

CAPÍTULO 6

COMUNIDADE DE PEQUENOS MAMÍFEROS NÃO VOADORES E SEUS HELMINTOS

Data de aceite: 13/03/2023

Rosana Gentile

Laboratório de Biologia e Parasitologia
de Mamíferos Silvestres Reservatórios,
Instituto Oswaldo Cruz, Fundação
Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Sócrates F. Costa-Neto

Área de Saúde Ambiental, Fiocruz da
Mata Atlântica, Fundação Oswaldo Cruz,
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Programa de Pós-doutorado Júnior,
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil

Raquel G. Boullosa

Laboratório de Biologia e Parasitologia
de Mamíferos Silvestres Reservatórios,
Instituto Oswaldo Cruz, Fundação
Oswaldo Cruz
Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade e Saúde, Instituto Oswaldo
Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de
Janeiro, RJ, Brasil

Thiago S. Cardoso

Laboratório de Biologia e Parasitologia
de Mamíferos Silvestres Reservatórios,
Instituto Oswaldo Cruz, Fundação
Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Programa de Pós-Doutorado Nota 10,
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

(FAPERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Arnaldo Maldonado Jr.

Laboratório de Biologia e Parasitologia
de Mamíferos Silvestres Reservatórios,
Instituto Oswaldo Cruz, Fundação
Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMO: O monitoramento de pequenos mamíferos silvestres é de grande importância em saúde pública, especialmente em áreas próximas a centros urbanos, uma vez que esses animais podem atuar como reservatórios de patógenos zoonóticos ou como hospedeiros de parasitos de importância médico-veterinária. Os objetivos deste trabalho foram conhecer a comunidade de pequenos mamíferos e seus helmintos em diferentes áreas do Maciço da Pedra Branca, incluindo a Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica. Foram realizadas oito amostragens de 2012 a 2015 em diferentes tipos de habitat, representando áreas de mata preservada, áreas de transição entre os ambientes silvestres e urbanos e áreas de peridomicílio. Foram capturadas sete espécies de pequenos mamíferos: os marsupiais *Didelphis aurita*, *Metachirus myosurus*, *Marmosa paraguayana* e *Monodelphis americana*;

e os roedores *Akodon cursor*, *Oligoryzomys nigripes*, além do roedor sinantrópico *Rattus rattus*. *D. aurita* foi a única espécie que esteve presente em todas as amostragens, sendo a mais abundante. Deste modo, foi utilizada como espécie-alvo para o estudo da interação parasito-hospedeiro. Foram encontradas 13 espécies de helmintos em *D. aurita*, sendo a espécie relatada como novo hospedeiro para os nematoides *Globocephalus marsupialis* e *Trichuris didelphis*. A alta abundância de *D. aurita* e a baixa riqueza de espécies de pequenos mamíferos encontrada indicaram que a degradação ambiental dessas áreas de interface de ambiente urbano-silvestre possa estar reduzindo a riqueza de espécies. A maior abundância de pequenos mamíferos nas áreas mais perturbadas sugere o aumento de fatores favoráveis à ocorrência de espécies generalistas, como *D. aurita*, sinantrópicas, como *R. rattus*, e oportunistas, como *A. cursor* e *O. nigripes*, reconhecidas como reservatórios de diversos patógenos zoonóticos.

PALAVRAS-CHAVE: Didelphimorphia, Ecologia, Habitat, Parasitismo, Rodentia.

INTRODUÇÃO

A degradação de áreas naturais, como as florestas tropicais, tem levado a perdas de espécies e, com isso, modificado os padrões e processos ecológicos relacionados à biodiversidade. Dentre as consequências desse processo de degradação, têm sido constatadas alterações nas interações ecológicas e o surgimento de ambientes favoráveis à ocorrência de espécies que comumente atuam como vetores ou hospedeiros de parasitos. Esses fatores podem resultar em novas interações interespecíficas, favorecendo a transmissão de parasitos ao ser humano (GENTILE; D'ANDREA, 2016). Com isso, as alterações nos ambientes silvestres podem permitir a ocorrência, dispersão, manutenção ou novos estabelecimentos de focos naturais de parasitos (PAVLOVSKY, 1966), possibilitando ou aumentando a presença destes em áreas domiciliares, periurbanas ou rurais. Assim como as espécies de vida livre, os parasitos também podem sofrer influência das perturbações nos ecossistemas naturais, o que pode alterar suas ocorrências e distribuições, sendo algumas espécies favorecidas pelas alterações ambientais.

Os parasitos têm um papel fundamental na dinâmica dos ecossistemas. Eles podem afetar a sobrevivência e fecundidade de seus hospedeiros, alterar ou regular seus tamanhos populacionais, contribuir para a estruturação das comunidades e interferir nas interações ecológicas (POULIN, 2007). Esses processos podem influenciar um ecossistema inteiro, causando efeitos cascata, ou podem atuar no cenário de processos evolutivos, promovendo especiação ou extinção (COMBES, 1996).

Dentre uma ampla variedade de espécies que atuam em ciclos de zoonoses, os pequenos mamíferos não-voadores (roedores e marsupiais até 3Kg) representam um grupo de grande interesse em saúde, pois muitas espécies são apontadas como reservatórios naturais de parasitos que afetam o ser humano (HAN *et al.*, 2016). O monitoramento das populações desses animais contribui não apenas para um melhor conhecimento

da biodiversidade, mas também para a compreensão de sua participação em ciclos de zoonoses e de parasitos de importância veterinária. Tais monitoramentos visam a entender o papel desses animais como hospedeiros ou reservatórios de parasitos. Além disso, são essenciais para se compreender os mecanismos de transbordamento (*spillover*) de parasitos, que ocorre quando um parasito de uma população de um certo hospedeiro reservatório passa a ocorrer em uma nova espécie de hospedeiro. Cabe acrescentar que estudos sobre os fatores abióticos e as relações entre as espécies de um dado sistema envolvidas na dinâmica de transmissão dos parasitos também são essenciais para a compreensão dos mecanismos de transmissão desses parasitos e dos focos naturais das doenças transmissíveis (PAVLOVSKY, 1966).

Apesar da importância epidemiológica dos pequenos mamíferos, os projetos de pesquisa que envolvem ecologia animal não costumam abordar o fenômeno parasitismo, havendo um menor enfoque para os estudos de comunidades de parasitos quando comparados aos estudos de organismos de vida livre (GÓMEZ; NICHOLS, 2013). Interações ecológicas parasito-hospedeiro na fauna silvestre são pouco investigadas, sendo estudos nessa temática relativamente recentes (POULIN, 2007).

Os conhecimentos sobre a biodiversidade e os aspectos ecológicos e evolutivos das interações entre as espécies biológicas nos ambientes naturais e antropizados estão inseridos no conceito de Saúde Única. Esse conceito constitui uma visão inclusiva dos problemas de saúde, que englobam não apenas as questões diretamente ligadas à saúde pública, mas também aos aspectos da biodiversidade e das funções ecossistêmicas, e integra aspectos da saúde ambiental, humana e animal, incluindo o papel dos animais silvestres e domésticos nos ciclos de zoonoses. A atual pandemia de COVID-19, causada pelo SARS-CoV-2, de origem zoonótica, é um exemplo da necessidade de se integrar saúde animal e ambiental com a saúde humana no âmbito da saúde pública.

Dentro deste contexto, desde 2012 o Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres Reservatórios (LABPMR) do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/FIOCRUZ) vem desenvolvendo, em parceria com uma rede de laboratórios e instituições colaboradoras, um projeto intitulado “Estudos taxonômicos, ecológicos, genéticos e parasitológicos sobre mamíferos reservatórios de zoonoses de importância para a saúde pública em um mosaico de ocupação antrópica no Campus Fiocruz da Mata Atlântica e áreas adjacentes, RJ”, abrangendo a recentemente criada Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica (EFMA). Este projeto tem como objetivos principais conhecer a diversidade e analisar a dinâmica populacional, a estrutura de comunidades e o parasitismo dos pequenos mamíferos silvestres não-voadores em áreas do Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) e da EFMA, a fim de se compreender a participação dos pequenos mamíferos em ciclos de transmissão de parasitos e de agentes zoonóticos, dentro do conceito de Saúde Única. O projeto apresentou diversas etapas e continua em andamento com um programa de monitoramento dos pequenos mamíferos silvestres e seus parasitos. O projeto vem sendo executado pelo

LABPMR em parceria com uma rede de laboratórios e instituições colaboradoras por meio de apoio na realização das amostragens, bem como na análise e diagnóstico de parasitos em diversos tipos de amostras coletadas neste monitoramento. As principais parcerias da rede de colaboração foram estabelecidas com a Área de Saúde Ambiental da Fiocruz Mata Atlântica (Presidência/Fiocruz), com os Laboratórios de Hantavírus e Rickettsioses, Biologia de Tripanosomatídeos, Estudos Integrados em Protozoologia e Toxinologia, todos do IOC/FIOCRUZ, com o Laboratório de Pesquisa Clínica em Dermatozoonoses em Animais Domésticos do Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas (INI/FIOCRUZ), com o Departamento de Parasitologia Veterinária do Instituto de Veterinária da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (IV/UFRRJ), dentre outras.

Resultados relacionados à ecologia de populações e de comunidades de pequenos mamíferos e ao parasitismo por helmintos nesta área de estudo foram parcialmente publicados em artigos científicos pelo LABPMR (COSTA-NETO *et al.*, 2016; CASTRO *et al.*, 2017; GENTILE *et al.*, 2018; COSTA-NETO *et al.*, 2019), e utilizados em monografias (LOBO, 2016; CASTRO, 2015) e em dissertação e tese de pós-graduação (COSTA-NETO, 2017; TAVARES, 2018). Neste capítulo, serão apresentados os principais resultados e conclusões sobre a ecologia de comunidade dos pequenos mamíferos não-voadores e os aspectos parasitológicos e ecológicos dos helmintos de uma espécie-alvo referente ao período de 2012 a 2015, incluindo novas análises e abordagens ecológicas não publicadas.

Os objetivos deste trabalho foram:

- 1) Caracterizar a diversidade e a estrutura das comunidades de pequenos mamíferos na área de estudo, considerando-se ambientes silvestres, peridomiciliares e de transição entre os ambientes silvestre e urbano.
- 2) Caracterizar o habitat de cada área amostrada quanto à heterogeneidade e avaliar a influência desta na abundância e riqueza das espécies de mamíferos.
- 3) Caracterizar a diversidade e a estrutura da comunidade de helmintos de uma espécie-alvo de hospedeiro na área de estudo e estimar suas taxas de abundância, intensidade e prevalência.

METODOLOGIA

Áreas de estudo

O projeto foi desenvolvido nas áreas da EFMA e arredores, englobando áreas do PEPB, sede Pau-da-Fome, no município do Rio de Janeiro, RJ. As amostragens foram feitas em diferentes tipos de habitat na EFMA e no PEPB (**Figura 1**; GENTILE *et al.*, 2018). Áreas de peridomicílio foram amostradas na EFMA (22°56'18" S, 43°24'11" O; **Figura 2**) e na sede Pau-da-Fome do PEPB (22°55'57" S 43°26'34" O). Áreas de transição entre os ambientes de peridomicílio e florestais foram amostradas somente na EFMA (22°56'29" S 43°24'25" O (**Figura 3**). Áreas de mata preservada foram amostradas na EFMA (22°56'45"

S 43°25'00" O; **Figura 4**) e na sede Pau-da-Fome do PEPB (22°55' 57" S, 43°26'36"O).



Figura 1. Área de estudo indicando os ambientes amostrados na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica (EFMA; pontos 1 [peridomicílio], 2 [Transição], 3 [Mata]) e Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB; pontos 4 [peridomicílio], 5 [mata]), Rio de Janeiro, RJ, entre julho de 2012 a abril de 2015.



Figura 2. Área de peridomicílio na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica, Rio de Janeiro, RJ. Fonte: Acervo LABPMR; autora: Carla Macabu. Ano: 2016.



Figura 3. Área de transição entre ambientes urbano e silvestre na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica, Rio de Janeiro, RJ. Fonte: Acervo LABPMR; autora: Carla Macabu. Ano: 2016.



Figura 4. Área de mata preservada na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica, Rio de Janeiro, RJ. Fonte: Acervo LABPMR; autora: Carla Macabu. Ano: 2016.

As áreas de mata preservadas encontravam-se em locais distantes em aproximadamente 1 km das habitações humanas e, em grande parte, próximas ou acima da cota de 100 m de altitude, o que define o limite inferior do PEPB. Essas áreas apresentaram altura de dossel variando de 10 a 40 m e relevo irregular variando de plano a íngreme. As áreas de transição englobaram florestas perturbadas em processo de

regeneração com vegetação em diferentes estágios de sucessão ecológica. Essas áreas situavam-se entre as áreas de peridomicílio e a mata preservada, apresentando altura de dossel de 6 a 20 m e relevo plano. As áreas de peridomicílio localizavam-se nos quintais das casas de moradores da localidade, e apresentavam dossel baixo variando de 6 a 15 m, predominância de arbustos e pequenas árvores, presença de áreas alagadas e relevo variando de plano a moderado. Em todas as áreas, o sub-bosque variou de esparso a semiaberto. O clima da região é mesotérmico úmido, com verões quentes e chuvosos e invernos amenos (AYOADE, 1986).

Métodos de campo

As amostragens feitas na EFMA e arredores foram realizadas de julho de 2012 a abril de 2014, a cada quatro meses nos três tipos de habitat. As coletas feitas na sede Pau-da-Fome do PEPB foram realizadas em novembro de 2014 e abril de 2015 no habitat de peridomicílio e de mata.

Foram estabelecidos transectos lineares de captura de pequenos mamíferos de vinte pontos cada, sendo dois transectos por tipo de habitat, tanto na EFMA quanto no PEPB. Os pontos eram equidistantes em 15 m e em cada ponto foram colocadas duas armadilhas para captura de pequenos mamíferos no solo, sendo uma Sherman® (7,62 cm x 9,53 cm x 30,48 cm) e uma Tomahawk® (40,64 cm x 12,70 cm x 12,70 cm), apropriadas para captura de animais vivos com até 3 Kg. Cada campanha de coleta teve duração de cinco noites de capturas consecutivas. A isca utilizada foi uma mistura composta de toucinho defumado, aveia, banana e pasta de amendoim. O esforço total de captura foi de 4.240 armadilhas-noite.

Os animais capturados foram anestesiados e sofreram eutanásia para coletas de amostras de sangue, de tecidos e órgãos, e de helmintos. Todos os animais tiveram seus dados bionômicos coletados (idade, sexo, atividade reprodutiva, massa corpórea, tamanho do corpo e cauda). Esses procedimentos foram feitos em uma base laboratorial de campo dentro da EFMA. Animais jovens, fêmeas grávidas ou lactantes e animais excedentes à cota das licenças de coleta foram marcados com brincos numerados e soltos em seus respectivos pontos de captura. Todos os animais removidos foram taxidermizados e depositados como material testemunho na coleção científica do Departamento de Vertebrados do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (**Figura 5**).

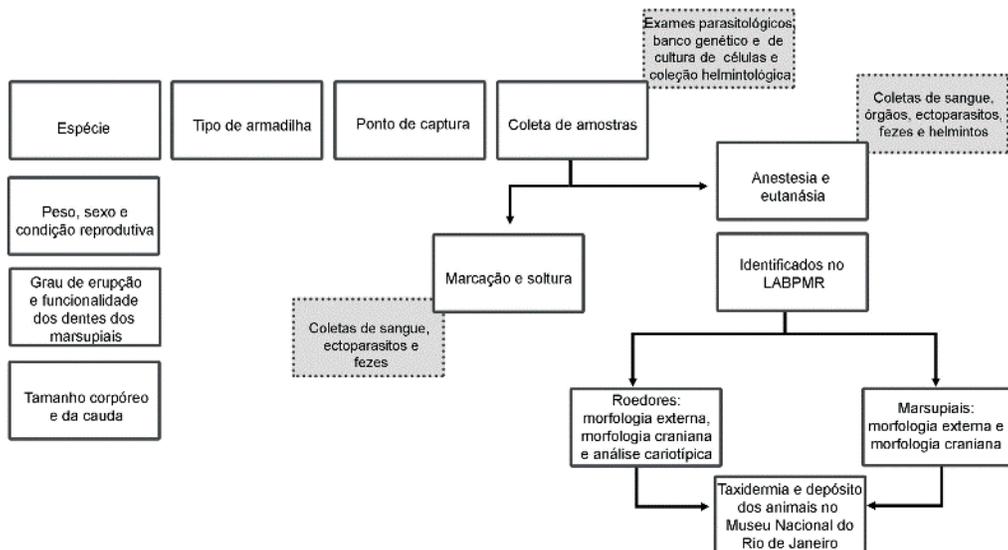


Figura 5. Procedimentos de coleta de pequenos mamíferos e seus helmintos realizados na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica e Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro, RJ, entre julho de 2012 a abril de 2015.

Sempre que possível, os indivíduos foram identificados pela morfologia externa em campo. Alguns marsupiais foram identificados em laboratório por meio de morfologia craniana. As espécies de roedores dos gêneros *Akodon* e *Oligoryzomys* foram identificadas por contagem cromossômica.

Os animais foram capturados com autorização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO, licença número 13.373) e do Instituto Ambiental do estado do Rio de Janeiro (INEA, licença número 020/2011). Todos os procedimentos seguiram as orientações para captura, manejo e cuidados com os animais do Comitê de Ética em Uso de Animais da Fundação Oswaldo Cruz (CEUA, licenças L-049/08, LW-81/12, e LW-39/14). Todos os procedimentos com os animais foram realizados no campo de acordo com normas de biossegurança nível 3.

Estudo do habitat

Variáveis de micro-habitat foram medidas em todas as estações de captura de pequenos mamíferos, somente nas áreas da EFMA (Figura 6). As variáveis foram medidas em dois pontos em cada estação de captura, sendo cada ponto representado por uma das duas armadilhas estabelecidas no solo para a captura de pequenos mamíferos. Em um dos pontos foram tomadas medidas a uma distância de 1,5 m da armadilha, formando-se um raio de 9 m², de acordo com metodologia modificada a partir de Freitas *et al.* (2002). Nove variáveis quantitativas foram medidas: porcentagem da cobertura da vegetação no solo

(CVS), porcentagem de folhagem (FOL), porcentagem de solo exposto (SOL), porcentagem de rochas (ROC), porcentagem de cobertura do dossel (DOS), altura do dossel (ALT), número de árvores com diâmetro na altura do peito ≥ 5 (ARV), número de troncos caídos (TRO) e porcentagem de obstrução vertical da vegetação na altura de 50 cm a 1 m (OVV).



Figura 6. Medição de variáveis de micro-habitat na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica, Rio de Janeiro, RJ. Acervo LABPMR; autor: Thiago S. Cardoso. Ano: 2019.

Coleta e identificação de helmintos

A coleta dos helmintos foi feita por pesquisa nas cavidades torácica e abdominal e no interior dos órgãos e tecidos, conforme descrito detalhadamente por Costa-Neto (2017). Todos os helmintos recuperados foram colocados em placas de Petri com solução salina (NaCl a 0,85%) e coletados com auxílio de microscópio estereoscópio.

Os helmintos foram fixados em solução de AFA (93 partes de etanol 70%, 5 partes de formol 0,4% e 2 partes de ácido acético 100%) aquecido a 65°C. Parte das amostras foi armazenada em etanol 70% para posteriores análises moleculares. Os trematódeos foram

fixados na mesma solução sob compressão, e os cestoides e acantocéfalos foram mantidos em água destilada para relaxamento da musculatura (AMATO *et al.*, 1991). Alguns dos espécimes de nematoides foram diafanizados com lactofenol ou álcool glicerinado. Alguns dos trematódeos, cestoides e acantocéfalos foram corados com carmim de Langeron ou hematoxilina de Delafield, diferenciada com cloridrato de 0,5% ácido, desidratado em uma série crescente de álcool, diafanizados em salicilato de metila, fixados em bálsamo do Canadá e montados em lâminas de acordo com Amato *et al.* (1991). Posteriormente, os espécimes foram analisados sob microscópio de luz (Axio Scope.A1-Zeiss acoplado a uma câmera digital Axio Cam MRc) para fotomicrografia.

Os espécimes foram contados e identificados com base em seus aspectos morfológicos de acordo com Yamaguti (1963), Schmidt (1972), Amin (1985, 2013), Golvan (1994) para acantocéfalos; Travassos (1937), Yamaguti (1961), Chabaud (1975, 1978), Anderson *et al.* (1978), Vicente *et al.* (1997), Anderson *et al.* (2009) para nematoides; Yamaguti (1959), Khalil *et al.* (1994) e Caira & Jensen (2017) para cestoides; e Yamaguti (1958, 1971), Travassos *et al.* (1969), Gibson *et al.* (2002), Jones *et al.* (2005), Bray *et al.* (2008) e Fernandes *et al.* (2015) para trematódeos; além de artigos de descrição e redescrição das espécies relacionadas. Todos os helmintos foram identificados no LABPMR. Exemplares de cada espécie foram depositados como material testemunho na Coleção Helmintológica do IOC/FIOCRUZ.

Análise de dados

Pequenos mamíferos

O sucesso de captura foi calculado como o número de animais capturados dividido pelo total de armadilhas-noite multiplicado por 100. Foi estimada a riqueza de espécies total e por área utilizando-se o estimador Chao-1, uma vez que as amostragens foram padronizadas e atenderam aos pressupostos do método (MAGURRAN, 2004). Foi feita uma curva de acumulação de espécies com o conjunto dos dados (curva do coletor). Foi calculado o índice de equitabilidade de Pielou (MAGURRAN, 2004) para cada área. Esse índice indica como as abundâncias das espécies se distribuem na comunidade. Também foi calculada a beta-diversidade entre as áreas visando a avaliar o grau de similaridade entre áreas em relação à composição e à abundância de espécies na comunidade, de acordo com o método de Baselga (2017). Foram calculados os componentes da beta-diversidade (*nestedness* - perda de espécies e *turnover* - substituição de espécies) que indicam se há mais substituição ou perda de espécies ou indivíduos entre sítios ao longo do gradiente ambiental, neste caso, as áreas de estudo. Nesta análise, quando os sítios não apresentam espécies em comum, o componente de substituição resulta em um valor máximo de um e o componente de perda de espécies resulta em um valor mínimo de zero (BASELGA, 2017).

As variáveis de habitat quantitativas foram transformadas em uma unidade de área

padrão, de acordo com Cerqueira & Freitas (1999). Posteriormente, foram calculados índices de heterogeneidade do habitat para cada transecto de acordo com Paglia *et al.* (1995) utilizando-se as variáveis CVS, FOL, ROC, DOS, ALT, ARV e TRO, que foram pré-selecionadas por não serem colineares. Esse índice foi correlacionado com a riqueza e a abundância de espécies encontrada em cada transecto por meio de Correlação de Pearson, dada a normalidade dos dados. Esta foi testada utilizando-se o método de Shapiro-Wilk.

Helmintos

A espécie-alvo *D. aurita* foi utilizada como modelo para o estudo da interação parasito-hospedeiro. Foram calculadas para cada espécie de helminto encontrada nesse marsupial a abundância média, a intensidade média e a prevalência de acordo com Bush *et al.* (1997). Foi analisada a estrutura da metacomunidade em relação às infracomunidades, utilizando-se a Análise de Estrutura de Metacomunidades de acordo com Leibold & Mikkelsen (2002) e Presley *et al.* (2010).

A curva de acumulação de espécies e o estimador de riqueza Chao-1 foram feitos no pacote vegan (OKSANEN *et al.*, 2020), o teste de Shapiro-Wilk foi realizado no pacote stats (R CORE TEAM, 2020), a correlação de Pearson foi realizada no pacote Hmisc (HARRELL JR. *et al.*, 2020) e a beta-diversidade foi realizada no pacote betapart (BASELGA *et al.*, 2018), todos no software R versão 4.0.2 (R CORE TEAM, 2020). A equitabilidade de Pielou foi calculada no software Past versão 3.08 (HAMMER *et al.*, 2001). A análise da estrutura da metacomunidade foi feita no Software MATLAB R2017B (THE MATHWORKS Inc., 2017) utilizando-se o script de EMS escrito por C. L. Higgins e disponível em <http://faculty.tarleton.edu/higgins/metacommunity-structure.html>. O nível de significância foi de 5% em todas as análises.

RESULTADOS

Pequenos mamíferos

Foram capturadas sete espécies de pequenos mamíferos, sendo quatro marsupiais: *Didelphis aurita* (**Figura 7**), *Metachirus myosurus* (TEMMINCK, 1824), *Marmosa paraguayana* (TATE, 1931) e *Monodelphis americana* (MÜLLER, 1776) (Didelphimorphia, Didelphidae), e três roedores: *Akodon cursor* (WINGE, 1887), *Oligoryzomys nigripes* (OLFERS, 1818) (Rodentia, Sigmodontinae) e o roedor sinantrópico *Rattus rattus* (LINNAEUS, 1758) (Rodentia, Muridae). O sucesso de captura total do estudo foi de 2,73%. O sucesso de captura por área foi de 4,41% no peridomicílio, 2,66% na transição e 1,11% na mata. A espécie mais abundante entre os marsupiais capturados foi *D. aurita*. Foi observado um baixo número de indivíduos capturados para as demais espécies (Tabela 1). *D. aurita* foi a única espécie que esteve presente em todas as coletas. As outras espécies

foram capturadas ocasionalmente, sendo que *M. myosurus* foi representada por um único indivíduo. A curva de acumulação de espécies indicou suficiência amostral para o conjunto das áreas estabilizando após cinco coletas (**Figura 8**). A riqueza de espécies esperada total não diferiu da observada (7 espécies, Erro Padrão = 0,23).



Figura 7. *Didelphis aurita* (WIED-NEUWIED, 1826) (Didelphimorphia: Didelphidae). Fonte: Acervo LABPMR; autor: Sócrates F. Costa-Neto. Ano: 2013.

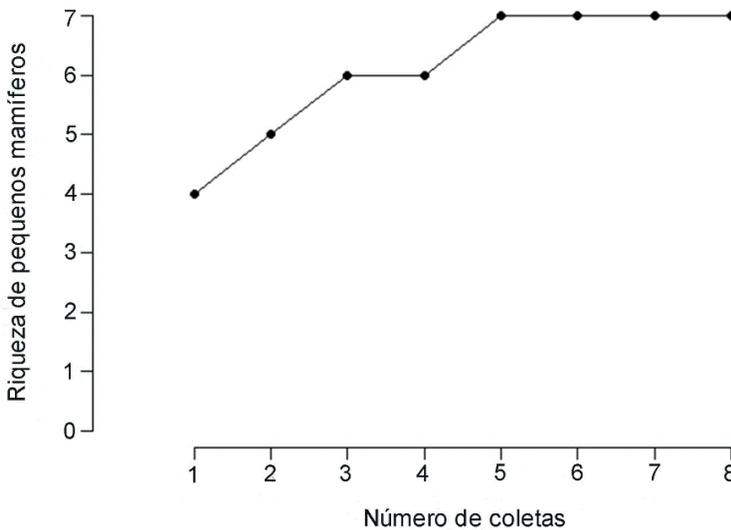


Figura 8. Curva de acumulação de espécies de pequenos mamíferos capturados na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica e Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro, RJ, entre julho de 2012 e abril de 2015.

A riqueza de espécies pouco variou entre áreas, sendo cinco espécies encontradas no peridomicílio e quatro na área de transição e na mata, incluindo-se o roedor sinantrópico nas duas primeiras áreas (Tabela 1). Ressalta-se a ocorrência de apenas um indivíduo de *M. myosurus* na área de transição e da espécie *M. americana* apenas na área de mata. A riqueza estimada diferiu da observada somente para a transição, contudo a riqueza observada estava dentro do intervalo de confiança da esperada (Tabela 2). Todas as sete espécies foram capturadas na EFMA e arredores. Apenas *D. aurita* e *O. nigripes* também foram capturadas na sede Pau-da-Fome do PEPB.

Tabela 1. Espécies e abundância de pequenos mamíferos coletados por área, entre julho de 2012 e abril de 2015 na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica e no Parque Estadual da Pedra Branca sede Pau-da-Fome, Rio de Janeiro, RJ.

Espécie	Áreas		
	Peridomicílio	Transição	Mata Preservada
<i>Didelphis aurita</i>	51	28	11
<i>Metachirus myosurus</i>	0	1	0
<i>Marmosa paraguayana</i>	1	0	3
<i>Monodelphis americana</i>	0	0	2
<i>Akodon cursor</i>	7	0	0
<i>Oligoryzomys nigripes</i>	3	1	1
<i>Rattus rattus</i>	5	2	0

A equitabilidade foi maior para as áreas de mata em relação às outras áreas estudadas (Tabela 2). A beta-diversidade total, ou seja, o grau de variação entre as áreas em relação à diversidade de espécies, foi de 0,58, indicando uma diferenciação moderada entre áreas, sendo 0,19 atribuído à substituição e 0,39 à perda de espécies e indivíduos, comparando-se as três áreas.

Tabela 2. Índices de riqueza de espécies observada (número de espécies), riqueza esperada de acordo com o método de Chao-1 (erro padrão), e equitabilidade (Pielou) dos pequenos mamíferos capturados por área entre julho de 2012 e abril de 2015 na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica e no Parque

Índices \ Áreas	Peridomicílio	Transição	Mata Preservada
Riqueza observada	5	4	4
Riqueza estimada	5 (0,45)	4,5 (1,25)	4 (0,22)
Equitabilidade	0,521	0,369	0,726

Habitat dos pequenos mamíferos

A heterogeneidade do habitat não esteve correlacionada com a riqueza de espécies ($r = 0,28$ $p = 0,59$) ou com a abundância de espécies de pequenos mamíferos ($r = -0,13$, $p = 0,81$) (Tabela 3).

Tabela 3. Índice de heterogeneidade ambiental, riqueza total de espécies e abundância total de espécies de pequenos mamíferos para cada transecto entre julho de 2012 e abril de 2015 na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica, Rio de Janeiro, RJ.

Transecto	Heterogeneidade	Riqueza Total	Abundância Total	Área
A	7,52	3	18	Transição
B	4,52	2	14	Transição
C	8,45	3	17	Peridomicílio
D	4,3	4	36	Peridomicílio
E	4,68	1	4	Mata Preservada
F	6,46	4	11	Mata Preservada

Helminthos

Foram encontradas 13 espécies de helmintos em 48 indivíduos analisados. Todos os animais estavam infectados com pelo menos uma espécie de helminto. A abundância média total foi de 237,47 espécimes de helmintos, variando de zero a 2088. A riqueza média de espécies foi de 5,32. Nove espécies encontradas pertenceram ao filo Nematoda: *Aspidodera raillieti* (TRAVASSOS, 1913) (Ascaridida, Aspidoderidae) (**Figura 9A**); *Cruzia tentaculata* (RUDOLPHI, 1819) (TRAVASSOS, 1922) (Ascaridida, Kathlaniidae) (**Figura 9B**); *Trichuris minuta* (RUDOLPHI, 1819) (Trichocephalida, Trichuridae) e *Trichuris didelphis* (BARERO, 1959) (Trichocephalida, Trichuridae) no intestino grosso; *Travassostrongylus orloffii* (TRAVASSOS, 1935) (Rhabditida, Viannaiidae); *Viannaia hamata* (TRAVASSOS, 1914) (Rhabditida, Viannaiidae) e *Globocephalus marsupialis* (FREITAS; LENT, 1936) (Rhabditida, Ancylostomatidae) no intestino delgado; *Heterostrongylus heterostrongylus* (TRAVASSOS, 1925) (Rhabditida, Angiostrongylidae) (**Figura 9C**) nos brônquios e bronquíolos; e *Turgida turgida* (RUDOLPHI, 1819) (TRAVASSOS, 1919) (Spirurida, Physalopteridae) (**Figura 9D**) no estômago. Três espécies do filo Platyhelminthes foram

identificadas: os trematódeos *Duboisella prolobo* (BAER, 1938) (Strigeidida, Strigeidae); *Brachylaima advena* (DUJARDIN, 1843) (Brachylaemiformes, Brachylaimidae) e *Rhopalias coronatus* (RUDOLPHI, 1819) (STILES; HASSALL, 1898) (Plagiorchiida, Rhopaliidae) no intestino delgado. Também foi encontrada uma espécie do filo Acanthocephala no intestino delgado, *Oligacanthorhynchus microcephalus* (RUDOLPHI, 1819) (SCHMIDT, 1972) (Archiacanthocephala, Oligacanthorhynchidae).

As espécies que apresentaram maiores abundâncias e intensidades médias foram *V. hamanta*, *C. tentaculata*, *A. raillieti* e *T. orloffii*. As mais prevalentes foram *T. turgida*, *C. tentaculata*, e *T. orloffii*, cada uma delas infectando mais de 75% dos animais (Tabela 4).

A estrutura da metacomunidade de helmintos, considerando-se as infracomunidades, mostrou-se aleatória (coerência não significativa; ausências embutidas = 185; $p = 0,33$; Média = 205,3; DP = 20,90) (**Figura 10**).

Espécies	<i>Aspidodera ralleli</i>	<i>Brachylaima Advena</i>	<i>Cruzia tentaculata</i>	<i>Duboisella proloba</i>	<i>Globocephalus marsupialis</i>	<i>Heterostrongylus heterostrongylus</i>	
Intensidade	34,39 ± 42,67	17,83 ± 31,26	89,05 ± 132,76	16,45 ± 25,45	9,66 ± 11,71	5,53 ± 3,44	
Abundância	20,48 ± 36,88	4,55 ± 17,19	72 ± 124,22	3,85 ± 13,80	0,61 ± 3,41	1,76 ± 3,22	
Prevalência	59,57 (44,27–73,63)	25,53 (13,95–40,35)	80,85 (66,74–90,85)	23,40 (12,30–38,03)	6,38 (1,34–17,54)	31,91 (47,12–19,09)	
Espécies	<i>Oligacanthorhynchus Microcephalus</i>	<i>Rhopalias Coronatus</i>	<i>Travassostongylus Oloffii</i>	<i>Trichuris didelphis</i>	<i>Trichuris Minuta</i>	<i>Turgida turgida</i>	<i>Vianana hamata</i>
Intensidade	4,66 ± 8,78	2 ± 0	28,62 ± 36,38	1 ± 0	11 ± 15,35	10,33 ± 8,06	144,46 ± 352,36
Abundância	2,08 ± 6,25	0,04 ± 0,29	22,53 ± 36,38	0,02 ± 0,14	2,57 ± 8,56	8,57 ± 8,31	98,36 ± 297,16
Prevalência	44,68 (30,17–59,88)	2,12 (0,05–11,29)	78,72 (64,34–89,30)	2,12 (0,05–11,29)	23,40 (12,30–38,03)	82,97 (69,19–92,35)	68,08 (52,88–80,91)

Tabela 4. Abundância média, intensidade média (\pm desvio padrão) e prevalência (intervalo de confiança de 95%) para as espécies de helmintos de *Didelphis aurita* entre julho de 2012 e abril de 2015 na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica e no Parque Estadual da Pedra Branca sede Pau-da-Fome, Rio de Janeiro, RJ.

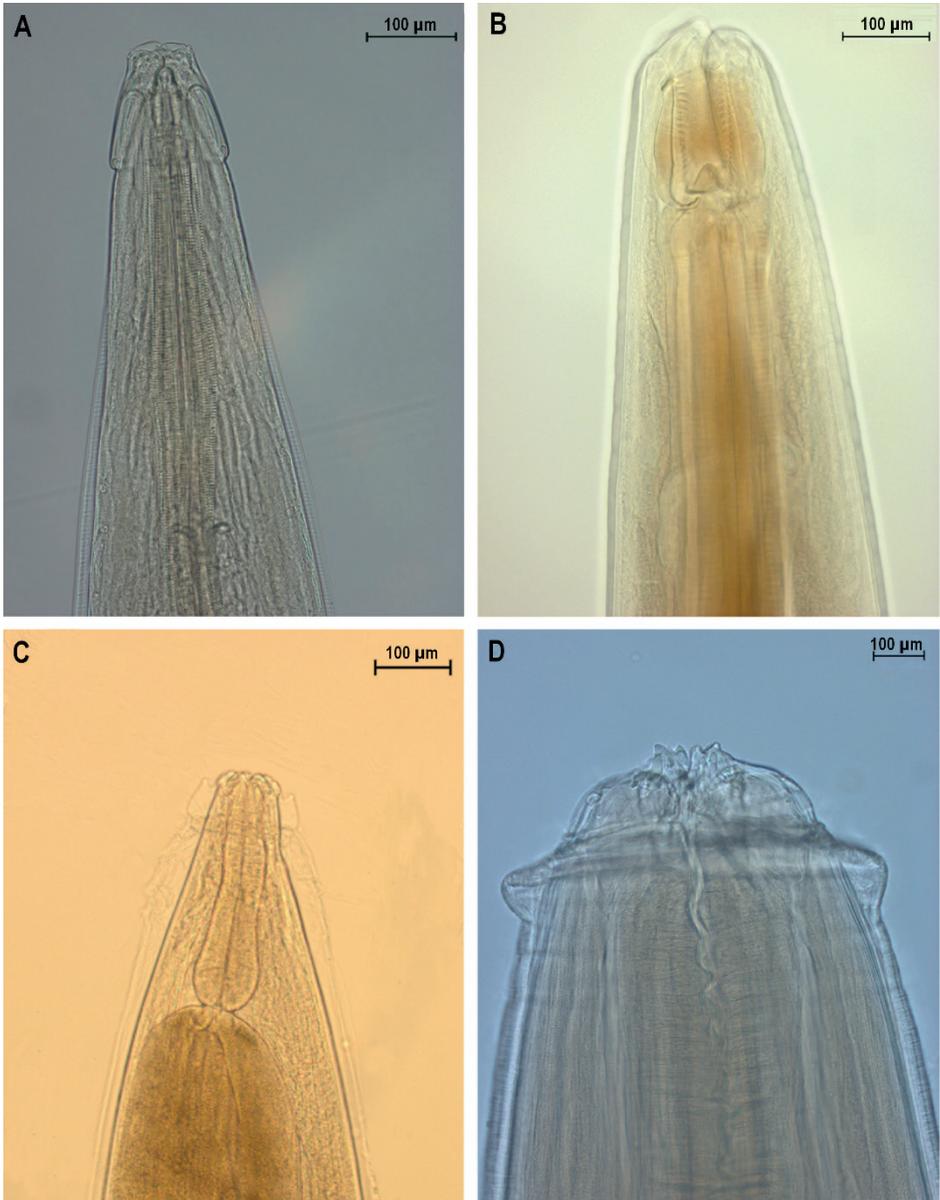


Figura 9. Microscopia óptica (campo claro) de helmintos adultos, extremidade anterior do macho. (A) *Aspidera raillieti* (TRAVASSOS, 1913), (B) *Cruzia tentaculata* (RUD, 1819) (TRAVASSOS, 1917), (C) *Heterostrongylus heterostrongylus* (TRAVASSOS, 1925), (D) *Turgida turgida* (RUDOLPHI, 1819). Fonte: acervo LABPMR; autores: A, B e D – Raquel G. Boullosa; C – Sócrates F. Costa-Neto. Ano: 2015.

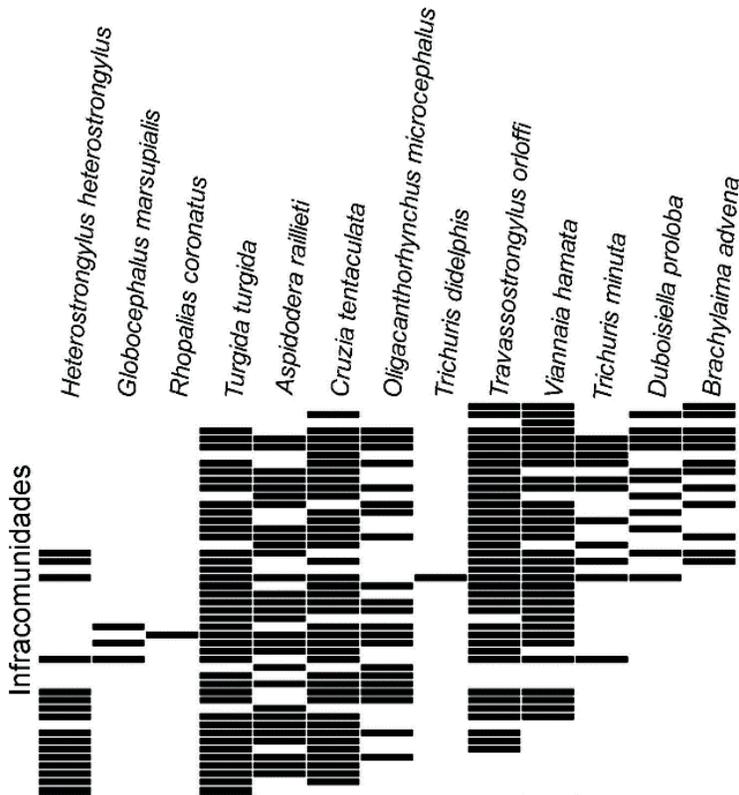


Figura 10. Matriz ordenada para a metacomunidade de helmintos recuperados no marsupial *Didelphis aurita* (WIED-NEUWIED, 1826) (Didelphimorphia: Didelphidae) capturados na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica e Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro, RJ, entre julho de 2012 e abril de 2015. As linhas correspondem aos espécimes de hospedeiros (infracomunidades) e as colunas correspondem as espécies de helmintos. As barras indicam a presença da espécie de helminto em uma infracomunidade.

DISCUSSÃO

Comunidade de pequenos mamíferos

A riqueza de espécies observada no presente estudo (7 espécies) foi baixa em relação a outros estudos realizados na Mata Atlântica, onde já se registrou riqueza de até 26 espécies (MACHADO *et al.*, 2013). Em amostragens realizadas pelo LABPMR em 2001 nas mesmas localidades, foram registradas oito espécies de pequenos mamíferos (GENTILE *et al.*, 2018). Nessas amostragens, o marsupial *D. aurita* também foi a espécie mais abundante, sendo também registradas outras espécies comuns ao presente estudo, como *M. myosurus*, *M. americana*, *M. paraguayana*, *A. cursor* e *O. nigripes*. Observou-se uma composição de espécies semelhante nos dois momentos, com exceção da ocorrência

de *Gracilinanus microtarsus* (WAGNER, 1842) e *Coendou spinosus* (CUVIER, 1823) em 2001 e do roedor sinantrópico *R. rattus* nas coletas de 2012 a 2015.

Em um outro levantamento de pequenos mamíferos, realizado por Oliveira *et al.* (2012) de 2005 a 2007 em diferentes altitudes do Parque Estadual da Pedra Branca, foram registradas 10 espécies de pequenos mamíferos silvestres, com dominância de *D. aurita*. Esses autores relataram a presença de *Marmosops incanus* (LUND, 1840), *Philander frenatus* (OLFERS, 1818) e *Guerlinguetus brasiliensis* (GMELIN, 1788), espécies que não foram capturadas no presente estudo, embora o último tenha sido registrado visualmente em áreas do CFMA. Com isso, considerando-se todos esses estudos, foram registradas 11 espécies de pequenos mamíferos silvestres não voadores para a EFMA e PEPB, excluindo-se espécies sinantrópicas invasoras.

Os baixos valores de diversidade, incluindo a beta-diversidade, indicaram pouca diferença entre as áreas na abundância e composição de espécies. Apesar disso, a maior equitabilidade de espécies registrada para o ambiente de mata preservada esteve relacionada com a menor abundância da espécie dominante *D. aurita* nessa área em relação às demais espécies. Além disso, o baixo sucesso de captura do estudo, que foi maior na área mais perturbada (peridomicílio), pode estar associado às condições presentes nessas áreas que favoreceram a maior abundância e ocorrência de espécies generalistas, oportunistas ou sinantrópicas, como *D. aurita*, *A. cursor*, *O. nigripes* e *R. rattus*. Gentile *et al.* (2018) sugeriram duas hipóteses para essas questões: a perda de espécies, principalmente especialistas, resultado do fenômeno conhecido como floresta vazia (*empty forest*; REDFORD, 1992); ou o fato de que a área está no limite de dispersão dos indivíduos provenientes de áreas preservadas do interior da floresta. Cabe acrescentar que a presença constante de animais domésticos, como cães e gatos, que se deslocam livremente nas áreas florestadas, também pode ter contribuído para a baixa riqueza de espécies e baixo sucesso de captura no estudo.

O marsupial *D. aurita* apresentou elevada abundância em comparação com as outras espécies capturadas. Outros estudos conduzidos em áreas de interface de ambientes silvestre e urbano na borda do Parque Nacional da Serra dos Órgãos também registraram a ocorrência desse marsupial em elevada abundância (GENTILE *et al.*, 2004; MACEDO *et al.*, 2007; KAJIN *et al.*, 2008). O contínuo processo de degradação ambiental levou ao desaparecimento de muitas espécies predadoras de gambá, restringindo-as a manchas de habitat de maior tamanho. Esse fato pode ter contribuído para tornar o gambá uma espécie dominante nas comunidades de pequenos mamíferos em áreas perturbadas.

O marsupial *M. myosurus* foi registrado apenas uma vez na área de transição, fato esse que sugere que essa espécie possa ter sido impactada pela degradação do local. A espécie *M. americana* apresentou baixa frequência no presente estudo e foi registrada apenas na área de mata. O marsupial *M. paraguayana* foi encontrado em duas das três áreas estudadas, incluindo o peridomicílio, o que sugere que ela possa ocorrer em ambientes

com distintos padrões de influência antrópica. A ausência de armadilhas colocadas em sub-bosque ou dossel podem ter subestimado a detecção do marsupial *Gracilinanus microtarsus*, bem como do roedor *Guerlinguetus brasiliensis*, que são arborícolas.

Os roedores foram mais abundantes nas áreas peridomiliares em comparação com as áreas de transição e mata. *A. cursor* tem sido associado a ambientes alterados, exibindo elevada abundância em bordas de pequenos fragmentos florestais e de pastagens, além de apresentar relação com uma vegetação densa próxima ao solo (OLIFIERS, 2002; CARDOSO *et al.*, 2016), mostrando ser uma espécie oportunista. A maior abundância de *O. nigripes* nas áreas com maior influência antrópica confirma o seu caráter oportunista em relação aos habitats que ocupa.

A riqueza total e a abundância total de espécies encontradas não apresentaram relação com a heterogeneidade do habitat, o que pode estar associado a maiores variações na estrutura do habitat dentro de cada ambiente, como também à presença de espécies com maior plasticidade ambiental, como *D. aurita* e *O. nigripes*, presentes em todos os ambientes estudados. Embora ambientes caracterizados por uma maior heterogeneidade ambiental possam apresentar um maior número de nichos ecológicos, promovendo um aumento na diversidade de espécies, sabe-se que os efeitos da heterogeneidade ambiental podem diferir entre diferentes taxa (STEVENS; TELLO, 2011).

Em relação à estrutura da comunidade dos pequenos mamíferos, observou-se que há algumas espécies mais comuns em relação ao conjunto analisado, enquanto espécies menos comuns estariam presentes em apenas algumas áreas. De fato, *D. aurita* e *O. nigripes* estiveram presentes em todos os ambientes amostrados, enquanto as espécies mais especializadas, *M. americana* e *M. myosurus*, apresentaram baixa abundância e menor distribuição na área de estudo. Apesar disso, foi observado um baixo grau de substituição e de perda de espécies entre as áreas. A compreensão dos padrões e processos ecológicos pode se beneficiar da análise de múltiplas escalas de espaço e de tempo, o que ressalta a necessidade de monitoramentos de longo prazo em escala regional.

Helmintos de *Didelphis aurita*

Os nematoides foram os helmintos mais abundantes no gambá *D. aurita*, o que é comum nos estudos de parasitologia. Nesse projeto, Costa-Neto *et al.* (2019) reportou *D. aurita* como novo relato de hospedeiro para as espécies de nematoides *Globocephalus marsupialis* e *Trichuris didelphis*. Todas as outras espécies já haviam sido reportadas parasitando *D. aurita*. Além disso, Costa-Neto *et al.* (2019) também reportou as seguintes espécies de helmintos pela primeira vez para o município do Rio de Janeiro: *G. marsupialis*, *Heterostrongylus heterostrongylus*, *Travassostrongylus orloffi*, *Trichuris minuta*, *T. didelphis* e *Duboisella proloba*, ampliando a lista de hospedeiros e de localidades desses helmintos. O fato de todos os animais analisados estarem infectados com pelo menos uma espécie

de helminto sugere uma alta susceptibilidade do gambá aos helmintos. Entretanto, o comportamento do gambá pode ser uma característica importante para a manutenção dos ciclos de vida desses parasitas no ambiente, dada sua alta mobilidade e seu hábito onívoro, fatores esses que podem aumentar o contato do animal com os parasitos.

As espécies de helmintos se dividiram em três grupos no que se refere à estrutura da comunidade. Um grupo central, formado pelas espécies dominantes e presentes em muitas infracomunidades, incluiu os nematoides *Cruzia tentaculata* e *Aspidodera railletii* da ordem Ascaridida, *Turgida turgida* da ordem Spirurida e *Viannaia hamata* e *T. orloffii* da ordem Rhabditida. As espécies *H. heterostrogylus*, *Oligacanthorhynchus microcephalus*, *T. minuta*, *D. proloba* e *Brachylaima advena* formaram outro subconjunto da comunidade, ocorrendo em abundâncias ou prevalências menores que as espécies centrais. Um terceiro grupo composto por espécies mais raras, como *G. marsupialis*, *T. didelphis* e *Rhopalias coronatus*, foram consideradas espécies-satélite. Sugere-se que essas espécies devam apresentar nichos mais estreitos em comparação às outras, pois estavam presentes em poucas infracomunidades e em baixas abundâncias. Esses dois últimos grupos reuniram também representantes do filo Platyhelminthes e do filo Acanthocephala.

A análise de estrutura de metacomunidades feita em escala local para infracomunidades de helmintos apresentou um padrão aleatório, sugerindo relações parasito-hospedeiro específicas a cada ambiente. Considerando-se uma espécie de hospedeiro que apresenta grandes deslocamentos, comportamento generalista e oportunista como *D. aurita*, torna-se mais difícil encontrar um padrão de estruturação para a sua comunidade de helmintos em escala local. De fato, considerando-se outras localidades em uma escala regional, Costa-Neto *et al.* (2019) observou padrões de estruturação aninhado e quase-aninhado em comunidades componentes e infracomunidades, respectivamente, na análise de metacomunidades, mostrando que as áreas com menor riqueza de espécies formaram subconjuntos das áreas mais ricas. Esses resultados indicaram que nessa relação parasito-hospedeiro as respostas a um gradiente ambiental se dão em uma escala espacial mais ampla do que em uma escala local.

Outros desdobramentos do estudo sobre a helmintofauna foram a investigação da influência do ambiente, estação do ano e sexo do hospedeiro na abundância, intensidade e prevalência das espécies mais abundantes de helmintos (CASTRO *et al.*, 2017); a análise da meta-comunidade em escala regional acima citada, incluindo outras localidades (COSTA-NETO *et al.*, 2019); e a redescrição do helminto do sistema cardiopulmonar *H. heterostrogylus*, contribuindo para o conhecimento de detalhes da sua ultraestrutura (COSTA-NETO *et al.*, 2016).

CONCLUSÕES

Este trabalho trouxe importantes conhecimentos sobre a estrutura da comunidade

de pequenos mamíferos não-voadores nessa área de interface silvestre-urbana. O fato de a EFMA ter áreas sobrepostas ao PEPB, que é a maior reserva florestal urbana do Brasil, ressalta a importância desses resultados, não apenas para aspectos de conservação, mas também em relação à saúde pública.

A riqueza de espécies de pequenos mamíferos total, quando comparada com outros estudos da Mata Atlântica, foi influenciada pelo ambiente, indicando que as alterações das áreas de interface de ambiente urbano-silvestre têm afetado a biodiversidade, apesar da EFMA ser uma área de preservação e restauração florestal e do PEPB ser uma unidade de conservação.

A maior abundância de espécies nas áreas mais perturbadas sugere o aumento de fatores favoráveis à ocorrência de espécies generalistas e sinantrópicas, tais como *D. aurita* e *R. rattus*, respectivamente, e oportunistas, como *A. cursor* e *O. nigripes*. A ocorrência de *D. aurita* e *O. nigripes* nos três diferentes ambientes estudados mostra um caráter oportunista e uma plasticidade em relação às condições de habitat das áreas.

O filo Nematoda foi o mais abundante na helmintofauna de *D. aurita*, corroborando um padrão já descrito em literatura. Embora as condições do ambiente possam atuar controlando a presença e abundância de algumas espécies de helmintos a partir de demandas biológicas específicas dos hospedeiros intermediários, o comportamento do hospedeiro vertebrado também constituiu componente significativo para a manutenção do ciclo biológico dessas diversas espécies de helmintos presentes nos diferentes ambientes da área de estudo.

PERSPECTIVAS

Após as coletas de 2015, foram feitas coletas em outros pontos da EFMA não amostrados anteriormente, paralelamente ao estudo de quirópteros, que fizeram parte de uma dissertação (TAVARES, 2018; TAVARES *et al.*, 2021). A partir de setembro de 2018, iniciou-se uma nova etapa do trabalho, caracterizada por um monitoramento de captura-marcação-recaptura dos animais, com coletas de amostras para exames e diagnósticos de diversos parasitos pelos grupos colaboradores, cujos resultados ainda estão sendo analisados.

O projeto geral no qual os resultados aqui apresentados estão inseridos vem contribuindo com conhecimentos sobre ecologia teórica e sobre a ocorrência de parasitos da fauna silvestre e de interesse médico-veterinário. O projeto também contribui com informações ecológicas básicas que podem ser aplicadas em programas de conservação da biodiversidade local e em outras unidades de conservação próximas a centros urbanos, bem como em programas relacionados à saúde pública e educação.

AGRADECIMENTOS

Aos funcionários e alunos do Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres Reservatórios, Laboratório de Hantavírus e Rickettsioses, Laboratório de Biologia de Tripanossomatídeos e Laboratório de Pesquisa Clínica em Dermatozoonoses da Fiocruz pela parceria e ajuda no trabalho de campo; ao Dr. Paulo D'Andrea, pelas licenças do ICMBio e INEA e pelo apoio ao projeto geral; ao coordenador da Fiocruz Mata Atlântica, Gilson Antunes, pela disponibilização das instalações locais e apoio ao projeto geral; aos Drs. Ricardo Moratelli, José L. P. Cordeiro e Marta L. Brandão (Fiocruz Mata Atlântica), pelo apoio logístico e eventual auxílio no campo; a Marcelo F. Freitas, pelo auxílio no trabalho de campo; ao Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA), pela licença de coleta e pelo apoio logístico local; à Dra. Ana Paula Gomes, do LABPMR, pela identificação da espécie de acantocéfal; ao Dr. Bernardo R. Teixeira, do LABPRM, pela identificação das espécies de roedores; à Dra. Fabiana Caramaschi, do LABPMR, pela identificação de algumas das espécies de marsupiais. Este trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Edital Universal (306352 / 2014-1), Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro-FAPERJ (E-26/111.296 / 2014; E-26/010.001597/2019), e Instituto Oswaldo Cruz (IOC/FIOCRUZ). SFCN recebeu bolsas da CAPES e CNPq. TSC recebeu bolsas da CAPES, INOVA e CNPq. RGBMC recebeu bolsa do CNPq e da FIOCRUZ. RG recebeu bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq (304355/2018-6 e 303643/2022-6).

REFERÊNCIAS

- AMATO, J. F. R.; WALTER, A. B.; AMATO, S. B. **Protocolo para Laboratório**. Coleta e Processamento de Parasitas do Pescado. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária - UFRRJ, 1991.
- AMIN, O. M. **Classification of the Acanthocephala**. *Folia Parasitologica*, 60(4): 273–305, 2013.
- AMIN, O. M. Classification. *In*: CROMPTON, D. W. T.; NICKOL, B. B. (Eds.). **Biology of the Acanthocephala**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- ANDERSON, R. C.; CHABAUD, A. G.; WILLMOTT, S. **CIH Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1978.
- ANDERSON, R. C.; CHABAUD, A. G.; WILLMOTT, S. **Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 2009.
- AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Editora Difel, 1986.
- BASELGA, A. Partitioning abundance-based multiple-site dissimilarity into components: balanced variation in abundance and abundance gradients. **Methods in Ecology and Evolution**, 8(7), 799–808, 2017.

BASELGA, A.; ORME, O.; VILLEGGER, S.; BORTOLI, J.; LEPRIEUR, F. *betapart*: Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components, 2018. R package version 1.5.4. - <https://CRAN.R-project.org/package=betapart>.

BRAY, R. A.; GIBSON, D. I.; JONES, A. **Keys to the Trematoda**. Volume 3. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 2008.

BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M.; SHOSTAK, A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. **The Journal of Parasitology**, 83(4): 575-583, 1997.

CAIRA, J. N.; JENSEN, K. **Planetary Biodiversity Inventory (2008–2017)**: Tapeworms from Vertebrate Bowels of the Earth. Lawrence: University of Kansas, Natural History Museum, 2017.

CARDOSO, T. S.; SIMÕES, R. O.; LUQUE, J. L. F.; MALDONADO JR., A.; GENTILE, R. The influence of habitat fragmentation on helminth communities in rodent populations from a Brazilian Mountain Atlantic Forest. **Journal of Helminthology**, 90(4): 460-468, 2016.

CASTRO, R. G. B. M. **Ecologia de Populações de Helminthos Parasitos do Gambá *Didelphis aurita* no Parque Estadual da Pedra Branca e Arredores**, RJ, 2015. Monografia de Graduação, Rio de Janeiro: Universidade Veiga de Almeida.

CASTRO, R. G. B. M.; COSTA-NETO, S. F.; MALDONADO JR., A.; GENTILE, R. Ecological effects on nematode parasites of *Didelphis aurita* (Didelphimorphia, Didelphidae) in urban-sylvatic habitats in Rio de Janeiro, Brazil. **Oecologia Australis**, 21(1): 54-61, 2017.

CERQUEIRA, R.; FREITAS, S. R. A new study method of microhabitat structure of small mammals. **Revista Brasileira de Biologia**, 59(2): 219–223, 1999.

CHABAUD, A. G. Key to the genera of superfamily Cosmoceroidea, Seuratoidea, Heterakoidea and Subuluroidea. *In*: ANDERSON, R. C.; CHABAUD, A. G.; WILLMOTT, S. (Eds.). **CIH Keys to the nematode parasites of vertebrates 6**. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1978.

CHABAUD, A. G. Key to the genera of the order Spirurida. Part I. Camallanoidea, Dracunculoidea, Gnathostomatoidea, Physalopteroidea, Rictularoidea and Thelazoidea. *In*: ANDERSON, R. C.; CHABAUD, A. G.; WILLMOTT, S. (Eds.). **CIH Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates 3**. Part I. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1975.

COMBES, C. Parasites, biodiversity and ecosystem stability. **Biodiversity & Conservation**, 5(8): 953-962, 1996.

COSTA-NETO, S. F. **Composição e Estrutura das Comunidades de Helminthos de *Didelphis aurita* Wied-Neuwied, 1826 (Didelphimorphia, Didelphidae), no Estado do Rio de Janeiro**, RJ, 2017. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz.

COSTA-NETO, S. F.; CARDOSO, T. S.; BOULLOSA, R. G. M. C.; MALDONADO JR., A.; GENTILE, R. Metacommunity structure of the helminths of the black-eared opossum *Didelphis aurita* in peri-urban, sylvatic and rural environments in south-eastern Brazil. **Journal of Helminthology**, 93(6): 720-731, 2019.

COSTA-NETO, S. F.; SIMOES, R.; MOTA, E. M.; VILELA, R. V.; TORRES, E. L.; BARBOSA, H.; GENTILE, R. & MALDONADO JR., A. Lungworm *Heterostrongylus heterostrongylus* Travassos, 1925 from the black-eared opossum in South America: morphologic, histopathological and phylogenetic aspects. **Veterinary Parasitology**, 228: 144-152, 2016.

FERNANDES, B. M. M.; JUSTO, M. C. N.; CÁRDENAS, M. Q. **South American Trematodes Parasites of Birds and Mammals**. Rio de Janeiro: Biblioteca de Ciências Biomédicas, ICICT, Fiocruz, 2015.

FREITAS, S. R.; CERQUEIRA, R.; VIEIRA, M. V. A device and standard variables to describe microhabitat structure of small mammals based on plant cover. **Brazilian Journal of Biology**, 62(4b): 795–800, 2002.

GENTILE, R.; D'ANDREA, P. S. Biodiversidade e Saúde: uma relação que precisa ser reconhecida. In: PEIXOTO, A. L.; PUJOL, J. R.; BRITO, M. A. (Orgs.). **Conhecendo a Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2016.

GENTILE, R.; CARDOSO, T. S.; COSTA-NETO, S. F.; TEIXEIRA, B. R. & D'ANDREA, P. S. Community structure and population dynamics of small mammals in an urban-sylvatic interface area in Rio de Janeiro, Brazil. **Zoologia**, 35: 1–12, 2018.

GENTILE, R.; FINOTTI, R.; RADEMAKER, V.; CERQUEIRA, R. Population dynamics of four marsupials and its relation to resource production in the Atlantic Forest in Southeastern Brazil. **Mammalia**, 68(2-3): 109-119, 2004.

GIBSON, D. I.; JONES, A.; BRAY, R. A. **Keys to the Trematoda**. Volume 1. London: Commonwealth Agricultural Bureaux and the Natural History Museum, 2002.

GOLVAN, Y. J. Nomenclature of the Acanthocephala. **Research and Reviews in Parasitology**, 54(3): 135–205, 1994.

GÓMEZ, A.; NICHOLS, E. Neglected wild life: parasitic biodiversity as a conservation target. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, 2(1): 222–227, 2013.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, 4(1): 1–9, 2001.

HAN, B. A.; KRAMER, A. M.; DRAKE, J. M. Global patterns of zoonotic disease in mammals. **Trends in Parasitology**, 32(7): 565-577, 2016.

HARRELL JR, F. E. with contributions from Charles Dupont and many others. **Hmisc: Harrell Miscellaneous**. R package version 4.4-0, 2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>

JONES, A.; BRAY, R. A.; GIBSON, D. I. **Keys to the Trematoda**. Volume 2. London: Commonwealth Agricultural Bureaux and the Natural History Museum, 2005.

KAJIN, M.; CERQUEIRA, R.; VIEIRA, M. V.; GENTILE, R. Nine-year demography of the black-eared opossum *Didelphis aurita* (Didelphimorphia: Didelphidae) using life tables. **Revista Brasileira de Zoologia**, 25(2): 206-213, 2008.

KHALIL, L. F.; JONES, A.; BRAY, R. A. **Keys to the Cestoda parasites of vertebrates**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1994.

LEIBOLD, M. A.; MIKKELSON, G. M. Coherence, species turnover, and boundary clumping: elements of meta-community structure. **Oikos**, 97(2): 237–250, 2002.

LOBO, C. E. M. N. **Aspectos da ecologia de populações e comunidades de pequenos mamíferos terrestres e sua helmintofauna no Maciço da Pedra Branca e arredores**, RJ, 2016. Monografia de Graduação, Rio de Janeiro: Universidade Estácio de Sá.

MACEDO, J.; LORETTO, D.; MELLO, M. C. S.; FREITAS, S. R.; VIEIRA, M. V.; CERQUEIRA, R. História natural dos mamíferos de uma área perturbada do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. In: CRONENBERGER, C.; CASTRO, E. B. V. (Eds.). **Ciência e Conservação na Serra dos Órgãos**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2007.

MACHADO, F. S.; GREGORIN, R.; MOUALLEM, P. S. B. Small mammals in high altitude phytogeographies in southeastern Brazil: are heterogeneous habitats more diverse? **Biodiversity and Conservation**, 22: 1769–1782, 2013.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a Diversidade Biológica**. Curitiba: Editora UFPR, 2004.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.4-2, 2020. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OLIFIERS, N. **Fragmentação, Habitat e as Comunidades de Pequenos Mamíferos da Bacia do Rio Macacu**, RJ, 2002. Dissertação de Mestrado, Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais.

OLIVEIRA, H. H.; SILVA, A. B.; GOMES, V.; QUINELATO, I. P. F.; MORELLI-AMARAL, V. F.; SERRA-FREIRE, N. M.; CARVALHO, R. W.; CARVALHO, A. G. Roedores e marsupiais capturados no Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro: distribuição e relação com o ambiente. **Revista UNIABEU**, 5(10): 158-180, 2012.

PAGLIA, A. P.; DE MARCO, P. Jr.; COSTA, F. M.; PEREIRA, R. F.; LESSA, G. Heterogeneidade estrutural e diversidade de pequenos mamíferos em um fragmento de mata secundária de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 12(1): 67–79, 1995.

PAVLOVSKY, E. N. **Natural Nidality of Transmissible Diseases, With Special Reference to the Landscape Epidemiology of Zoonothroposes**. Urbana: University of Illinois Press, 1966.

POULIN, R. **Evolutionary Ecology of Parasites**. Princeton: Princeton University Press, 2007.

PRESLEY, S. J.; HIGGINS, C. L.; WILLIG, M. R. A comprehensive framework for the evaluation of metacommunity structure. **Oikos**, 119(6): 908–917, 2010.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, The R Project for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <http://www.r-project.org>.

REDFORD, K. H. The Empty Forest. **BioScience**, 42(6): 412–422, 1992.

SCHMIDT, G. D. Revision of the class Archiacanthocephala Meyer, 1931 (Phylum Acanthocephala), with emphasis on Oligacanthorhynchidae Southwell et Macfie, 1925. **Journal of Parasitology**, 58(2): 290–297, 1972.

STEVENS, R. D.; TELLO, J. S. Diversity begets diversity: relative roles of structural and resource heterogeneity in determining rodent community structure. **Journal of Mammalogy**, 92(2): 387–395, 2011.

TAVARES, J. A. **Diversidade de pequenos mamíferos da Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica**, 2018. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz.

TAVARES, J. A.; NOVAES, R. L. M.; VERÍSSIMO, I.; KUZEL, M. A. A.; COSTA-NETO, S. F.; RANGEL, C. L.; BORGES, M.; MEDRADO, H.; ALVES, B.; SOUZA, R. F.; PINTO-MENEZES, A. C. D.; MENEZES-JÚNIOR, L. F.; DIAS, D.; ANDREAZZI, C. S.; GENTILE, R.; MORATELLI, R. Bats from the Pedra Branca Forest, Rio de Janeiro, Brazil. **Biodiversity Data Journal**, 9: e77400, 2021.

THE MATHWORKS INC. MATLAB. Natick, Massachusetts, United State, 2017. Disponível em: <https://www.mathworks.com>.

TRAVASSOS, L. P. **Revisão da família Trichostrongylidae Leiper**, 1912. Rio de Janeiro: Monografias do Instituto Oswaldo Cruz, 1937.

TRAVASSOS, L.; FREITAS, J. F. T.; KOHN, A. Trematódeos do Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 67(1): 1-886, 1969.

VICENTE, J. J.; RODRIGUES, H. O.; GOMES, D. C.; PINTO, R. M. Nematóides do Brasil. Parte V: Nematóides de mamíferos. **Revista Brasileira de Zoologia**, 14(1): 1-452, 1997.

YAMAGUTI, S. **Systema Helminthum** – Acanthocephalans. Volume IV. London: Interscience Publishers, 1963.

YAMAGUTI, S. **Systema Helminthum** - The Digenetic Trematodes of Vertebrates. Volume I. Part I and II. London: Interscience Publishers, 1958.

YAMAGUTI, S. **Systema Helminthum** - Trematodes. Volume I. London: Interscience Publishers 1971.

YAMAGUTI, S. **Systema Helminthum**. Volume II. The Cestodes of Vertebrates. Part I and Part II. New York: Interscience Publishers, 1959.

YAMAGUTI, S. **Systema Helminthum**. Volume III. The Nematodes of Vertebrates. Part I New York: Interscience Publishers, 1961.