhD Thesis in Zoology and Comparative Anatomy of Vertebrates, University of London, London, England.
- Cerqueira R. 1984. Reproduction de *Didelphis albiventris* dans le nord-est du Brésil (Polyprotodontia, Didelphidae). *Mammalia* 48(1): 95-104. www.degruyter.com/view/j/mamm.1984.48.issue-1/mamm.1984.48.1.95/mamm.1984.48.1.95.xml?format=INT. DOI: 10.1515/mamm.1984.48.1.95.
- Chagas RRD, Souza-Alves JP, Jerusalinsky L, Ferrari SF. 2009. New records of *Bradypus torquatus* (Pilosa: Bradypodidae) from southern Sergipe, Brazil. *Edentata* 8-10: 21-23. www.bioone.org/doi/abs/10.1896/020.010.0102. DOI: 10.1896/020.010.0102.
- Charles-Dominique P, Atramentowicz M, Charles-Dominique M, Gerard H, Hladik CM, Prevost MF. 1981. Les mammifères frugivores arboricoles nocturnes d'une forêt guyanaise: inter-relations plantes-animaux. *Revue d'Ecologie (La Terre et La Vie)* 35(3): 341-435.
- Cockburn A. 1997. Living slow and dying young: senescence in marsupials. Pp. 163-174, in Saunders N, Hinds L (Eds.), *Marsupial biology: recent research, new perspectives*. University of New South Wales Press, Sydney.
- Cunha AA, Vieira MV. 2002. Support diameter, incline, and vertical movements of four didelphid marsupials in the Atlantic Forest of Brazil. *Journal of Zoology (London)* 258(4): 419-426. onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1017/S0952836902001565/abstract. DOI: 10.1017/S0952836902001565.
- Delciellos AC, Loretto D, Vieira MV. 2006. Novos métodos no estudo da estratificação vertical de marsupiais neotropicais. *Oecologia Brasiliensis* 10(2): 135-153.
- Dickman CR. 1986. An experimental study of competition between two species of dasyurid marsupials. *Ecological Monographs* 56(3): 221-241. www.esajournals.org/doi/abs/10.2307/2937075. DOI: 10.2307/2937075.
- Dickman CR, Braithwaite RW. 1992. Postmating mortality of males in the dasyurid marsupials, *Dasyurus* and *Parantechinus*. *Journal of Mammalogy* 73(1): 143-147. <http://jmmamm.oxfordjournals.org/content/73/1/143>. DOI: 10.2307/1381875.
- Dickman CR, Vieira E. 2006. Ecology and life histories. Pp. 199-228, in Armati P, Dickman CR, Hume I (Eds.), *Marsupials*. The Cambridge University Press, New York.
- Dinerstein E, Olson DM, Graham DJ, Webster AL, Primm SA, Bookbinder MP, Ledec G, World Wildlife Fund. 1995. A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. The World Bank, Washington DC.
- Eisenberg JF. 1981. The mammalian radiations: a study in evolution and adaptation. The University of Chicago Press, Chicago.
- Emmons LH, Feer F. 1990. Neotropical rainforest mammals: a field guide. The University of Chicago Press, Chicago, London.
- Emmons LH, Feer F. 1997. Neotropical rainforest mammals: a field guide. The University of Chicago Press, Chicago.
- Faria MB. 2008. Variação craniana e caracterização citogenética de *Marmosops incanus* (Lund, 1840) (Didelphimorphia, Didelphidae) provenientes da Zona da Mata de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- Fernandez FAZ, Pires AS. 2006. Perspectivas para a sobrevivência dos marsupiais brasileiros em fragmentos florestais: o que sabemos e o que ainda precisamos aprender? Pp. 191-201, in Cáceres NC, Monteiro-Filho ELA (Eds.), *Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e evolução*. Editora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Fialho MYG, Rocha MF, Passamani M. 2009. Deslocamento e utilização vertical do espaço por *Marmosops incanus* (Didelphimorphia, Didelphidae) em fragmentos interligados por um corredor de vegetação no município de Santo Antônio do Amparo, MG. Pp. 1-3, in *Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil*. Sociedade de Ecologia do Brasil, São Lourenço.
- Fonseca GAB. 1989. Small species diversity in Brazilian tropical primary and secondary forests of different sizes. *Revista Brasileira de Zoologia* 6(3): 381-422. www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-81751989000300001&lng=en&nrm=iso. DOI: 10.1590/S0101-81751989000300001.
- Fonseca GAB, Kierulff MCM. 1989. Biology and natural history of Brazilian Atlantic Forest small mammals. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences* 34(3): 99-152. <http://ufdc.ufl.edu/UF00095819>.
- Fonseca GAB, Robinson JG. 1990. Forest size and structure: competitive and predatory effects on small mammal communities. *Biological Conservation* 53(4): 265-294. www.sciencedirect.com/science/article/pii/0006320790900979. DOI: 10.1016/0006-3207(90)90097-9.
- García FJ, Sánchez-Hernández J, Semedo TBF. 2014. Descripción de una nueva especie de comadrejita ratona del género *Marmosops* Matschie, 1916 (Didelphimorphia, Didelphidae). *Therya* 5(3): 701-723. <http://132.248.10.25/therya/index.php/THERYA/article/view/209>. DOI: 10.12933/therya-14-209.
- Bezerra, A.C. & Geise, L.: *Marmosops incanus*: estado da arte em síntese



- Gardner AL. 1973. The systematics of the genus *Didelphis* (Marsupialia: Didelphidae) in north and middle America. Special Publications of The Museum – Texas Tech University 4: 4-81.
- Gardner AL, Creighton GK. 2008. Genus *Marmosops* Matschie, 1916. Pp. 61-73, in Gardner A (Ed.), Mammals of South America: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats. The University of Chicago Press, Chicago.
- Geise L, Pereira LG, Bossi DEP, Bergallo HG. 2004. Pattern of elevational distribution and richness of non volant mammals in Itatiaia National Park and its surroundings in southeastern Brazil. Brazilian Journal of Biology 64(3B): 599-612. www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842004000400007&lng=en&nrm=iso&tlng=en. DOI: 10.1590/S1519-69842004000400007.
- Geise L, Bezerra AC, Carnaval AC, Astúa D. 2013. Genetic and phenotypic variation within *Marmosops incanus* (Lund, 1840) (Didelphimorphia: Didelphidae). Pp. 97, in Anals of the XI International Mammalogical Congress. International Federation of Mammalogists and The Mammal Society, Belfast.
- Gentile R, Cerqueira R. 1995. Movement patterns of five species of small mammals in a Brazilian Restinga. Journal of Tropical Ecology 11(4): 671-677. http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=5258252&fulltextType=RA&fileId=S0266467400009214. DOI: 10.1017/S0266467400009214.
- Gentile R, Finotti R, Rademaker V, Cerqueira R. 2004. Population dynamics of four marsupials and its relation to resource production in the Atlantic Forest in southeastern Brazil. Mammalia 68(2-3): 109-119. www.degruyter.com/view/j/mamm.2004.68.issue-2-3/mamm.2004.012/mamm.2004.012.xml?format=INT. DOI: 10.1515/mamm.2004.012.
- Grelle CEV, Monteiro J, Delciellos AC, Vieira MV, Cerqueira R. 2009. Influência do mesohabitat e da paisagem na ocorrência da cuica *Marmosops incanus* (Lund, 1840) (Didelphimorphia, Didelphidae). Pp. 1-3, in Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil. Sociedade de Ecologia do Brasil, São Lourenço.
- Hossler RJ, Mcaninch JB, Harder JD. 1994. Maternal denning behavior and survival of juveniles in opossums in Southeastern New York. Journal of Mammalogy 75(1): 60-70. http://jmmammal.oxfordjournals.org/content/75/1/60. DOI: 10.2307/1382236.
- Hunsaker II D, Shupe DV. 1977. Behavior of New World marsupials. Pp. 95-156, in Hunsaker II D (Ed.), The biology of marsupials. Academic Press, Inc., New York.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1978. Mapa Brasil Climas – escala 1:5.000.000. (http://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf). Data de acesso: Acassado em: 10 de setembro de 2015.
- IGA – Instituto de Geociência Aplicada. 1980. Mapa do município de Tombos, MG – escala 1:50.000: 5ª DL/DSG/ME.
- Julien-Laferrrière D. 1991. Organisation du peuplement de marsupiaux en Guyane Française. Revue d'Ecologie 46(2): 125-144.
- Lange RB, Jablonski EF. 1998. Mammalia do estado do Paraná: Marsupialia. Estudos de Biologia 43: 15-224.
- Lee AK, Cockburn A. 1985. Evolutionary ecology of marsupials: monographs on marsupial biology. Cambridge University Press, London.
- Lee AK, Woolley P, Braithwaite RW. 1982. Life history strategies of dasyurid marsupials. Pp. 1-11, in Archer M (Ed.), Carnivorous marsupials. Royal Zoological Society of New South Wales, Sydney.
- Leiner NO. 2009. Padrões de uso do espaço em multiplas escalas por roedores e marsupiais de Mata Atlântica. Tese de Doutorado, Departamento de Biologia Animal, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.
- Leiner NO, Dickman CR, Silva WR. 2010. Multiscale habitat selection by slender opossums (*Marmosops* spp.) in the Atlantic Forest of Brazil. Journal of Mammalogy 91(3): 561-565. http://jmmammal.oxfordjournals.org/content/91/3/561. DOI: 10.1644/09-MAMM-A-328.1.
- Leiner NO, Setz EZF, Silva WR. 2008. Semelparity and factors affecting the reproductive activity of the Brazilian slender opossum (*Marmosops paulensis*) in southeastern Brazil. Journal of Mammalogy 89(1): 153-158. http://jmmammal.oxfordjournals.org/content/89/1/153. DOI: 10.1644/07-MAMM-A-083.1.
- Leiner NO, Silva WR. 2007a. Effects of resource availability on the use of space by the mouse opossum *Marmosops paulensis* (Didelphidae) in a montane Atlantic Forest area, southeastern Brazil. Acta Theriologica 52(2): 197-204. http://link.springer.com/article/10.1007/BF03194215. DOI: 10.1007/BF03194215.
- Leiner NO, Silva WR. 2007b. Seasonal variation in the diet of the Brazilian slender opossum (*Marmosops paulensis*) in a montane Atlantic Forest area, southeastern Brazil. Journal of Mammalogy 88(1): 158-164. http://jmmammal.oxfordjournals.org/content/88/1/158. DOI: 10.1644/06-MAMM-A-088R2.1.
- Lessa ICM, Ribeiro TTL, Costa DP, Mangolin R, Enrice MC, Bergallo HG. 2007. Riqueza de pequenos mamíferos e complexidade de habitats em restingas do sudeste brasileiro. Pp. 1-2, in Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Sociedade de Ecologia do Brasil, Caxambu.
- Lessa LG, Costa FN. 2010. Diet and seed dispersal by five marsupials (Didelphimorphia, Didelphidae) in a Brazilian Cerrado reserve. Mammalian Biology 75(1): 2-16. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1616504708001146. DOI: 10.1016/j.mambio.2008.11.002.
- Lessa LG, Geise L. 2010. Hábitos alimentares de marsupiais didelfídeos brasileiros: análise do estado de conhecimento atual. Oecologia Australis 14(4): 918-927.
- Linardi PM. 2012. Os ectoparasitos de marsupiais brasileiros. Pp. 127-155, in Cáceres NC (Ed.), Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação. Editora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Loretto D, Vieira MV. 2008. Use of space by the marsupial *Marmosops incanus* (Didelphimorphia, Didelphidae) in the Atlantic Forest, Brazil. Mammalian Biology 73(4): 255-261. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S161650470700208X. DOI: 10.1016/j.mambio.2007.11.015.
- Lorini ML, Oliveira JAD, Persson VG. 1994. Annual age structure and reproductive patterns in *Marmosa incana* (Lund, 1841) (Didelphidae, Marsupialia). Zeitschrift für Säugetierkunde 59(2): 65-73.
- Macedo J, Loretto D, Mello MCS, Freitas SR, Vieira MV, Cerqueira R. 2007. História natural dos mamíferos de uma área perturbada do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Pp. 165-182, in Cronenberger C, Castro EVD (Eds.), Ciência e conservação na Serra dos Órgãos. IBAMA e Conservação Internacional, Brasília.
- Malcolm JR. 1995. Forest structure and the abundance and diversity of neotropical small mammals. Pp. 179-197, in Lowman MD, Nadkarni NM (Eds.), Forest canopies. Academic Press, Inc., San Diego.
- Margarido TCM, Braga FG. 2004. Mamíferos. Pp. 25-142, in Mikich SB, Bérnils RS (Eds.), Livro vermelho da fauna ameaçada no estado do Paraná. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba.
- Martin GM. 2005. Intraspecific variation in *Restodelphys halli* (Marsupialia: Didelphimorphia). Journal of Mammalogy 86(4): 793-802. http://jmmammal.oxfordjournals.org/content/86/4/793. DOI: 10.1644/1545-1542(2005)086[0793:IVILHM]2.0.CO;2.
- Melo GL, Sponchiado J. 2012. Distribuição geográfica dos marsupiais no Brasil. Pp. 93-110, in Cáceres NC (Ed.), Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação. Editora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Meyer-Lucht Y, Otten C, Puttker T, Pardini R, Metzger JP, Sommer S. 2010. Variety matters: adaptive genetic diversity and parasite load in two mouse opossums from the Brazilian Atlantic forest. Conservation Genetics 11(5): 2001-2013. http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10592-010-0093-9. DOI: 10.1007/s10592-010-0093-9.
- Mills HR, Bencini R. 2000. New evidence for facultative male die-off in island populations of dippers, *Parantechnus apicalis*. Australian Journal of Zoology 48(5): 501-510. www.publish.csiro.au/nid/90/paper/ZO00025.htm. DOI: 10.1071/ZO00025.
- Moreira DDO, Mendes SL. 2010. Diversidade de mamíferos em ecossistemas costeiros do estado do Espírito Santo. Pp. 59-74, in Pessoa LM, Tavares WC, Siciliano S (Eds.), Mamíferos de restingas e manguezais do Brasil. Sociedade Brasileira de Mastozologia e Museu Nacional do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Motta MFD. 1988. Estudo do desenvolvimento extrauterino de *Didelphis aurita* Wied, 1826, em cativeiro – investigação de critérios para estimativa de idade. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro/Museu Nacional, Rio de Janeiro, Brasil.
- Musturugi MA, Patton JL. 1997. Phylogeography and systematics of the slender mouse opossum *Marmosops* (Marsupialia, Didelphidae). University of California Publications in Zoology 130: 1-86 + ix.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2014. Portaria MMA nº 444, de 17 de dezembro de 2014. (www.icmbio.gov.br/portal/
- Bezerra, A.C. & Geise, L.: *Marmosops incanus*: estado da arte em síntese



- biodiversidade/fauna-brasileira/2741-lista-de-especies-ameacadas-saiba-mais.html). Acessado em 10 de setembro de 2015.
- Nascimento DC, Olímpio APM, Conceição E, Campos BATP, Fraga EC, Barros MC. 2015. Phylogeny of *Marmosops* and the occurrence of *Marmosops pinheiroi* (Pine, 1981) (Didelphimorphia, Didelphidae) in the Cerrado savanna of Maranhão, Brazil. *Genetics and Molecular Research* 14(1): 304-313. www.geneticsmr.com/articles/3909. DOI: 10.4238/2015.
- Nimer E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro.
- O'Connell MA. 1979. Ecology of didelphid marsupials from northern Venezuela. Pp. 73-87, in Eisenberg JF (Ed.), *Vertebrate ecology in the northern Neotropics*. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington DC.
- O'Connell MA. 1983. *Marmosa robinsoni*. *Mammalian Species* 203: 1-6. <http://mspecies.oxfordjournals.org/content/mspeciesarc/203/1>. DOI: 10.2307/3504031.
- Offerman HL, Dale VH, Pearson SM, Bierregaard Jr RO, O'Neill RV. 1995. Effects of forest fragmentation on neotropical fauna: current research and data availability. *Environmental Reviews* 3(2): 191-211. www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/a95-009#VjDey36rTIU. DOI: 10.1139/a95-009.
- Oliveira JAD, Lorini ML, Persson VG. 1992. Pelage variation in *Marmosa incana* (Didelphidae, Marsupialia) with notes on taxonomy. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 57(3): 129-136.
- Olson DM, Dinerstein E, Wikramanayake ED, Burgess ND, Powell GVN, Underwood EC, D'Amico JA, Itoua I, Strand HE, Morrison JC, Loucks CJ, Allnutt TF, Ricketts TH, Kura Y, Lamoreux JF, Wettengel WW, Hedao P, Kassem KR. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. *BioScience* 51(11): 933-938. <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/51/11/933.full>. DOI: 10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2.
- Owen J. 1982. *Feeding strategy: survival in the wild*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Paglia AP, Fonseca GAB, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, Leite YLR, Costa LP, Siciliano S, Kierulff MCM, Mendes SL, Tavares VC, Mittermeier RA, Patton JL. 2012. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. *Conservation International*, Arlington.
- Palma ART. 1996. Separação de nichos entre pequenos mamíferos de Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado em Ecologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.
- Pardini R, Bueno AA, Gardner TA, Prado PI, Metzger JP. 2010. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PLoS ONE* 5(10): e13666. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0013666>. DOI: 10.1371/journal.pone.0013666.
- Pardini R, Souza SM, Braga-Neto R, Metzger JP. 2005. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic Forest landscape. *Biological Conservation* 124(2): 253-266. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320705000613. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.01.033.
- Paresque R, Souza WPD, Mendes SL, Fagundes V. 2004. Composição cariotípica da fauna de roedores e marsupiais de duas localidades de Mata Atlântica no Espírito Santo, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 17(1): 5-34.
- Passamani M. 1993. Vertical stratification of small mammals in southeastern Brazil. *Mammalia* 65: 505-508.
- Passamani M. 1995. Vertical stratification of small mammals in Atlantic Hill Forest. *Mammalia* 59(2): 276-279.
- Passamani M. 2000. Análise da comunidade de marsupiais em Mata Atlântica de Santa Teresa, Espírito Santo. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 11(12): 215-228.
- Passamani M. 2003. O efeito da fragmentação da Mata Atlântica serrana sobre a comunidade de pequenos mamíferos de Santa Teresa, Espírito Santo. Tese de Doutorado em Ecologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Passamani M, Mendes SL, Chiarello AG. 2000. Non-volant mammals of the Estação Biológica de Santa Lúcia and adjacent areas of Santa Teresa, Espírito Santo, Brazil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 11(12): 201-214.
- Bezerra, A.C. & Geise, L.: *Marmosops incanus*: estado da arte em síntese
- Patton JL, Costa LP. 2003. Molecular phylogeography and species limits in rainforest didelphid marsupials of South America. Pp. 63-81, in Jones ME, Dickman CR, Archer M (Eds.), *Predators with pouches: the biology of carnivorous marsupials*. CSIRO Publishing, Collingwood.
- Patton JL, Silva MNF, Lara MC, Muirangi MA. 1994. Gene genealogy and differentiation among arboreal spiny rats (Rodentia: Echimyidae) of the Amazon Basin: a test of the riverine barrier hypothesis. *Evolution* 48(4): 1314-1323. www.jstor.org/stable/2410388?seq=1#page_scan_tab_contents. DOI: 10.2307/2410388.
- Patton JL, Reis SFD, Silva MNF. 1996. A molecular view of relationships among didelphid marsupials: sequence variation in the mitochondrial cytochrome b gene. *Journal of Mammalian Evolution* 3(1): 3-29. <http://link.springer.com/article/10.1007/BF01454252>. DOI: 10.1007/BF01454252.
- Percequillo AR, Hingst-Zaher E, Bonvicino CR. 2008. Systematic review of genus *Cerradomys* Weksler, Percequillo and Voss, 2006 (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae: Oryzomyini), with description of two new species from eastern Brazil. *American Museum Novitates* 3622: 1-46. <http://hdl.handle.net/2246/5927>.
- Pereira LG. 2006. Chapada Diamantina e Vale do rio Jequitinhonha: composição da mastofauna e estrutura microevolutiva de algumas populações de pequenos mamíferos. Tese de Doutorado em Genética, Programa de Pós-Graduação em Genética, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Pereira LG, Geise L. 2007. Karyotype composition of some rodents and marsupials from Chapada Diamantina (Bahia, Brasil). *Brazilian Journal of Biology* 67(3): 509-518. www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-69842007000300016&script=sci_arttext. DOI: 10.1590/S1519-69842007000300016.
- Pine RH, Dalby PL, Matson JO. 1985. Ecology, postnatal development, morphometrics, and taxonomic status of the short-tailed opossum, *Monodelphis dimidiata*, an apparently semelparous annual marsupial. *Annals of the Carnegie Museum* 54(6): 195-231.
- Pinheiro PS. 2003. Morfologia e ADNmt nos marsupiais *Marmosops incanus* e *Micoureus paraguayanus* (Didelphimorphia, Didelphidae): um teste de diversificação ao longo de gradientes ecológicos. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Evolução, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Pinheiro OS, Carvalho FMV, Fernandez FAS, Nessimian JL. 2002. Diet of the marsupial *Micoureus demerarae* in small fragments of Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 37(3): 213-218. www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/snfe.37.3.213.8575. DOI: 10.1076/snfe.37.3.213.8575.
- Prevedello JA, Ferreira P, Papi BS, Loretto D, Vieira MV. 2008. Uso do espaço vertical por pequenos mamíferos no Parque Nacional Serra dos Órgãos, RJ: um estudo de 10 anos utilizando três métodos de amostragem. *Espaço & Geografia* 11(1): 95-119.
- Puttker T, Martins TK, Bueno AA, Rossi NF, Pardini R. 2012. Respostas de marsupiais de Mata Atlântica à perda e fragmentação do habitat – um índice de vulnerabilidade baseado em padrões de ocupação. Pp. 455-469, in Cáceres NC (Ed.), *Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação*. Editora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Puttker T, Meyer-Lucht Y, Sommer S. 2008. Effects of fragmentation on parasite burden (nematodes) of generalist and specialist small mammal species in secondary forest fragments of the coastal Atlantic Forest, Brazil. *Ecological Research* 23(1): 207-215. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11284-007-0366-z>. DOI: 10.1007/s11284-007-0366-z.
- Ralls K. 1976. Mammals in which females are larger than males. *The Quarterly Review of Biology* 51(2): 245-276. www.jstor.org/stable/2823630.
- Rens W, O'Brien PCM, Yang F, Solanky N, Perelman P, Graphodatsky AS, Ferguson MWJ, Svartman M, Leo AAD, Graves JAM, Ferguson-Smith MA. 2001. Karyotype relationships between distantly related marsupials from South America and Australia. *Chromosome Research* 9(4): 301-308. <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA1016646629889>. DOI: 10.1023/A:1016646629889.
- Rocha PA, Ruiz-Esparza J, Beltrão-Mendes R, Da Cunha MA, Feijó JA, Ferrari SF. 2012. Expansion of the known range of *Marmosops incanus* (Mammalia, Didelphimorphia, Didelphinae) to the right bank of the São Francisco river in northeast Brazil. *Mammalia*



- 76(4): 441-445. www.degruyter.com/view/j/mamm.2012.76.issue-4/mammalia-2012-0031/mammalia-2012-0031.xml. DOI: 10.1515/mammalia-2012-0031.
- Rossi NF. 2011. Pequenos mamíferos não-voadores do Planalto Atlântico de São Paulo: identificação, história natural e ameaças. Dissertação de Mestrado em Ciências, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Ryser J. 1992. The mating system and male mating success of the Virginia opossum (*Didelphis virginiana*) in Florida. *Journal of Zoology* 228(1): 127-139. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-7998.1992.tb04437.x/abstract>. DOI: 10.1111/j.1469-7998.1992.tb04437.x.
- São Paulo. 1998. Fauna ameaçada no estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente/Governo do estado de São Paulo, São Paulo.
- São Paulo. 2008. Decreto Estadual nº 53.494 de 02 de outubro de 2008. Declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas, as quase ameaçadas, as colapsadas, as sobre-explotadas, as ameaçadas de sobre-explotação e com dados insuficientes para avaliação no estado de São Paulo e dá providências correlatas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo* 1(118): 187.
- Schulz MTF. 2011. Distribuição geográfica e variação morfométrica em *Marmosops incanus* (Lund 1840) (Didelphimorphia, Didelphidae). Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas, Departamento de Zoologia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Silva MNF, Patton JL. 1993. Amazonian phylogeography: mtDNA sequence variation in arboreal echymid rodents (Caviomorpha). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 2(3): 243-255. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055790383710237. DOI: 10.1006/mpev.1993.1023.
- Smith MF, Patton JL. 1991. Variation in mitochondrial cytochrome b sequence in natural populations of South American akodontine rodents (Muridae: Sigmodontinae). *Molecular Biology and Evolution* 8(1): 85-103. <http://mbe.oxfordjournals.org/content/8/1/85.abstract>.
- Smith MF, Patton JL. 1993. The diversification of South American murid rodents: evidence from mitochondrial DNA sequence data for the akodontine tribe. *Biological Journal of the Linnean Society* 50(3): 149-177. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1095-8312.1993.tb00924.x/abstract>. DOI: 10.1111/j.1095-8312.1993.tb00924.x.
- Smith N. 1986. Competition and resource partitioning in the guild of neotropical terrestrial frugivorous mammals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17(1): 169-188. www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.es.17.110186.001125?journalCod=e=ecolsys.1. DOI: 10.1146/annurev.es.17.110186.001125.
- Stallings JR. 1989. Small mammal inventories in an eastern Brazilian park. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences* 34(4): 153-200. <http://ufdc.ufl.edu/UF00095819/J>.
- Stokes VL, Pech RP, Banks PB, Arthur AD. 2004. Foraging behaviour and habitat use by *Antechinus flavipes* and *Sminthopsis murina* (Marsupialia: Dasyuridae) in response to predation risk in eucalypt woodland. *Biological Conservation* 117(3): 331-342. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320703004944. DOI: 10.1016/j.biocon.2003.12.012.
- Streilein KE. 1982. Behavior, ecology, and distribution of South American marsupials. Pp. 231-250, in Mares MA, Genoways HH (Eds.), *Mammalian biology in South America*. The University of Pittsburgh Press, Pittsburgh.
- Svartman M, Vianna-Morgante AM. 1998. Karyotype evolution of marsupials: from higher to lower diploid numbers. *Cytogenetics and Cell Genetics* 82(3-4): 263-266. <http://www.karger.com/Article/Pdf/15114>. DOI: 10.1159/000015114.
- Svartman M, Vianna-Morgante AM. 1999. Comparative genome analysis in american marsupials: chromosome banding and *in situ* hybridization. *Chromosome Research* 7(4): 267-275. <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1009274813921>. DOI: 10.1023/A:1009274813921.
- Svartman M, Vianna-Morgante AM. 2003. Conservation of chromosomal location of nucleolus organizer in american marsupials (Didelphidae). *Genetica* 118(1): 11-16. <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1022986600017>. DOI: 10.1023/A:1022986600017.
- Tate GHH. 1933. A systematic revision of the marsupial genus *Marmosa*, with a discussion of the adaptive radiation of the murine opossums (*Marmosa*). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 66(1): 1-250. <http://hdl.handle.net/2246/1036>.
- Tribe CJ. 1987. A mastofauna do estado do Rio de Janeiro, com especial referência à ordem Polyprotodontia (marsupiais). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro/Museu Nacional, Rio de Janeiro, Brasil.
- Tribe CJ. 1990. Dental age classes in *Marmosa incana* and other didelphoids. *Journal of Mammalogy* 71(4): 566-569. www.jstor.org/stable/1381795. DOI: 10.2307/1381795.
- Tyndale-Biscoe CH, Mackenzie RB. 1976. Reproduction in *Didelphis marsupialis* and *D. albiventris* in Colombia. *Journal of Mammalogy* 57(2): 249-265. <http://jmmamm.oxfordjournals.org/content/57/2/249>. DOI: 10.2307/1379686.
- Uruahy JCC, Collares JER, Santos MM, Barreto RAA. 1983. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos – Estudo fitogeográfico. Pp. 553-623, in Ministério das Minas e Energia (Ed.), *Projeto RadamBrasil: Levantamento de Recursos Naturais*. Ministério das Minas e Energia, Brasil.
- Van Roosmalen MGM, Van Roosmalen T, Mittermeier RA. 2002. A taxonomic review of the titi monkeys, genus *Callicebus* Thomas, 1903, with the description of two new species, *Callicebus bernhardi* and *Callicebus stephennashi*, from Brazilian Amazonia. *Neotropical Primates* 10: 1-52. <http://static1.1.sqspcdn.com/static/f/1200343/18197622/1337026076577/NP10.S.pdf?token=0oZzMItdJjwrXgBlmGpw5UzGA1k%3D>.
- Veloso HP, Rangel-Filho ALR, Lima JCA. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro.
- Vieira EM. 2006. Padrões de uso vertical do habitat por marsupiais brasileiros. Pp. 217-228, in Cáceres NC, Monteiro-Filho ELA (Eds.), *Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e evolução*. Editora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Vieira MF, Carvalho-Okano RM, Sazima M. 1991. The common opossum *Didelphis marsupialis* as a pollinator of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae). *Ciência e Cultura* 43: 390-393.
- Vivo M. 1997. A mastofauna da Floresta Atlântica: padrões biogeográficos e implicações conservacionistas. Pp. 60-63, in Anais da V Reunião Especial da SBPC – Floresta Atlântica: Diversidade Biológica e Sócio-Econômica. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), Blumenau.
- Voss RS, Jansa SA. 2003. Phylogenetic studies on didelphid marsupials II. Nonmolecular data and new IRBP sequences: separate and combined analyses of didelphine relationships with denser taxon sampling. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 276: 1-82. <http://hdl.handle.net/2246/444>.
- Voss RS, Jansa SA. 2009. Phylogenetic relationships and classification of didelphid marsupials, an extant radiation of new world metatherian mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 322: 1-177. <http://hdl.handle.net/2246/5975>.
- Voss RS, Lim BK, Díaz-Nieto JF, Jansa SA. 2013. A new species of *Marmosops* (Marsupialia: Didelphidae) from the Pakaraima highlands of Guyana, with remarks on the origin of the endemic Pantepui mammal fauna. *American Museum Novitates* 3778: 1-27. <http://hdl.handle.net/2246/6439>.
- Voss RS, Tarifa T, Yensen E. 2004. An introduction to *Marmosops* (Marsupialia: Didelphidae), with the description of a new species from Bolivia and notes on the taxonomy and distribution of other bolivian forms. *American Museum Novitates* 3466: 1-40. <http://hdl.handle.net/2246/2776>.
- Wilson DE, Reeder DM. 2005. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Zangrandi PL, Kajin M, Loretto D, Vieira MV, Cerqueira R. 2007. Semelparidade na catita *Marmosops incanus* (Didelphimorphia, Didelphidae). Pp. 1-2, in Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Sociedade de Ecologia do Brasil, Caxambu.
- Zangrandi PL, Kajin M, Vieira MV. 2008. Semelparidade no marsupial *Marmosops incanus* (Didelphimorphia, Didelphidae): um teste em 11 anos de monitoramento populacional. Pp. 1, in Anais do IV Congresso Brasileiro de Mastozoologia. Sociedade Brasileira de Mastozoologia, São Lourenço.

Submetido em 11/maio/2015

Aceito em 06/outubro/2015

Bezerra, A.C. & Geise, L.: *Marmosops incanus*: estado da arte em síntese



Activity budget in South American Sea Lions (*Otaria flavescens*) in the most northern South-Atlantic haul-out site

Daniela Sanfelice^{1,*}, Vilson de Castro Vasques², Helena Piccoli Romanowski³ & Humberto Luis Cappozzo^{4,5}

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Restinga. Rua Alberto Hoffmann, 285, Restinga, CEP 91791-508, Porto Alegre, RS, Brasil.

² In memoriam.

³ Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves, 9.500, Agronomia, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

⁴ Laboratorio de Ecología, Comportamiento y Mamíferos Marinos; Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" CONICET. Avenida Angel Gallardo 470 – C1405DJR, Buenos Aires, Argentina.

⁵ Fundación Azara – Universidad Maimónides, Hidalgo 775 7mo (C1405BDB), Buenos Aires, Argentina.

* Correspondence author: daniela.sanfelice@gmail.com

Abstract: Our aims was to characterize space occupation and to understand the different activities developed by the southern sea lions during the day and around the year in the Wildlife Refuge "Ilha dos Lobos", Torres, Brazil in 1995. A relationship of approximately 1:3 between activity and inactivity through the year was obtained. The inactivity revealed strong correlation with the relative density. Time invested in each behaviour is peculiar since the Wildlife Refuge "Ilha dos Lobos" is a site for seasonal resting and foraging of sub-adult males which are exposed to a high degree of disturbance and thermal stress.

Key-Words: Behaviour; No-reproductive colonies; Otariidae; Rio Grande do Sul; Ilha dos Lobos.

Resumo: Pressupostos de atividade do leão-marinho sul-americano (*Otaria flavescens*) no limite norte de distribuição das colônias de otarídeos no Atlântico Sul-ocidental. Objetivou-se caracterizar o padrão de ocupação espacial e compreender os pressupostos de atividade apresentados pelos leões-marinhos durante o dia ao longo do ano de 1995 no Refúgio Silvestre da Ilha dos Lobos, Torres, Brasil. Encontrou-se uma relação de aproximadamente 1:3 entre níveis de atividade e inatividade ao longo do ano. O grau de inatividade apresentou forte correlação com a densidade relativa. O tempo investido em cada atividade difere do referido na literatura porque o Refúgio de Vida Silvestre é uma colônia para descanso sazonal e alimentação de machos sub-adultos exposta a alto grau de perturbação antrópica e a stress térmico.

Palavras-Chave: Comportamento; Colônias não-reprodutivas; Otariidae; Rio Grande do Sul; Ilha dos Lobos.

In the State of Rio Grande do Sul coast there are two no-reproductive colonies of otariids: the "Molhe Leste de São Jose da Barra" (Rio Grande, 32°10'S) (Rosas *et al.*, 1994) and the Wildlife Refuge "Ilha dos Lobos" (Torres, 29°20'S, 49°42'W) (Sanfelice *et al.*, 1999). The Wildlife Refuge "Ilha dos Lobos" is a site for seasonal resting and foraging of subadult males of mainly *Otaria flavescens*, which are exposed to high degree of disturbance, suggesting the necessity of continued studies group for status monitoring (Engel *et al.*, 2014).

The otariids reproduce in the ground during summer time and feed at sea, with prolonged periods of fasting specially during the reproductive season (Boyd & Duck, 1991). The optimization of energetic investment is directed to behaviours that can improve the reproductive success, and individuals more successful in the energy economy have larger survival probability in the

end of the reproductive season (Bonnes, 1990). However, during the post-reproductive period (March-November), some subadults and adults (males, overall) can reach great distances, far from the breeding colonies. This period spent out of the breeding is actually the lesser known phase of the life cycle (Ferreira *et al.*, 2008). However, this period is of great interest considering the potential changes in the annual cycle related to the latitudes in large distribution species (Bronson, 1988; Costa, 1991). Behaviour studies in no reproductive pinniped colonies are very rare (Johnstone & Davis, 1987). Sanfelice *et al.* (1999) describe the seasonal occupation of the Wildlife Refuge "Ilha dos Lobos" by Otariidae in terms of species, sex and age groups. Complementary, the present study aims to contribute to the understanding of the use of energetic resources in that colony, which represent the most northern limit



of otariid colonies in the Southwestern Atlantic Ocean coasts. Our specific objectives were (i) to identify the substrate preference and occupation pattern of otariids in this site; (ii) to estimate the land activity budget of animals during light day hours and through the year and (iii) to study the variations in the behaviour pattern by the activity budgets method (focus in thermoregulation processes).

The Wildlife Refuge "Ilha dos Lobos" (29°20'S, 49°42'W) is situated in the north coast of the State of Rio Grande do Sul, has a volcanic origin and it is distant 1,800 m from the beach line. It is the only maritime isle of the State and its emerged area is about 16,000 m². The climate is humid subtropical (Cfa in the Koppen classification). Summers are warm and the hottest month is February, with an average temperature of 23°C. Winters are cool and the coldest month is July, with an average temperature of 15°C. The wettest month is March, with 142 mm of precipitation. The average annual temperature in the city is 19°C and the average annual precipitation is 1,390 mm, with rain regularly falling all year long (IBGE, 2008).

Always that the ocean conditions permitted, we jumped from a 5 meters long motorboat more or less near the island, swim and landed in the southern part of the isle to sample *Otaria flavescens* individuals present in 25 samples days during 1995. From these dates, it was possible to complete the behaviour sample in 14 occasions (1 day in the summer, 4 in the fall, 6 in the winter and 3 days in the spring) between 08:00 h and 18:00 h. We used dark neoprene clothes and stay near the ground level during the whole day to not disturb the animals. There were other complete field work during the summer time, however there were no otariids nearby the focused haul-out site in these occasions to perform the samples. It consists of a homogeneous group concerning age and sex, since nearest all animals are subadult males between 3 and 6 year approximately (Sanfelice *et al.*, 1999). We performed a focal animal sampling (FAS) over one individual sorted randomly during 15 minutes. Immediately after that, we scanned the instant behaviour of all animals present in the isle (Altmann, 1974) to estimate the proportion of time that one or more individuals expend in each activity. There was an interval of 30 minutes between each sample during the day. The activity repertoire is classified as follow: resting, alertness, displacement, agonistic behaviour, thermoregulation activity and accommodation (adapted from Crawley *et al.*, 1977; Trillmich & Majluf, 1980; Stirling, 1971). The activity named "accommodation" included: scratch, head movements (only considered in the scans) and change in the body position (only considered in the FAS).

We employed the chi-square test to verify homogeneity between each date, as well as the dates grouped following the seasons. This proof is also used to test the homogeneity of the degree of activity during time bands. The correlation between the degree of activity and density were analysed using the datasets available from Sanfelice *et al.* (1999) for the same dates. The

relationship between the behaviours (and between the behaviours and density as well) were described following the Pearson moment correlation formula and the significance was tested by a T test.

Otaria flavescens occupies the northern portion of the isle, overall a small (few meters) area aligned with the west-east axe of it. This region has a very flat relief and it is protected from waves and tidal variation. However, it has few spaces with shadow. Very near this narrow region, there are two places more used for the otariids to get in and off from the isle (one in the east – the principal one – and a secondary one in the west). During the Fall, it was remarkable the use of the high (1-2 m of height) and sparse stones (that exist between the centre towards the north of the island) for rest as well. There was a total of 100 hours of observations with 1,764 samples (scan + FAS). The degree of activity was 25.17% (74.83% of inactivity) in mean and so the Kolmogorov-Smirnov one-sample proof to test for a hypotheses of 0.25% of activity in means during the day in 1995 was accepted ($p \leq 0.01$). The data were homogenous when grouped per season ($\chi^2 = 3.829$, $df = 3$; $p \leq 0.05$) (Table 1). The activity was significantly associated with the day time ($\chi^2 = 41$, $df = 10$; $p \leq 0.001$) (Table 2), and we could identify three major blocks during the day with distinct activity levels, as follow: (1) from 08:51 to 12:10, activity level ≤ 0.25 ; (2) from 12:11 to 14:40, activity level ≥ 0.25 and (3) from 14:41 to 18:00 activity level ≤ 0.25 (Table 3). Alert and displacement activities doubled their proportions between the first and second period (Table 3). Consequently, they were the principal determinants for the higher activity level in the second block. Additionally, we observed a strong negative correlation between accommodation (scratch) and thermoregulation behaviour along the day ($r = -0.92$; $p \leq 0.05$). Inactivity (resting) was correlated significantly with relative density during day time ($r = 0.728$; $p \leq 0.05$). Alert, traslation and accommodation (head movements) presented a negative correlation with relative density ($r = -0.86$, $p \leq 0.05$; $r = -0.87$, $p \leq 0.05$; $r = -0.86$, $p \leq 0.05$, respectively). On the other hand, agonistic behaviour was positively correlated with relative density ($r = 0.71$, $p \leq 0.05$).

In addition, there is a total of 28 hours of focal animal samplings in the otariids presented over the Wildlife Refuge of "Ilha dos Lobos" and we found that they are active in mean 31.79% of the day time (68.21% of inactive time). However, the level of activity was not homogeneous between all dates sampled (Table 4). Activity was significantly associated with the day time as well ($\chi^2 = 62.78$, $df = 9$; $p \leq 0.001$) and we could identify three major blocks during the day with distinct activity levels, as follow: (1) from 08:51 to 11:20, activity level ≤ 0.32 ; (2) from 11:21 to 14:40, activity level ≥ 0.25 and (3) from 14:41 to 17:10, activity level ≤ 0.25 (Table 5). It is remarkable that the amount of variation during the day is quite similar between the different behaviours of the analysed repertoire and that agonistic and alert behaviours are correlated ($r = 1$, $p \leq 0.05$). We observed a strong negative correlation between accommodation

**Table 1:** Variation on the degree of activity in *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) using the scan method in the Wildlife Refuge “Ilha dos Lobos”, Southern Brazil in 1995. Data grouped by season.

		ACTIVE	INACTIVE	TOTAL	MEAN INDEX
Summer	expected	6.26	18.74	24	0.25
	observed	6	18		
Fall	expected	38	113.9	150	0.32
	observed	48	102		
Winter	expected	339.32	1,015.67	1,354	0.25
	observed	335	1,019		
Spring	expected	59.3	177.65	238	0.23
	observed	57	181		
TOTAL		446	1,320	1,766	0.2517

Table 2: Variation on the degree of activity in *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) using the scan method in the Wildlife Refuge “Ilha dos Lobos”, Southern Brazil during day time in 1995.

DAY TIME		ACTIVITY	RESTING	TOTAL	ACTIVITY INDEX (IN MEAN)
08:51-09:40	expected	20.13	59.86	80	0.19
	observed	15	65		
09:41-10:30	expected	34.7	103.26	138	0.17
	observed	24	114		
10:31-11:20	expected	69.7	207.28	277	0.21
	observed	58	219		
11:21-12:10	expected	47.31	140.68		
	observed	47	141	188	0.25
12:11-13:00	expected	60.65	180.34		
	observed	71	171	241	0.29
13:01-13:50	expected	50.84	151.15		
	observed	61	141	202	0.30
13:51-14:40	expected	41.27	122.72		
	observed	65	99	164	0.40
14:41-15:30	expected	54.87	163.13		
	observed	51	167	218	0.23
15:31-16:20	observed	35.33	104.76		
	expected	34	105	140	0.24
16:21-17:10	observed	17.62	52.38		
	expected	15	55	70	0.21
17:11-18:00	observed	11.57	34.42		
	expected	3	43	46	0.07
TOTAL		444	1,320	1,764	0.2417

Table 3: Activity presupposes of *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) using the scan method in the Wildlife Refuge “Ilha dos Lobos”, Southern Brazil during day time in 1995. Day time was divided in three blocks (1, from 08:51 to 12:10; 2, from 12:11 to 14:40 and 3, from 14:41 to 18:00 h). Each square shows (from the top to the bottom) the mean perceptual of each activity in relationship to the other ones, the absolute number of events sampled and the mean index of each activity in relationship to all the other activities (resting is not considered here).

	ALERT	DISPLACEMENT	AGONISTIC	SCRATCH	HEAD MOVEMENTS	THERMORREGULATION	TOTAL
Block 1	10.98%	2.2%	1.76%	1.76%	1.32%	3.51%	21.53%
	75	15	12	12	9	24	147
	(0.51)	(0.102)	(0.081)	(0.081)	(0.061)	(0.163)	(1)
Block 2	18.91%	4.93%	0.98%	1.97%	2.47%	3.1%	32.36%
	115	30	6	12	15	19	197
	(0.583)	(0.152)	(0.03)	(0.061)	(0.76)	(0.096)	(1)
Block 3	10.9%	2.96%	1.06%	2.7%	1.27%	2.75%	21.64%
	52	14	5	13	6	13	103
	(0.504)	(0.135)	(0.048)	(0.126)	0.058	(0.126)	(1)
Total	13.6%	3.36%	1.27%	2.14%	1.68%	3.12%	25.17%
	242	59	23	37	30	56	447
	(0.541)	(0.132)	(0.051)	(0.082)	0.067	(0.125)	(1)

(scratch) and thermoregulation behaviour along the day ($r = -0.99$; $p \leq 0.05$). Also, in the FAS method inactivity (resting) was correlated significantly to relative density during day time ($r = 0.59$; $p \leq 0.05$), besides conspicuous oscillations in the activity degree between 10:00-14:00 h. Therefore, we can summarize the behaviour related to thermoregulation in three phases, as follow: (1) during the morning, thermoregulation was low energetic cost, when most individuals were resting and occasionally elevating their flippers; (2) near mid-day, when the temperature usually increases (including the radiation reflected by the rocks), we found an increase in the alert behaviour, and the increase in the displacement is clearly related to short trips of the animals to the sea; (3) crescent inactivity. It is also interesting to detach the negative correlation between the behaviours of rise the fins and scratching, which probably denotes the behavioural plasticity to control the thermal stress.

Although the data were collected in 1995, our results are still the only existent information specifically about the behaviour of *Otaria flavescens* in a no-reproductive colony, and it is of special significance since the Wildlife Refuge of “Ilha dos Lobos” is the most northern limit of the colonies of otariids in the South Western Atlantic Ocean coast. In fact, in general, information about the behaviour of otariids in no-reproductive colonies are completely rare (e.g., Crawley, 1977; Johnstone & Davis, 1987). Otariids are submitted in a peculiar way to the meteorological conditions and topographical sites characteristics (Vaz Ferreira, 1965) and the activities in this no-reproductive and winter colony should be related to rest needs (mainly) and control of thermal stress, since the feeding activity of the species in the region is mainly influenced by the local fishing activity (Rosas et al., 1993; Machado et al., 2015).

The positive tigmotaxis between the males are probably due to the fact that these animals are not territorial in the studied area. High inactivity levels (at least above 50%) are a characteristic of all pinnipeds related to the energetic reserves optimization (Crawley, 1977;



Table 4: Variation on the degree of activity in *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) using the Focal Animal Sampling (FAS) method in the Wildlife Refuge “Ilha dos Lobos”, Southern Brazil during day time in 1995.

DAY TIME	ACTIVITY	RESTING	TOTAL	ACTIVITY INDEX (IN MEAN)
08:51-09:40	1516	6,404	7,920	0.1914
09:41-10:30	4,212.25	6,347.75	10,560	0.3988
10:31-11:20	2,992.50	8,417.50	11,410	0.2623
11:21-12:10	4,469	6,151	10,620	0.4208
12:11-13:00	4,509	8,391	12,900	0.3495
13:01-13:50	3,416	8,524	11,940	0.2861
13:51-14:40	5,105	5,455	10,560	0.4834
14:41-15:30	3,347	8,463	11,820	0.2832
15:31-16:20	1,709	6,151	7,860	0.2174
16:21-17:10	623	4,137	4,760	0.1309
Total	31,898.75	68,451.25	100,350	0.3179

Johnstone & Davis, 1987; Stirling, 1971; McCann, 1980; Vila *et al.*, 1990). In a colony of rest and foraging as the Wildlife Refuge “Ilha dos Lobos” (Rosas *et al.*, 1994; Sanfelice *et al.*, 1999; Engel *et al.*, 2014) individuals are looking forward to recuperate weight (for example) due to the high stress and efforts during the reproductive season.

The understanding of behavioral and ecological factors that influence population dynamics may support proactive management plans and better predictions of wildlife responses (Acevedo *et al.*, 2003; Gerber *et al.*, 2010). Otherwise, activity budgets can provide valuable insights into how animals interact with each other and their environment. They provide information on how a population is affected by changes in habitat, food supply, reproductive efforts, and many other physiological, social, or environmental parameters (Neumann, 2001). Accordingly, this is to our knowledge the most continuous monitoring of a South American sea lion no-breeding colony and futures and largest studies of the behaviour of otariids colonies in the Southern Brazil could better contribute to the understanding of the relationship between adaptations and distribution of species of Otariidae in the world (Pérez-Alvarez *et al.*, 2013).

Table 5: Activity presupposes of *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) using the Focal Animal Sampling (FAS) method in the Wildlife Refuge “Ilha dos Lobos”, Southern Brazil during day time in 1995. Day time was divided in three blocks (1, from 08:51 to 12:10; 2, from 12:11 to 14:40 and 3, from 14:41 to 18:00 h). Each square shows (from the top to the bottom) exhibit the mean perceptual of each activity in relationship to the other ones, the absolute number of events sampled (in seconds) and the mean index of each activity in relationship to all the other activities (resting is not considered here).

	ALERT	DISPLACEMENT	AGONISTIC	SCRATCH	POSITION CHANGE	THERMOREGULATION	TOTAL
Block 1	16.38%	0.67%	0.79%	1.41%	4.02%	5.9%	29.18%
	4,896.5	200.5	237	420	1,201.75	1,765	8,720.75
	(0.562)	(0.023)	(0.027)	(0.048)	(0.138)	(0.202)	(1)
Block 2	24.01%	0.66%	0.92%	3.22%	5.42%	3.8%	38.02%
	11,049	303	427	1481	2,492	1,747	17,499
	(0.631)	(0.017)	(0.024)	(0.085)	(0.142)	(0.1)	(1)
Block 3	11.56%	0.5%	0.59%	4.24%	4.60%	1.74%	23.24%
	2,825	123	143	1,036	1,126	426	5,679
	(0.586)	(0.022)	(0.025)	(0.182)	0.198	(0.075)	(1)
Total	18.71%	0.61%	0.8%	2.93%	4.8%	3.92%	31.77%
	18,770.5	626.5	807	2,937	4,819.75	3,938	31,898.75
	(0.588)	(0.019)	(0.025)	(0.091)	(0.151)	(0.124)	(1)

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are thankful to the fisherman Nelson Justo (*in memoriam*) and Tarciso Ferreira Velho for their help in fieldwork expeditons, to Sandra Maria Hartz, Enrique Alberto Crespo and César Jaeger Drehmer for their technical orientation and support, to the Astronomy Department of the Physics Insitute of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul for equipment loan and to Marcelo Rushel and Rui Rubem Ruschel for historical and/or practical orientations. We also are thankful to an anonymous reviewer which provided richly constructive comments that greatly improved the quality of the manuscript. This work is dedicated to Giovanni Sanfelice Vasques.

REFERENCES

- Acevedo J, Aguayo-Lobo A, Sielfeld W. 2003. Eventos reproductivos del león marino común, *Otaria flavescens* (Shaw, 1800), en el norte de Chile (Pacífico Suroriental). Revista de Biología Marina y Oceanografía 38: 69-75.
- Altmann J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. Behaviour 47: 227-267.
- Bronson FH. 1988. Mammalian reproductive strategies: genes, photoperiod and latitude. Reproduction, nutrition and development 28(2B): 335-347.
- Boyd IL, Duck CD. 1990. Mass changes and metabolism in territorial male antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*). Physiological Zoology 64(1): 375-392.
- Crawley MC, Starck JD, Dodgshun PS. 1977. Activity budgets of New Zealand fur seal *Arctocephalus forsteri* during the breeding season. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 11: 235-243.
- Costa P. 1991. Reproductive and foraging energetics of pinnipeds: Implications for life history patterns. Pp. 300-344, in Renouf D (Ed.), Behaviour of Pinnipeds. Springer Netherlands.
- Engel MT, Marchini S, Pont AC, Machado R, Oliveira LR. 2014. Perceptions and attitudes of stakeholders towards the Wildlife Refuge of Ilha dos Lobos, a marine protected area in Brazil. Marine Policy 45: 45-51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2013.11.012>.
- Ferreira J, Oliveira LR, Wynen L, Bester MN, Guinet C, Moraes N, Martins FM, Muelbert MM, Moreno IB, Siciliano S, Ott PH, Morgante JS. 2008. Multiple origins of vagrant Subantarctic fur seals: a long journey to the Brazilian coast detected by molecular markers. Polar Biology 31: 303-308.



- Gerber L, González-Suárez M, Hernández-Camacho C, Young J, Sabo J. 2010. The cost of male aggression and polygyny in California sea lions (*Zalophus californianus*). PLoS ONE 5: 1-8.
- IBGE 2008. Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_dtb_int.shtm). Acessado em 19 de março de 2015.
- Johnstone RM, Davis LS. 1987. Activity in a non-breeding colony of New Zealand fur seal, *Arctocephalus forsteri*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 21: 153-155.
- Machado R, Ott PH, Moreno IB, Danilewicz D, Tavares M, Crespo EA, Siciliano S, de Oliveira LR. 2015. Operational interactions between South American sea lions and gillnet fishing in southern Brazil, Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem. <http://dx.doi.org/10.1002/aqc.2554>.
- McCann TS. 1980. Territoriality and breeding behaviour of adult male Antarctic fur seal *Arctocephalus gazella*. Journal of Zoology 192: 295-310.
- Neumann DR. 2001. The Activity budget of free-ranging common dolphins (*Delphinus delphis*) in the northwestern Bay of Plenty, New Zealand. Aquatic Mammals 27: 121-136.
- Pérez-Alvarez MJ, Carrasco P, Sepúlveda M, Quiñones RA. 2013. Comparison of behavioral patterns of South American sea lions between breeding and non-breeding seasons. Revista de Biología Marina y Oceanografía 48: 155-163. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572013000100013>.
- Rosas FCW, Haimovici M, Pinedo MC. 1993. Age and growth of the South American sea lion, *Otaria flavescens* (Shaw, 1800), in Southern Brazil. Journal of Mammalogy 74(1): 141-147.
- Rosas FCW, Pinedo MC, Marmontel M, Haimovici M. 1994. Seasonal movements of South American sea lion (*Otaria flavescens*, Shaw) off the Rio Grande do Sul coast, Brazil. Mammalia 58(1): 51-59.
- Sanfelice D, Vasques VC, Crespo EA. 1999. Ocupação sazonal por duas espécies de Otariidae (Mammalia, Carnivora) da Reserva Ecológica Ilha dos Lobos, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia 87: 101-110.
- Stirling I. 1971. Studies on the behaviour of the South Australian fur seal, *Arctocephalus forsteri* (Lesson) II: annual cycle, postures and calls, and adult males during the breeding season. Australian Journal of Zoology 19: 243-266.
- Trillmich F, Majluf P. 1981. First observations on colony structure, behavior, and vocal repertoire of the South American Fur Seal (*Arctocephalus australis*, Zimmermann, 1783) in Peru. Mammalian Biology – Zeitschrift Für Säugetierkunde 46: 310-322.
- Vila AR, Cappozzo HL, Campagna C. 1990. Presupuestos de actividad del león marino sudamericano durante la temporada reproductiva. 4ª Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Valdivia.

Submetido em 26/março/2015

Aceito em 22/outubro/2015



Taxidermia de pequenos mamíferos não-voadores previamente preservados em meio líquido

Carlos Rodrigues de Moraes Neto¹, Ana Lazar² & Leila Maria Pessoa³

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Departamento de Vertebrados – MN/UFRJ.

² Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Reservatórios Silvestres Reservatórios, Pavilhão Lauro Travassos. Avenida Brasil, 4.365, Manguinhos, CEP 21040-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Zoologia, Laboratório de Mastozoologia, Edifício do Centro de Ciências da Saúde. Avenida Carlos Chagas Filho, 373, Cidade Universitária, CEP 21941-902, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

* Autor correspondente: ana.lgs@gmail.com

Resumo: É comum encontrarmos séries inteiras de espécimes de pequenos mamíferos preservados em meio líquido, mesmo não sendo o procedimento mais indicado. A técnica aqui proposta trata da preparação de exemplares fixados por um longo período de tempo em meio líquido e sobre particularidades no processo de taxidermia. O protocolo foi aplicado com sucesso em espécimes de *Thrichomys* sp. mantidos em álcool 70% comprovando que a utilização da taxidermia para o resgate de informações de mamíferos em via úmida contempla a recuperação de informações anatômicas. Os caracteres internos são revelados e os caracteres externos são mantidos íntegros para a apreciação científica.

Palavras-Chave: *Thrichomys*; Via úmida; Via seca; Roedores.

Abstract: Taxidermy of non-volant small mammals previously preserved in wet collection. Currently we often find complete series of specimens in fluid preserved collection, although it is not the most appropriate procedure. The technique proposed here details the taxidermy process of specimens preserved in wet collection for a long period of time. The protocol was applied successfully for specimens of *Thrichomys* sp. held f in 70% alcohol, proving that the use of taxidermy to rescue information from mammals in wet collection is able to recover anatomical information. The internal characters, the muscular and skeletal portions, are revealed and external characters, the skins, are kept intact and able to further scientific examination.

Key-Words: *Thrichomys*; Wet collection; Dry collection; Rodents.

A vastidão do mundo animal, com mais de 1 milhão e 500 mil espécies conhecidas, restringe os zoólogos a um ou alguns campos de interesse e pesquisa e, nesse sentido, torna-se impossível colecionar, preservar e estudar tudo (Papavero, 1994). Por isso, cada grupo de animal ou cada tipo de pesquisa exige particularidades específicas para sua preservação. O objetivo da preservação *post mortem* de um animal em instituições acadêmicas é viabilizar a obtenção e manutenção de informações relevantes sobre sua anatomia, fisiologia e sistemática. A palavra taxidermia vem do grego *tax* (ordenação) e *derme* (pele), sendo uma técnica clássica cujo surgimento ocorreu com a necessidade de preservar espécimes de vertebrados em gabinetes de curiosidades, no final do séc. XVI (Boitard & Maigne, 1881; Chwalisz *et al.*, 1994). Para estudos com mamíferos, 90% dos espécimes são preservados através da técnica de taxidermia e 10% mantidos em meio líquido (Auricchio & Salomão, 2002; Hornaday, 1916).

Na atualidade, com o aumento de inventários para consultoria de mastofauna, tem proliferado o número de espécimes a serem depositados em coleções científicas. No entanto, na maioria desses inventários, todos os

espécimes têm sido preservados em meio líquido (fixação com formalina 10% e manutenção em álcool 70%), mesmo não sendo o procedimento mais indicado. Nesse contexto, esse trabalho visa propor um protocolo de preparação através de taxidermia de indivíduos previamente mantidos em álcool.

Os espécimes utilizados nesse estudo pertencem ao gênero *Thrichomys* e foram coletados no estado de Tocantins entre 2008 e 2013. Trinta e um indivíduos foram coletados e mantidos em meio líquido, dos quais 12 foram submetidos ao protocolo a seguir (LBCE 12000, 12027, 12126, 12752, 12723, 12727, 12729, 12730, 12733, 12995, 13372, 13373). Os espécimes serão depositados na Coleção de Mamíferos do Museu Nacional, RJ.

Neste processo o material em meio líquido a ser taxidermizado (Figura 1A) deve ser lavado em água corrente por 2 minutos com o uso de sabão neutro (Figura 1B). Tal procedimento auxilia na reidratação da pele devido ao rompimento das cadeias lipídicas de revestimento associadas ao pelo, fazendo com que esta se torne mais tolerante a água e, conseqüentemente, mais flexível. Em seguida, o exemplar é submerso em uma solução de etanol 40% até que seus apêndices estejam maleáveis,

permitindo sua articulação. Esse processo pode durar de uma a quatro horas (Figura 1C). Durante esse processo de hidratação da pele, o exemplar deve ser observado a cada 15 minutos, uma vez que a exposição desmedida a esta solução pode resultar no apodrecimento dos tecidos moles, levando à perda de informações. Após o processo de hidratação, o exemplar é seco com papel absorvente, para que haja facilidade no processo de remoção da pele (Figura 1C). Nesse protocolo há uma abordagem diferenciada da usualmente utilizada em espécimes previamente frescos. Assim, 4 regiões do corpo do animal serão abordadas. **Região Abdominal:** inicia-se uma incisão

abdominal entre o processo xifóide do esterno até a região perianal, com precaução para o não rompimento da cavidade peritoneal e à manutenção das informações ligadas aos órgãos reprodutores. Com o auxílio de uma tesoura cirúrgica curva fina de ponta romba (Figura 1D), inicia-se o processo de remoção da pele. Pela fissura ocorre o desprendimento do tegumento na região ventral, nos apêndices posteriores, na cauda, na região dorsal, na região torácica, nos apêndices anteriores e na cabeça. Devido à falta de maleabilidade do tegumento, faz-se necessário a desarticulação dos membros posteriores e anteriores. **Membros posteriores:** Nesta região, a desarticulação é proferida entre o fêmur e a tíbia. Feita a desarticulação, a pele ligada a esses membros estará apta à eversão. A eversão deve ser feita até o local do músculo extensor dos dedos, onde haverá a desarticulação do membro na porção tarsal. **Região Caudal:** Por se tratar do gênero *Thrichomys*, que por característica realiza autotomia na região base-caudal, o tratamento da cauda necessitará de especificidades. Após o desprendimento dos membros posteriores, inicia-se a dissociação do tegumento com os músculos sacrocaudais, glúteo médio e coccígeo. Dada à luz do diâmetro caudal, com o auxílio de uma pinça anatômica estriada reta, efetua-se o movimento de alavanca para a remoção do tegumento associado ao músculo piriforme. Esse músculo se localiza após a região autotômica, e pode ser observado após as três primeiras vértebras caudais. Caso ocorra o rompimento das fibras musculares na base da cauda, deve-se iniciar uma nova incisão longitudinal preferencialmente na porção ventral da cauda para a remoção do tegumento desta região. **Membros anteriores:** Para que ocorra a total desarticulação desses membros é necessário o rompimento da musculatura estriada associada à escápula, entre os músculos peitorais, braquiocéfálico, romboide, supra espinhal e infra espinhal. Após o rompimento da musculatura epaxial associada à escápula, a pele do membro anterior estará apta a eversão. A pele na região apendicular anterior será desprendida até a região carpal, onde haverá a desarticulação do membro. **Região craniana:** Nesta região, a pele é desprendida da base do crânio em direção ao músculo auricular rostral. Uma incisão é feita na cartilagem do ouvido interno, direito e esquerdo, promovendo sua ruptura. Nesta instância o ouvido externo estará íntegro e associado ao tegumento. Após a remoção dos ouvidos externos, faz-se necessária a dissociação do tegumento na região orbital. Com o auxílio de uma lâmina nº 15 inserida no cabo de bisturi nº 3, nos lados esquerdo e direito do animal, remove-se o tecido tegumentar associado ao músculo retrator lateral do ângulo do olho até a porção frontal do músculo orbicular do olho. Para a remoção do lábio, uma incisão sobre o músculo bucinador faz-se necessária. Os lábios superior e inferior devem ser removidos conjuntamente para que não ocorram rupturas na epiderme. Por fim, rompe-se a cartilagem nasal resultando na remoção completa da pele.

Uma vez que a pele tenha sido retirada e por ainda se encontrar com alguma umidade. Assim é necessário tratá-la com pó de cálcio, através de sucessivas

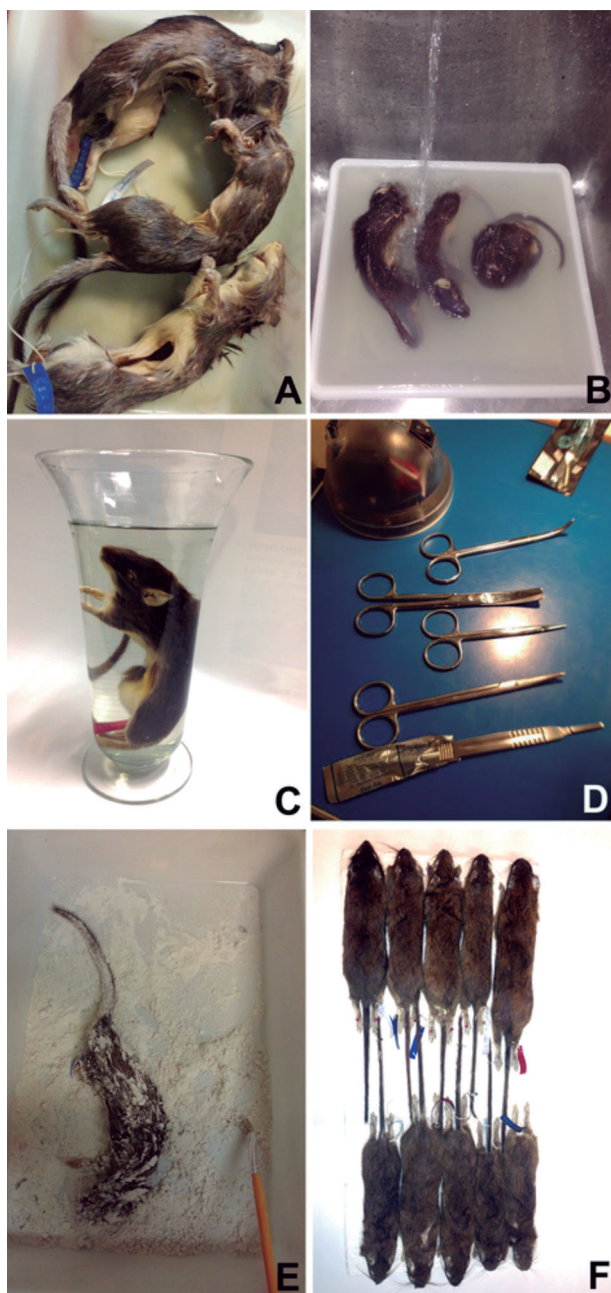


Figura 1: (A) Espécimes preservados em meio líquido; (B) Espécimes sendo lavados em água corrente; (C) Espécime imerso em solução de álcool 40%; (D) Material usado para a taxidermia, de baixo para cima: cabo de bisturi nº 3 e lâmina de bisturi nº 15; tesoura cirúrgica reta fina de ponta romba; tesoura cirúrgica reta fina de ponta fina; tesoura cirúrgica curva grossa de ponta romba; tesoura cirúrgica fina curva de ponta romba; (E) Secagem da pele com pó de cálcio após sua retirada; (F) Peles taxidermizadas.



exposições ao pó, até que esteja totalmente seca (Figura 1E). A partir desse momento o protocolo para o preenchimento da pele segue a técnica tradicional de taxidermia como descrito nos trabalhos de Aldrichi (1957), DeBlase & Martin (1974), Ferreira (1924), Metcalf (1981), Rowley & Chapman (1943) e Tiemeier (1936). Caso esta técnica seja aplicada em séries extensas, quando não há tempo hábil para o preenchimento de todos os exemplares, a armazenagem temporária somente das peles pode ser feita em uma solução de etanol 60%.

Este protocolo foi aplicado com sucesso a uma série de roedores do gênero *Thrichomys* mantida durante seis anos em álcool 70% (Figura 1F). Neste sentido, foi possível comprovar que a utilização da taxidermia para preservar a anatomia interna de mamíferos depositados em via úmida contempla o resgate do máximo de informações anatômicas de um mesmo exemplar. Os caracteres internos contidos nas porções musculares e esqueléticas são revelados, e os caracteres externos contidos nas peles, são mantidos íntegros e aptos à apreciação científica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres Reservatórios (IOC/FIOCRUZ) por disponibilizar os espécimes utilizados no estudo, ao Setor de Mamíferos do Museu Nacional (MN) – UFRJ pelo recebimento do material preparado

e ao Dr. João Alves de Oliveira (MN) pelas reflexões metodológicas curatoriais de âmbito do Museu Nacional. LMP é bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 305564/2010-2) e AL é bolsista CAPES e FAPERJ (E26/102.804/2011).

REFERÊNCIAS

- Aldrichi AD. 1957. Taxidermia. Ministério da Agricultura, Divisão de Caça e Pesca, Rio de Janeiro.
- Auricchio P, Salomão MG. 2002. Técnicas de Coleta e Preparação de Vertebrados para fins científicos e didáticos. Instituto Pau Brasil.
- Boitard M, Maigne MP. 1881. Nouveau Manuel Complet du Naturaliste Préparateur, Deuxième Partie – Taxidermie, Préparation des Pièces Anatomiques. Paris, Librairie Encyclopédique de Roret.
- Chwalisz P, Heinemann C, Lieberwirth J. 1994. Taxidermie, Kunst & Natur, Tierpräparation im Museum. Museum für Naturkunde, Magdeburg.
- DeBlase AF, Martin RE. 1974. A Manual of Mammalogy, with keys to families of the world. WCB, Dubuque.
- Ferreira AM. 1924. Breves Noções sobre a Preparação de Esqueletos para Estudo e para Museus, Baseadas nos Trabalhos Feitos no Museu Nacional do Rio de Janeiro. Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro 1(5): 341-354.
- Metcalf JC. 1981. Taxidermy, a complete manual. Duckworth.
- Papavero N. 1994. Fundamentos Práticos de Taxonomia Zoológica (coleções, bibliografia, nomenclatura). UNESP & FAPESP, São Paulo.
- Rowley J, Chapman FM. 1943. Taxidermy and Museum Exhibition. D. Appleton-Century Company – Incorporated. New York, London.
- Tiemeier OW. 1936. The Dermestid Method of Cleaning Skeletons. The University of Kansas, Science Bulletin XXVI(10): 377-382.

Submetido em 13/março/2015

Aceito em 22/agosto/2015



Boletim da
Sociedade Brasileira
de Mastozoologia



ÍNDICE

EDITORIAL

ARTIGOS

- Infecção natural por agentes zoonóticos em tatus (Mammalia: Cingulata) na América do Sul
Renata T. Capellão, Ana Lazar & Cibele R. Bonvicino..... 23
- Montagem e manutenção de colônias de besouros do gênero *Dermestes* (Coleoptera, Dermestidae) Linnaeus, 1758 para preparação de esqueletos usados em coleções biológicas
Letícia Braga Gomes & Ana Cristina Mendes-Oliveira 37
- Mamíferos de uma área de estepe ombrófila nos estados de Paraná e Santa Catarina, sul do Brasil
Jorge José Cherem & Sérgio Luiz Althoff 42
- Habitat suitability modelling for the greater naked-tailed armadillo (*Cabassous tatouay*) in the Brazilian and Uruguayan Pampas
Marcelo de Moraes Weber 51

ENSAIOS

- Sobre a Insolubilidade do Problema dos Conceitos de Espécies
Gabriel Marroig..... 59
- O estado da arte de *Marmosops incanus* (Lund, 1840) (Didelphimorphia, Didelphidae): uma síntese
Ana Carolina Bezerra & Lena Geise..... 65

NOTAS

- Activity budget in South American Sea Lions (*Otaria flavescens*) in the most northern South-Atlantic haul-out site
Daniela Sanfelice, Vilson de Castro Vasques, Helena Piccoli Romanowski & Humberto Luis Cappozzo 87
- Taxidermia de pequenos mamíferos não-voadores previamente preservados em meio líquido
Carlos Rodrigues de Moraes Neto, Ana Lazar & Leila Maria Pessôa 92

Remetente: Sociedade Brasileira de Mastozoologia
A/C Dr^a Cibele Rodrigues Bonvicino
Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres Reservatórios
Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz
Avenida Brasil, 4365, Pavilhão Lauro Travassos, Sala 70
21040-360, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Destinatário: