

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
IAN MOREIRA SOUZA

Uso do espaço e ecologia trófica de *Didelphis aurita* (DIDELPHIMORPHIA:
DIDELPHIDAE) em uma paisagem fragmentada por faixas de dutos de petróleo

MACAÉ
2022

IAN MOREIRA SOUZA

Uso do espaço e ecologia trófica de *Didelphis aurita* (DIDELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE) em uma paisagem fragmentada por faixas de dutos de petróleo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação, Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Orientadora: Dra. Caryne Aparecida de Carvalho Braga

Coorientador: Dr. Leandro de Oliveira Drummond



Macaé

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

CIP - Catalogação na Publicação

Moreira Souza, Ian

M86u Uso do espaço e ecologia trófica de *Didelphis aurita* (DIDELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE) em uma paisagem fragmentada por faixas de dutos de petróleo / Ian Moreira Souza. -- Rio de Janeiro, 2022. 67 f.

Orientadora: Caryne Aparecida de Carvalho Braga.

Coorientador: Leandro de Oliveira Drummond.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro Multidisciplinar UFRJ-Macaé, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação, 2022.

1. Mata Atlântica. 2. Dutos de petróleo. 3. Uso do espaço. 4. Ecologia trófica. 5. História natural. I. Aparecida de Carvalho Braga, Caryne, orient. II. de Oliveira Drummond, Leandro, coorient. III. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

IAN MOREIRA SOUZA

Uso do espaço e ecologia trófica de *Didelphis aurita* (DIDELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE) em uma paisagem fragmentada por faixas de dutos de petróleo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação, Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Aprovado em: 05/05/2022



Dra. Caryne Aparecida de Carvalho Braga

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)

Dr. Ricardo Siqueira Bovendorp

Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)

Dr. Marcelo Magioli

Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros (ICMBio/CENAP) e Instituto Pró-Carnívoros

RESUMO

SOUZA, Ian Moreira. **Uso do espaço e ecologia trófica de *Didelphis aurita* (DIDELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE) em uma paisagem fragmentada por faixas de dutos de petróleo.** Macaé, 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) – Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2022.

Infraestruturas lineares de gasodutos e oleodutos fragmentam ambientes naturais criando corredores gramíneos chamados faixa de dutos. Entretanto, estudos sobre o impacto desta faixa de dutos na dispersão e alimentação de marsupiais neotropicais são incipientes. O objetivo geral desta dissertação é avaliar os impactos de uma faixa de dutos de petróleo sobre o uso do espaço e a ecologia trófica de *Didelphis aurita*. Seis áreas florestais cortadas por faixas de dutos foram amostradas em duas Unidades de Conservação (UC) no estado do Rio de Janeiro, três áreas na Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João e três na Reserva Biológica União, no Brasil. Esta dissertação foi dividida em dois capítulos, sendo que no primeiro capítulo, utilizamos o método de captura-marcação-recaptura para inferir aspectos de mobilidade e área de vida. Foram comparadas as frequências de movimento sobre a faixa de dutos com as de movimento dentro do interior florestal e as frequências de captura na borda da faixa de dutos com as de captura no interior. A faixa de dutos não foi uma barreira para a dispersão de *Didelphis aurita*, porém registramos uma frequência de capturas significativamente maior no interior florestal (~ 25 m da borda). Estes resultados sugerem que apesar de *D. aurita* ser capaz de cruzar a faixa de dutos, a espécie usa principalmente o interior florestal como área de vida. Já no segundo capítulo, avaliamos através da ferramenta de isótopos estáveis, informações de área de forrageamento e nível trófico dos indivíduos. Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ indicaram que a espécie forrageia principalmente alimentos das áreas florestais. Fêmeas apresentaram maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ do que machos de tamanhos similares, indicando que elas incorporam alimentos mais enriquecidos em ^{13}C , que podem ser provenientes principalmente da área florestal. Elas tenderam a apresentar também maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$, que indicam ocupar níveis tróficos superiores. Os pelos dos filhotes recém-desmamados parecem ter crescido a partir dos nutrientes do leite materno e podem estar refletindo o hábito alimentar da mãe mais restrito ao ambiente florestal durante o fim de seu período reprodutivo. Estes resultados sugerem que as fêmeas em atividade reprodutiva tendem a evitar a matriz gramínea das faixas de dutos.

Palavras-chave: Fragmentação. Marsupial. Faixa de dutos. Isótopos estáveis.

ABSTRACT

SOUZA, Ian Moreira. **Uso do espaço e ecologia trófica de *Didelphis aurita* (DIDELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE) em uma paisagem fragmentada por faixas de dutos de petróleo.** Macaé, 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) – Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2022.

Linear gas and oil pipeline infrastructures fragment natural environments creating grassy corridors called pipeline strips. However, studies on the impact of this strip of pipelines on the dispersion and feeding of neotropical marsupials are incipient. The main objective of this dissertation is to evaluate the impacts of an oil pipeline right of way (OPRW) on the space use and trophic ecology of *Didelphis aurita*. Six forest areas cut by OPRW were sampled in two Conservation Units (UC) in the state of Rio de Janeiro, three areas in the Environmental Protection Area of the São João River Basin, and three in the União Biological Reserve, in Brazil. This dissertation was divided into two chapters, and in the first chapter, we used the capture-marking-recapture method to infer aspects of mobility and home range. The frequencies of movement over the OPRW were compared with those of movement within the forest interior and also the frequencies of capture at the edge of the OPRW with those of capture in the interior. The OPRW was not a barrier to the dispersion of *Didelphis aurita*, but we recorded a significantly higher frequency of captures in the forest interior (~ 25 m from the edge). These results suggest that although *D. aurita* is able to cross the OPRW, the species mainly uses the forest interior as a home range. In the second chapter, through the stable isotopes tool, we evaluated the foraging area and trophic level of individuals. The $\delta^{13}\text{C}$ results indicated that the species forages mainly in forest areas. Females presented higher values of $\delta^{13}\text{C}$ than males of similar sizes, indicating that they incorporate foods more enriched in ^{13}C , but still within the boundary of forest resources. They also tended to present higher values of $\delta^{15}\text{N}$, which indicate that they occupy higher trophic levels. The hairs of the newly weaned pups seem to have grown from nutrients in the mother's milk and may reflect the mother's feeding habits, which seem to be more restricted to the forest environment during the end of her reproductive period. These results suggest that reproductive females tend to avoid the grass matrix of the OPRW.

Keywords: Fragmentation. Marsupial. Pipeline strip. Stable isotopes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores Caryne Braga e Leandro O. Drummond pelo incentivo, exemplo e pelas revisões. Agradeço ao corpo docente do PPG-CiAC pelas aulas e conhecimento adquirido. Aos funcionários técnico-administrativos do PPG-CiAC pelo esclarecimento rápido e eficiente sobre quaisquer informações que eu tive dúvida. À CAPES e à Petrobrás pelo apoio financeiro durante o período do mestrado para escrever o documento e realizar os campos. Aos companheiros de laboratório do NUPEM-UFRJ e do Verteco (LCA-UENF), em especial aos colegas Juan David Rojas Arias, Fábio Khaled e Marjorie Baesso que estiveram presentes em todas as atividades de campo que geraram a base de dados e as amostras desse estudo. À Dra. Patrícia Mancini, que está acompanhando a confecção do trabalho desde o primeiro relatório e, além de sugestões, me indicou informações valiosas para observar os dados com cautela. Ao professor Dr. Carlos Eduardo de Rezende do laboratório de Ciências Ambientais (CBB/UENF) por financiar e ceder a estrutura para as análises isotópicas do estudo. Ao Dr. Pedro Gatts, que me tirou dúvidas sobre o tema de isótopos e me ajudou a interpretar os resultados com dicas valiosas. Ao Bráulio C. V. Oliveira, técnico do LCA, que me orientou no processamento dos pelos para as análises em laboratório. Ao Dr. Marcelo G. Almeida, que também contribuiu nas análises em laboratório. Ao professor Dr. Pablo Rodrigues Gonçalves que autorizou a realização desse projeto e contribuiu com discussões valiosas para o mesmo. Ao Dr. Carlos Ramon Ruiz-Miranda, coordenador do projeto Connect, que autorizou a realização do projeto de mestrado utilizando os dados provenientes do projeto. À banca examinadora que aceitou participar dessa defesa e por último, principalmente, aos meus pais.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Mapa do território brasileiro. As linhas laranjas representam as faixas de dutos, o verde-claro, o domínio Mata Atlântica, o quadrado azul, o estado brasileiro ampliado onde houve as amostragens e, os pontos de verde escuro, as áreas de amostragem. 18
- Figura 2** - Áreas amostrais da APA da Bacia do Rio São João (A) e REBIO União (B) vistas com maior aproximação. As áreas da APA estão localizadas próximas ao município de Casimiro de Abreu, enquanto as áreas da REBIO, estão próximas à Rio das Ostras, todas no estado do Rio de Janeiro, Brasil. As linhas vermelhas caracterizam as faixas de dutos que cortam as paisagens florestais. 19
- Figura 3** - Desenho experimental utilizado no estudo. A área verde representa a área florestal, as barras pretas - os transectos de armadilhas, cada ponto dentro de cada transecto - uma estação amostral, onde foram instaladas armadilhas *Tomahawk* (a) e *Sherman* (b) e em marrom - a faixa de dutos. A distância entre os transectos dentro da floresta é equivalente a largura da faixa de dutos na área (~ 25 m) e, a distância entre estações amostrais de um transecto é aproximadamente 10 m. 21
- Figura 4** - Abundância de primeiras capturas de *Didelphis aurita* ao longo dos meses de amostragem nas duas Unidades de Conservação. Os asteriscos informam os meses de registro de fêmeas reprodutivas. 24
- Figura 5** - Flutuação populacional de *Didelphis aurita* na APA (A) e REBIO União (B) ao longo dos meses de amostragem. A abundância por MNKA (número mínimo de animais sabidamente vivos) foi usada como um estimador de tamanho populacional ao longo dos meses de amostragem. 25
- Figura 6** - Frequência de movimentos de *Didelphis aurita* entre diferentes transectos. O movimento intrafragmento indica o número de movimentos entre transectos dentro de um mesmo lado da floresta e o movimento interfragmento, o número de movimentos de travessias entre diferentes fragmentos florestais separados pela faixa de dutos. 27
- Figura 7** - Frequência de capturas de *Didelphis aurita* entre os diferentes ambientes amostrados. As barras indicam o número de capturas na borda e interior da floresta. 28
- Figura 8** - Distância de movimento entre as classes etárias de ambos os sexos de *Didelphis aurita* na região de estudo. As linhas pretas horizontais representam a mediana, as extremidades das caixas - os quartis de 25 e 75%, os tracejados verticais – os valores máximos e mínimos desconsiderando outliers, e os círculos abertos - outliers. 29
- Figura 9** - Desenho experimental utilizado no estudo. A área verde representa a área florestal, as barras pretas - os transectos de armadilhas, cada ponto dentro de cada transecto - uma estação amostral, onde foram instaladas armadilhas *Sherman* (B) e *Tomahawk* (C), as linhas amarelas - as pitfalls (A) e em marrom - a faixa de dutos. A distância entre os transectos dentro da floresta é equivalente a largura da faixa de dutos na área (~ 25 m) e, a distância entre estações amostrais de um transecto é aproximadamente 10 m. 49
- Figura 10** - Nichos isotópicos de indivíduos de *Didelphis aurita* capturados na APA e na REBIO. Cada ponto representa um indivíduo de algum grupo, as elipses plotadas - as áreas de elipse padrão corrigidas para pequenos tamanhos amostrais (SEAc) e as linhas pontilhadas - a área total (TA) do nicho ocupado pelo grupo de indivíduos segundo LAYMAN e colaboradores (2007). Os valores de sobreposição de nicho isotópico de indivíduos da APA (SEAc = 1,2) e da REBIO (SEAc = 0,8) em porcentagem também estão representados. 54
- Figura 11** - Nichos isotópicos de fêmeas e machos de *Didelphis aurita*. Cada ponto representa um indivíduo de algum grupo, as elipses plotadas - as áreas de elipse padrão corrigidas para

pequenos tamanhos amostrais (SEAc) e as linhas pontilhadas - a área total (TA) do nicho ocupado pelo grupo de indivíduos segundo LAYMAN e colaboradores (2007). Os valores de sobreposição de nicho isotópico de fêmeas (SEAc = 1,1) e machos (SEAc = 1,8) em porcentagem também estão representados.55

Figura 12 - Nichos isotópicos de adultos, filhotes e juvenis de *Didelphis aurita*. Cada ponto representa um indivíduo de algum grupo, as elipses plotadas - as áreas de elipse padrão corrigidas para pequenos tamanhos amostrais (SEAc) e as linhas pontilhadas - a área total (TA) do nicho ocupado pelo grupo de indivíduos segundo LAYMAN e colaboradores (2007). Os valores de sobreposição de nicho isotópico de adultos (SEAc = 1,1), filhotes (SEAc = 0,2) e juvenis (SEAc = 1,7) em porcentagem também estão representados.....55

Figura 13 – Relação entre a massa (g) e $\delta^{15}\text{N}$ entre os sexos de *Didelphis aurita*. Neste gráfico, os valores dos filhotes foram excluídos da análise. A cor vermelha representa as fêmeas e a cor azul, os machos.....57

Figura 14 - Relação entre a massa (g) e $\delta^{13}\text{C}$ entre os sexos de *Didelphis aurita*. A primeira figura ilustra a relação com os dados totais dos indivíduos e a segunda, a relação com os dados sem os filhotes. A cor vermelha representa as fêmeas e a cor azul, os machos.58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das áreas de amostragem em cada Unidade de Conservação.....20

Tabela 2 – Período de realização e estação climática das campanhas de coleta em cada Unidades de Conservação: APA Bacia do Rio São João (APA) e REBIO União (REBIO). ..20

Tabela 3 – Modelos GLMM selecionados incluem estação climática, classe etária, massa e sexo como variáveis explicativas, o indivíduo como variável aleatória e a distância de movimento logaritimizada, como variável resposta. Estão representados os três modelos que tiveram os menores valores pelo critério de informação Akaike com correção de pequenas amostras (AICc). Para mais informações, ver APÊNDICE A.30

Tabela 4 - Modelos gerados e selecionados em ordem pelo critério de AIC.42

Tabela 5 - Número de amostras de pelos por sexo e classe etária de *Didelphis aurita* coletados nas diferentes UCs.52

Tabela 6 - Valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em partes por mil (‰), da razão C/N e da massa em gramas (g) de *Didelphis aurita*, entre as Unidades de Conservação (UC) que a espécie foi capturada, entre sexos e entre classes etárias. Os valores da espécie, dos indivíduos capturados em diferentes UCs e de ambos os sexos, não consideraram indivíduos da classe etária filhote.53

Tabela 7 - Análise de covariância mostrando o efeito do sexo nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ de *Didelphis aurita*, com a massa como covariável. O asterisco indica a análise com os dados totais, incluindo os filhotes. As células em negrito indicam um efeito estatisticamente significativo.56

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	6
Capítulo 1 – Padrões de movimentação e uso do habitat por <i>Didelphis aurita</i> em fragmentos florestais cortados por faixas de dutos	11
RESUMO.....	12
INTRODUÇÃO	13
OBJETIVOS	16
<i>Objetivo geral</i>	<i>16</i>
<i>Objetivos específicos, hipóteses e predições</i>	<i>16</i>
METODOLOGIA.....	17
<i>Área de estudo</i>	<i>17</i>
<i>Delineamento amostral</i>	<i>18</i>
<i>Análise de dados</i>	<i>21</i>
RESULTADOS	22
DISCUSSÃO	31
CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE A	42
Capítulo 2 – Ecologia trófica de <i>Didelphis aurita</i> em uma paisagem fragmentada por faixas de dutos de petróleo.....	43
RESUMO.....	44
INTRODUÇÃO	45
OBJETIVOS	47
<i>Objetivo geral</i>	<i>47</i>
<i>Objetivos específicos e hipóteses</i>	<i>47</i>
METODOLOGIA.....	48
<i>Procedimentos de campo</i>	<i>48</i>
<i>Isótopos estáveis</i>	<i>49</i>
<i>Análise da dados</i>	<i>50</i>
RESULTADOS	52
DISCUSSÃO	58
CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67

INTRODUÇÃO GERAL

As mudanças no uso do solo que geram perda e fragmentação do habitat são uma das principais ameaças a biodiversidade global (FOLEY et al, 2005; MARCELINO et al, 2021). Essas mudanças ocorrem principalmente por ações antrópicas, como a construção de infraestruturas urbanas e criação de sistemas agrícolas (LAURANCE et al, 2006; TABARELLI et al, 2005). Em regiões tropicais, que detêm a maior proporção da biodiversidade na terra (BARLOW et al, 2018), a perda e fragmentação do habitat são consideradas grandes ameaças a conservação dos grupos animais (DIXO; METZGER, 2009; GIRAUDO et al, 2008).

Alterações nos ambientes naturais têm sido frequentemente relacionadas a impactos na movimentação animal e conectividade de populações, porque dificultam a dispersão dos indivíduos e podem aumentar as taxas de endogamia (PIRES et al, 2002; VIVEIRO DE CASTRO; FERNANDEZ, 2004). O aumento da endogamia leva a diminuição da variabilidade genética e, conseqüentemente, aumenta a probabilidade de extinção local dos indivíduos isolados (FRANKHAM, 2003; KELLER, 2002). A probabilidade da ocorrência de extinção e a tendência dessas extinções serem permanentes diminuem com o aumento da permeabilidade da matriz, pois há mais eventos de recolonizações e/ou de chegada de novos indivíduos, o que chamamos de efeito resgate (VIVEIRO DE CASTRO; FERNANDEZ, 2004).

A fragmentação ambiental gera uma paisagem formada por fragmentos de habitat natural separados por áreas com características estruturais diferentes da vegetação nativa original (e.g. plantações agrícolas, pastos gramíneos e estradas), chamadas tipicamente de matrizes em estudos ecológicos. As matrizes podem então dificultar ou facilitar o movimento das espécies entre fragmentos florestais, dependendo do grau de adaptabilidade do táxon avaliado (VIVEIRO DE CASTRO; FERNANDEZ, 2004; PREVEDELLO; VIEIRA, 2010; TUCKER et al, 2018).

A dificuldade de se movimentar nestes ambientes pode estar associada a diversos fatores, tais como a maior exposição a predadores (LAURANCE; GOOSEM, 2008) ou perda de substrato para locomoção, como no caso de espécies arborícolas (LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009). A diminuição da permeabilidade da matriz para a movimentação de espécies ocasiona o chamado efeito barreira (LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009).

A fragmentação florestal afeta o uso do habitat pelas espécies não apenas na matriz, mas também no fragmento florestal, uma vez que leva a formação de bordas. O ambiente de borda pode ser repulsivo para muitas espécies (PUTTKER et al, 2020) devido às diferenças na estrutura da vegetação e nas condições microclimáticas que estas apresentam em relação ao interior da floresta (MURCIA, 1995), o que é chamado de efeito de borda. As alterações em

bordas florestais incluem maior exposição aos ventos e aumento da radiação solar que, por vezes, eleva a temperatura e diminui a umidade local. Essas alterações no microclima podem levar a mortalidade das árvores e também um aumento de árvores com altura média e diâmetro médio menores (MAGNAGO et al, 2015).

Algumas espécies podem responder positivamente às mudanças nesses ambientes e aumentar sua abundância no ambiente de borda. É o caso do roedor *Oligoryzomys nigripes* em bordas de fragmentos florestais circundadas por plantações de milho, que utiliza o milho como recurso alimentar complementar (BRAGA; PREVEDELLO; PIRES, 2015). Já no caso de outras espécies, como indivíduos dos gêneros *Marmosops* e *Rhipidomys*, ocorre a diminuição da abundância ou prevalência em ambientes de bordas (STEVENS; HUSBAND, 1998). Por último, a abundância das populações pode não diferir significativamente entre ambientes de borda e de interior de áreas naturais quando as mudanças estruturais e microclimáticas provocadas pela borda não são relevantes para a espécie em questão (e. g. *Euryoryzomys russatus*; CERBONCINI; ROPER; PASSOS, 2015).

A fragmentação representa um problema particularmente sério no domínio morfoclimático da Mata Atlântica, desde o início da colonização europeia no país (SOLÓRZANO; BRASIL; OLIVEIRA, 2021). A cobertura vegetal deste domínio diminuiu muito e hoje restam apenas 28% de vegetação nativa (REZENDE et al, 2018). Isso ocorreu devido aos processos de expansão industrial, agricultura e urbanização, os quais formaram um mosaico de fragmentos florestais isolados e de menores tamanhos, espalhados em meio a matrizes distintas (RIBEIRO et al, 2009). Esta grande perda de habitat (> 70%), associada ao fato deste domínio abrigar grande proporção de espécies endêmicas e ameaçadas, faz com que ele seja considerado um *hotspot* de conservação da biodiversidade (MYERS et al, 2000).

A modificação dos ambientes naturais na Mata Atlântica está relacionada principalmente à criação e expansão de pastagens e sistemas agrícolas (FONSECA, 1985). No entanto, outras ações antrópicas como a implantação de infraestruturas lineares (e.g. estradas, oleodutos, gasodutos e redes elétricas), também transformam significativamente a estrutura das paisagens naturais, criando ambientes fragmentados (LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009).

Esse tipo de atividade tem grande importância para o desenvolvimento socioeconômico da população humana, mas pode gerar impactos negativos sobre a biodiversidade, tais como: atropelamentos da fauna, invasão de espécies exóticas, aumento da atividade de caça, efeitos barreira e de borda e mortalidade por descargas elétricas (LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009; RICHARDSON et al, 2017).

As áreas de baixada do litoral do estado do Rio de Janeiro têm economia fortemente ligada às atividades petrolíferas e, por consequência, é uma das regiões com maior densidade de dutos para transporte de petróleo e gás natural (Figura 1). A faixa de dutos cruza áreas florestais, incluindo Unidades de Conservação (UCs) e, embora as estruturas fiquem enterradas no solo, a vegetação arbóreo-arbustiva precisa ser removida ao longo de toda a sua extensão. Assim, é mantido um corredor desmatado de 20-25 metros de largura coberto apenas por gramíneas. A área passa por manutenção periódica para garantir acesso aos dutos e impedir a regeneração natural da floresta, com o intuito de evitar que raízes profundas danifiquem a estrutura dos dutos e causem acidentes graves.

Essa pequena interrupção na floresta já pode alterar a abundância e diversidade de pequenos mamíferos (DARLING; LESTON; BAYNE, 2019; PACHECO et al, 2013). No entanto, poucos são os estudos avaliando os efeitos da instalação e manutenção de dutos em espécies da fauna brasileira (LUCAS et al, 2019, ARIAS, 2021). Em relação aos pequenos mamíferos, sabe-se que as faixas de dutos são uma barreira significativa para o movimento do pequeno marsupial arborícola *Marmosa paraguayana* (ARIAS, 2021). Considerando que a fauna brasileira possui grupos de mamíferos muito particulares, como os marsupiais didelfídeos que contém espécies com diferentes hábitos locomotores, incluindo hábitos dependentes do estrato arbóreo, essa é uma lacuna de conhecimento importante.

Didelphis aurita é um marsupial da ordem Didelphimorphia, endêmico da Mata Atlântica e resiliente a diversas perturbações humanas, capturado com frequência em pequenos fragmentos alterados (VIEIRA et al, 2009). *Didelphis aurita* tem uma dieta amplamente generalista que inclui frutos, sementes, artrópodes e pequenos vertebrados, como aves e outros mamíferos, sendo classificada como onívora (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2001; LEITE; COSTA; STALLINGS, 1996).

É importante entender como espécies resilientes como *D. aurita* interagem com paisagens fragmentadas, pois podem ser espécies importantes para a manutenção de serviços ecossistêmicos. Alguns desses serviços são: a predação de pequenos mamíferos, outros vertebrados e invertebrados (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2001) que podem desestabilizar o ecossistema se tiverem um surto populacional, dispersão de sementes (CÁCERES; DITTRICH; MONTEIRO-FILHO, 1999), atuando na restauração florestal, e podem ser reservatórios de agentes infecciosos (BEZERRA-SANTOS et al, 2021), potencialmente transmitindo doenças a humanos, animais domésticos e também animais silvestres.

A diminuição ou perda de predadores em fragmentos alterados já foram associadas com o aumento da abundância de *D. aurita* em um estudo prévio e, como consequência, esse aumento pode levar outros pequenos mamíferos a evitar essas áreas onde a espécie é abundante (FONSECA; ROBINSON, 1990). Dito isso, é sugerido um possível comportamento predatório e/ou competidor de *D. aurita* com a guilda de pequenos mamíferos (KUHNNEN; WEDEKIN; SETZ, 2019; MOURA; VIEIRA; CERQUEIRA, 2009).

A espécie *D. aurita* é considerada também oportunista, pois se alimenta de recursos de acordo com sua disponibilidade no ambiente. Sua dieta muda em diferentes estações do ano, sendo que na estação chuvosa, por exemplo, há maior ingestão de vertebrados e frutos (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2001; CÁCERES, 2003). Estudos que analisaram amostras de conteúdo fecal indicam que não existem diferenças significativas na dieta entre sexos ou classes etárias, sugerindo um consumo generalista logo após o desmame para ambos os sexos (CASELLA, 2011; CEOTTO et al, 2009).

Uma questão ainda pouco explorada em estudos de fragmentação é entender se a matriz, como a gerada pelos dutos nas baixadas fluminenses, fornece recursos adicionais para as espécies animais. Grande parte dos estudos avalia se *D. aurita* se desloca sobre áreas de matriz (PASSAMANI; FERNADEZ, 2011; PIRES et al, 2002), mas poucos avaliam se a espécie consegue usar este tipo de ambiente para forragear.

A análise de isótopos estáveis vem sendo empregada com grande sucesso para inferir sobre o uso de recursos disponíveis em paisagens modificadas pelo homem e sobre a distribuição espacial de mamíferos (GALLETI et al, 2016, KUHNNEN et al, 2017; MAGIOLLI et al, 2014; MAGIOLI et al, 2019), podendo ajudar a responder estas perguntas. Os isótopos são átomos de um mesmo elemento que possuem um número diferente de nêutrons no núcleo e, portanto, possuem massas atômicas distintas. Alguns elementos apresentam mais de uma forma isotópica estável, como o nitrogênio (N), carbono (C) e o hidrogênio (H), por exemplo (BEN-DAVID; FLAHERTY, 2012; PEREIRA; BENEDITO, 2007). As análises de variações de diferentes formas de um isótopo estável colaboram para entender como funciona o ciclo dos elementos no ambiente, permitindo estudar o fluxo de energia nas teias alimentares (PEREIRA; BENEDITO, 2007).

A razão dos isótopos pesados com os isótopos mais leves dos elementos, em relação a padrões internacionais, são apresentadas na notação δ (e.g. $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^2\text{H}$). A razão isotópica de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) é comumente usada como um indicador do nível trófico que uma espécie ocupa em uma teia alimentar (KELLY, 2000), pois consumidores de níveis tróficos superiores concentram grandes valores de $\delta^{15}\text{N}$ quando comparados aos de níveis tróficos iniciais. A razão

do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) permite determinar o uso do habitat pelas espécies, pois produtores de ambientes florestais e de ambientes abertos e antropizados assumem valores distintos (BEN-DAVID; FLAHERTY, 2012). Por fim, a razão do hidrogênio ($\delta^2\text{H}$) auxilia a rastrear espécies migratórias que se movimentam por longas extensões geográficas, visto que este isótopo avalia a origem da água que um organismo consome (HOBSON; WASSENAAR; TAYLOR, 1999; SMITH; EPSTEIN, 1970).

Os objetivos gerais dessa dissertação foram (I) avaliar o efeito de uma faixa de dutos sobre o uso do habitat por *Didelphis aurita* em uma paisagem florestal fragmentada e (II) descrever o nicho isotópico da espécie, avaliando diferenças ontogenéticas e sexuais em sua composição isotópica. A elevada abundância e facilidade de captura da espécie a tornam um bom modelo para estudar os impactos dos dutos. O uso de isótopos estáveis para essas análises permite avaliar o potencial uso de uma área antropizada (os dutos), e que seria muito difícil de monitorar devido ao hábito noturno e críptico de *D. aurita*.

**Capítulo 1 – Padrões de movimentação e uso do habitat por
Didelphis aurita em fragmentos florestais cortados por faixas de
dutos**

RESUMO

A perda e fragmentação do habitat em grande escala afetam o uso do habitat por marsupiais didelfídeos. Entretanto, estudos avaliando os efeitos da fragmentação em pequena escala, como os corredores desmatados formados por infraestruturas lineares de gasodutos e oleodutos (faixa de dutos) em espécies de marsupiais, são praticamente inexistentes. O objetivo deste capítulo foi avaliar se faixas de dutos afetam negativamente a dispersão e o uso do habitat pelo marsupial *Didelphis aurita*. Seis áreas florestais cortadas por dutos foram amostradas dentro de duas Unidades de Conservação (UCs), utilizando-se o método de captura-marcação-recaptura para monitorar a movimentação dos indivíduos. Para avaliar o efeito barreira dos dutos, foram comparadas as frequências de movimento sobre a faixa de dutos (interfragmento) e de movimento dentro da área florestal (intrafragmento). Para avaliar o impacto do efeito de borda no uso do habitat, foram comparadas as frequências de captura em transectos na borda e no interior florestal. As comparações entre frequências de movimento e de captura foram realizadas através de testes qui-quadrado (χ^2). Modelos lineares generalizados mistos (GLMM) foram elaborados para avaliar se sexo, classe etária, massa e estação climática explicam a variação na distância de movimento da espécie. Os melhores modelos foram selecionados pelo critério de Akaike. O efeito barreira gerado pelos dutos não foi significativo para *D. aurita*, mesmo com maior frequência de movimentos intrafragmentos, o que sugere que as faixas de dutos não dividem populações da espécie. O efeito de borda foi significativo, pois houve maior frequência de capturas no interior florestal em relação a borda dos fragmentos florestais. Nenhuma das variáveis analisadas pelo modelo explicaram a distância de movimento de *D. aurita*. Assim, o estudo sugere que *Didelphis aurita* utiliza com menos frequência as áreas florestais mais expostas localizadas nas bordas dos dutos. No entanto, a espécie possui uma capacidade de dispersão grande o suficiente nas áreas antropizadas para que a fragmentação causada por este tipo de estrutura não isole significativamente suas populações.

Palavras-chave: Fragmentação. Dutos. Efeito barreira. Efeito de borda. Marsupial.

INTRODUÇÃO

A perda e a fragmentação do habitat são consideradas atualmente uma das maiores ameaças a biodiversidade global (SINGH; SHUKLA; SINGH, 2021). A biodiversidade da Mata Atlântica é ameaçada pela fragmentação e perda de habitat há décadas e, a consequência desses processos, foi a formação de fragmentos que, em grande parte, são pequenos e isolados em meio a matrizes com diferentes características estruturais (RIBEIRO et al, 2009).

Um dos impactos relacionados a fragmentação florestal é que a mudança na estrutura do habitat florestal leva a perda da conectividade das populações pelas matrizes (PIRES et al, 2002; VIVEIRO DE CASTRO; FERNANDEZ, 2004). Este impacto está associado a perda do principal substrato usado por espécies arbóricolas para a locomoção, além de deixar as espécies que tentem se dispersar mais suscetíveis a predação, uma vez que podem ficar mais visíveis aos predadores (LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009). Ainda, essas áreas podem deixar de oferecer recursos importantes para as populações especialistas devido a mudança estrutural local (PREVDELLO; VIEIRA, 2010). Assim, as matrizes agem como barreiras ao movimento das espécies entre fragmentos florestais.

As espécies diferem na sua capacidade de cruzar as matrizes, sendo que espécies de maior porte tendem a ser mais eficientes do que as pequenas para realizar travessias e esse padrão se mantém mesmo entre os pequenos mamíferos (PIRES et al, 2002). O efeito barreira das matrizes inviabiliza a travessia das espécies florestais para outros fragmentos, o que intensifica seu isolamento (LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009). Ao estarem isoladas, algumas populações podem sofrer riscos mais eminentes de extinção local (VIVEIRO DE CASTRO; FERNANDEZ, 2004).

Além de impedir a dispersão entre fragmentos florestais para muitos grupos faunísticos, a remoção da floresta pode causar também o efeito de borda. O limite físico entre a floresta e uma matriz não-florestal é denominado borda florestal e, muitas vezes, por estar mais suscetível a variações microclimáticas intensas, a estrutura da vegetação da floresta nesse local é alterada (MAGNAGO et al, 2015). A combinação dos fatores microclimáticos junto a mudança estrutural da vegetação nesses limites florestais pode causar efeitos positivos, negativos ou neutros no uso do habitat pelas espécies (RIES; SISK, 2004).

O uso do habitat refere-se ao local do espaço onde o animal posiciona sua área de vida ou realiza suas atividades (PREVEDELLO; MENDONÇA; VIEIRA, 2008). Considerando que o local onde o animal realizará suas atividades deve atender as suas necessidades básicas, os animais não estabelecem sua área de vida aleatoriamente. Assim, alterações antrópicas que modificam a estrutura do ambiente, como as matrizes ambientais que geram os efeitos barreira

e de borda, podem afetar o uso do ambiente pelos indivíduos. Entender como as espécies usam o habitat é importante para sua conservação, uma vez que precisamos entender quais tipos de alteração são suficientes para torna-los inabitáveis ou diminuir consistentemente o uso.

Um tipo particular de alteração ambiental que leva a fragmentação florestal e a criação de longas áreas de borda é a instalação e manutenção de dutos para transporte de petróleo e gás natural. Os dutos são enterrados no solo, mas a sua manutenção implica no corte frequente da vegetação para impedir que a floresta se regenere sobre eles. A restauração florestal pode afetar o acesso para manutenção dos dutos ou pode ser que as raízes profundas danifiquem o equipamento. Esse corredor florestal desmatado é chamado de faixa de dutos, tem cerca de 20 a 25 metros de largura, e percorre longas distâncias cruzando áreas florestais linearmente, incluindo Unidades de Conservação (UCs).

Estudos sobre impactos de infraestruturas lineares no Brasil focam principalmente no impacto de estradas, uma vez que é um dos tipos de estrutura mais comum (GRILO et al, 2018). Além de representarem uma matriz fortemente deletéria, que resulta em mortalidade pelas colisões com automóveis, há ruídos e luzes ofuscantes que podem diminuir a taxa de cruzamento das espécies (KOCIOLEK et al, 2011).

A faixa de dutos, ao criar um corredor desmatado no meio de uma área florestal, pode agir também como uma barreira ao cruzamento dos animais. Apenas um trabalho avaliou os efeitos da faixa de dutos sobre marsupiais didelfídeos e foi observado que para *Marmosa paraguayana*, um marsupial de pequeno porte, esses empreendimentos causaram um efeito barreira significativo (ARIAS, 2021). Compreender como as espécies interagem com essas alterações ambientais é importante tanto para a conservação de espécies mais sensíveis, quanto para as mais resilientes, uma vez que as espécies resilientes serão provavelmente aquelas capazes de manter eficientemente os serviços ambientais em paisagens fragmentadas.

O gambá-de-orelha-preta, *Didelphis aurita*, é uma das maiores espécies de marsupiais didelfídeos do Brasil (PAGLIA et al, 2012). A espécie é caracterizada como generalista e oportunista (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2001), com considerável resiliência a habitats antropogênicos urbanos e peri-urbanos (ROSSI; BIANCONI; PEDRO, 2011). *Didelphis aurita* é escansorial, pois se locomove pelo solo e pelo estrato arbóreo da floresta (CUNHA; VIEIRA, 2002) e é onívoro, consumindo grande variedade de itens alimentares (CASELLA, 2011; CEOTTO et al, 2009).

Estudos prévios avaliaram o movimento e a área perceptual da espécie, que é o tamanho da área na qual a espécie tem a capacidade de reconhecer os elementos de paisagens circundantes (LIMA; ZOLLNER, 1966). Observou-se que a área perceptual varia entre

matrizes com características estruturais diferentes, sendo que em matrizes graminosas, *D. aurita* se orienta e dispersa entre fragmentos mais facilmente (PREVEDELLO; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2011). Além disso, indivíduos maiores têm maior capacidade de orientação e sucesso de dispersão (PREVEDELLO; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2011).

A locomoção dos gambás do gênero *Didelphis* também é afetada por outras variáveis individuais, como o sexo e classe etária e por variáveis ambientais, como as estações climáticas (ALMEIDA; TORQUETTI; TALAMONI, 2008; ALMEIDA et al, 2010; LORETTO; VIEIRA, 2005). Adultos de *D. albiventris* apresentam maiores distâncias de movimento do que subadultos e essa variação foi atribuída a necessidade energética dos adultos, que têm maior massa corporal (ALMEIDA; TORQUETTI; TALAMONI, 2008).

Para *D. aurita*, os machos tendem a se mover por maiores distâncias durante a estação chuvosa. Esse aumento foi atribuído a busca por parceiras durante a atividade reprodutiva da espécie, que ocorre mais frequentemente durante essa estação climática. Por outro lado, fêmeas realizam grandes distâncias de movimento durante a estação seca e esse aumento foi atribuído a menor disponibilidade de alimentos no ambiente próximo nessa estação climática (LORETTO; VIEIRA, 2005).

Ainda, machos de *D. aurita* são maiores que fêmeas e, por isso, provavelmente estão mais propensos a realizar grandes distâncias de movimento (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 1999; CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2001). Fêmeas de marsupiais podem ser mais fiéis a porções de sua área de vida, se deslocando por menores distâncias (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2001; LEINER; SILVA, 2009; PIRES; FERNANDEZ, 1999). Esse comportamento mais restrito ao local de nascimento vem definindo as fêmeas como possivelmente filopátricas (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2001; LEINER; SILVA, 2009; PIRES; FERNANDEZ, 1999).

Embora *D. aurita* seja uma das espécies mais estudadas entre os marsupiais didelfídeos sob o aspecto de movimento, ainda não existem estudos que avaliem como essa espécie lida com esse tipo de fragmentação causada por dutos em áreas florestais. Esta é uma atividade econômica importante no estado do Rio de Janeiro, fonte de alterações na estrutura da floresta de várias UCs desse estado. Considerando que esta é uma espécie nativa e resiliente, com elevada abundância e facilidade de captura, é importante entender como ela interage com o ambiente, uma vez que pode ser responsável pela manutenção de serviços ecossistêmicos importantes nessa paisagem fragmentada.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar o efeito de uma faixa de dutos de petróleo sobre o uso do habitat e movimento do marsupial *Didelphis aurita* em uma paisagem florestal fragmentada da baixada fluminense.

Objetivos específicos, hipóteses e predições

- Avaliar se o corredor de vegetação aberta criado pela faixa de dutos age como barreira para a movimentação da espécie estudada;

Hipótese - Uma vez que a espécie é resiliente e oportunista, com uma capacidade ampla de movimentação sobre matrizes graminosas (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2001; PIRES et al, 2002), espera-se que o duto não seja uma barreira para o movimento da espécie.

Predição - Espera-se que a frequência de movimentos interfragmento não seja significativamente diferente da frequência de movimentos intrafragmento.

- Avaliar se o efeito de borda causado pela faixa de dutos leva a alterações no uso do habitat pela espécie;

Hipótese - Como a espécie é considerada resiliente e oportunista, espera-se que as alterações ambientais na estrutura da borda florestal não sejam suficientes para alterar o uso do habitat pela espécie.

Predição - Espera-se que o uso do habitat, medido pela frequência de capturas, nas áreas de borda não seja significativamente diferente do interior florestal.

- Avaliar se a distância de movimento da espécie na região de estudo varia de acordo com características individuais e ambientais.

Hipótese - Espera-se que machos e fêmeas variem suas distâncias de movimento na paisagem, uma vez que eles apresentam papéis diferentes durante a reprodução, no qual o macho procura por fêmeas para copular (LORETTO; VIEIRA, 2005) e as fêmeas cuidam sozinhas dos filhotes após o parto. Espera-se também que durante a estação seca, pela menor disponibilidade de alimentos próximos, os indivíduos percorram maiores distâncias. Além disso, o tamanho da espécie varia entre sexos e ontogeneticamente e o tamanho é uma variável importante para medir a capacidade de deslocamento.

Predição 1 - Espera-se que machos, maiores, percorram maiores distâncias de movimento do que fêmeas.

Predição 2 - Espera-se que adultos percorram maiores distâncias de movimento do que juvenis.

Predição 3 - Espera-se que a distância de movimento da espécie seja maior na estação seca.

METODOLOGIA

Área de estudo

A região de estudo abrange a Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Rio São João, uma UC de Uso Sustentável e a Reserva Biológica (REBIO) União, uma UC de Proteção Integral (Figura 1). Seis áreas foram amostradas, sendo três em propriedades rurais na APA, localizadas próximas ao município de Casimiro de Abreu e três áreas na REBIO União, próximas a Rio das Ostras, todas no estado do Rio de Janeiro. A APA da Bacia do Rio São João, em sua totalidade, possui aproximadamente 150.000 hectares e, a REBIO União, 7756 hectares de extensão territorial (ICMBIO, 2008a; MELLADO et al, 2018). Todas as áreas selecionadas nas duas UCs estão localizadas em uma paisagem modificada com diferentes contextos de perda e fragmentação do habitat.

A região é coberta por Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (IBGE, 2012) e sua paisagem é formada por formações florestais, pastagens e eucaliptos (ICMBIO, 2008b). O clima na região é tropical úmido, segundo a classificação de Köppen (KÖPPEN, 1948). O período com menor média de temperatura e precipitação, de maio a agosto, foi chamado estação seca e, o período com médias maiores desses fatores ambientais, de setembro a abril, foi chamado estação chuvosa (MELLADO et al, 2018).

Os fragmentos selecionados para amostragem são cortados por uma faixa de dutos de aproximadamente 25 metros de largura, da empresa brasileira Petrobras Transporte S. A. – Transpetro (Figuras 1 e 2). Essa faixa de dutos liga a cidade de Macaé, onde há o terminal de Cabiúnas, à Duque de Caxias, onde há a refinaria (PETROBRAS, 2021a; PETROBRAS, 2021c). Esses dutos são utilizados para transporte de três tipos diferentes de recursos naturais, o gás natural, o petróleo e o Líquido de Gás Natural (LGN). As faixas que cortam as áreas amostrais contêm dois gasodutos (GASDUC II e GASDUC III) e um oleoduto (OSDUC) e, sua implementação subterrânea data desde a década de 80 (ICMBIO, 2008b; PETROBRAS, 2021b; PETROBRAS, 2021c).

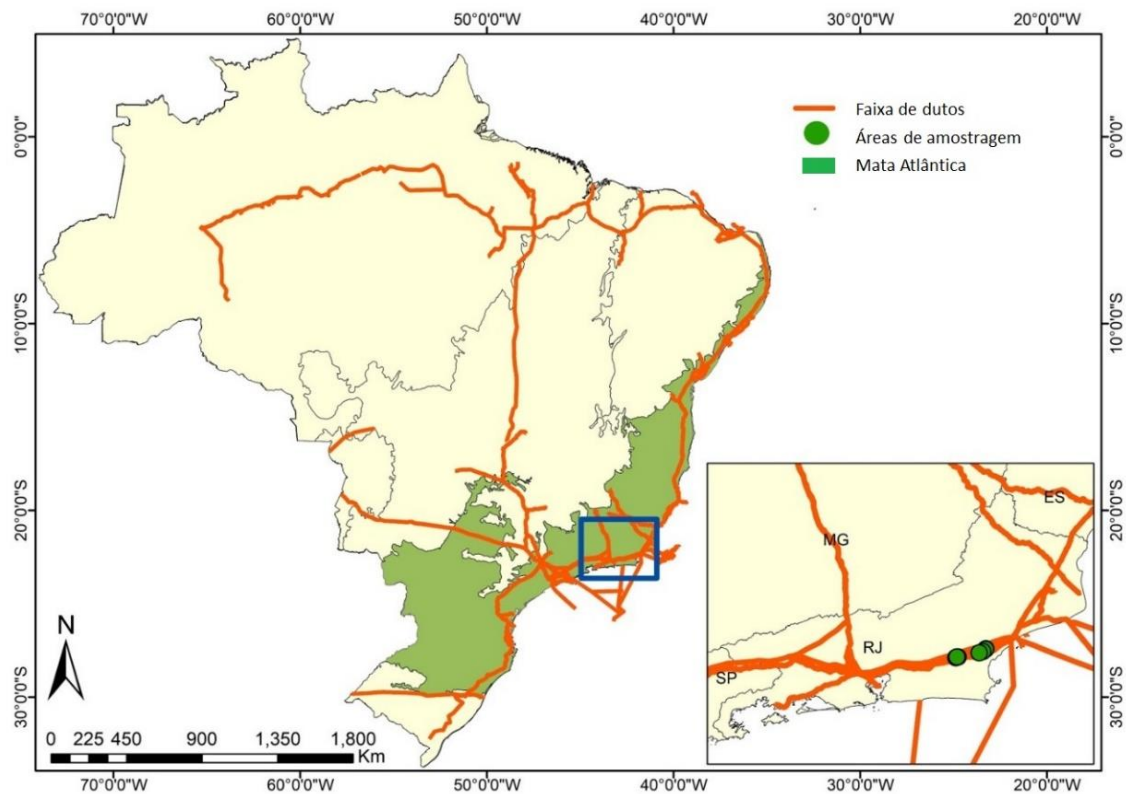


Figura 1 - Mapa do território brasileiro. As linhas laranjas representam as faixas de dutos, o verde-claro, o domínio Mata Atlântica, o quadrado azul, o estado brasileiro ampliado onde houve as amostragens e, os pontos de verde escuro, as áreas de amostragem.

Delineamento amostral

Seis áreas amostrais foram selecionadas, três na APA e três na REBIO (Figura 2; Tabela 1). A amostragem foi realizada em blocos, com as áreas da APA e as áreas da REBIO União sendo amostradas em meses separados. Cada um destes blocos (APA e REBIO) foi amostrado trimestralmente. Assim, as áreas escolhidas foram amostradas em nove campanhas entre outubro de 2018 e dezembro de 2019, cinco campanhas nas áreas da APA e quatro campanhas nas áreas da REBIO (Tabela 2).



Figura 2 - Áreas amostrais da APA da Bacia do Rio São João (A) e REBIO União (B) vistas com maior aproximação. As áreas da APA estão localizadas próximas ao município de Casimiro de Abreu, enquanto as áreas da REBIO, estão próximas à Rio das Ostras, todas no estado do Rio de Janeiro, Brasil. As linhas vermelhas caracterizam as faixas de dutos que cortam as paisagens florestais.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das áreas de amostragem em cada Unidade de Conservação.

UC	Área	Latitude	Longitude
Fragmentos da APA da Bacia do Rio São João	Fazenda Flandria (FL)	-22,505250°	-42,316260 °
	Fazenda Iguapê (IG)	-22,505720 °	-42,326960 °
	Fazenda Dois Irmãos (DI)	-22,512860 °	-42,337680 °
	REBIO União 1 (UA)	-22,422637 °	-42,018349 °
Reserva Biológica União	REBIO União 2 (UB)	-22,443004 °	-42,050378 °
	REBIO União 3 (UC)	-22,462706 °	-42,093187 °

Tabela 2 – Período de realização e estação climática das campanhas de coleta em cada Unidades de Conservação: APA Bacia do Rio São João (APA) e REBIO União (REBIO).

Campanha	Início	Fim	Região	Estação climática
1	15/10/2018	21/10/2018	APA	Chuvosa
2	21/01/2019	28/01/2019	REBIO	Chuvosa
3	11/02/2019	18/02/2019	APA	Chuvosa
4	18/04/2019	25/04/2019	REBIO	Chuvosa
5	19/05/2019	26/05/2019	APA	Seca
6	14/07/2019	21/07/2019	REBIO	Seca
7	12/08/2019	19/08/2019	APA	Seca
8	20/10/2019	27/10/2019	REBIO	Chuvosa
9	08/12/2019	15/12/2019	APA	Chuvosa

O desenho amostral foi composto por quatro transectos em cada uma das seis áreas amostrais. Dois destes transectos foram dispostos nas bordas florestais imediatas, um de cada lado da faixa de dutos. Outros dois transectos foram dispostos no interior florestal, paralelamente a cada transecto de borda a uma distância equivalente a largura da faixa de dutos (~ 25 m; Figura 3). A distância entre os transectos variou de 20 a 25 metros entre as áreas, uma vez que essa é a variação observada da largura das faixas de dutos. Cada transecto foi composto por 15 estações amostrais distanciadas aproximadamente 10 metros entre si. Em cada estação amostral foi instalada uma armadilha do tipo *Sherman* (30 cm x 8 cm x 9 cm) e uma *Tomahawk* (45 cm x 16 cm x 16 cm), sendo uma instalada no solo e a outra no sub-bosque, intercalando essas armadilhas entre os estratos vegetais em cada ponto. Essas armadilhas de isca usaram uma mistura de banana prata, amendoim moído, farinha de milho e sardinha para atrair os animais. Todos os procedimentos foram autorizados pelo SISBIO/ICMBio (licenças 64807-3 e 64635-1).



Figura 3 - Desenho experimental utilizado no estudo. A área verde representa a área florestal, as barras pretas - os transectos de armadilhas, cada ponto dentro de cada transecto - uma estação amostral, onde foram instaladas armadilhas *Tomahawk* (a) e *Sherman* (b) e em marrom - a faixa de dutos. A distância entre os transectos dentro da floresta é equivalente a largura da faixa de dutos na área (~ 25 m) e, a distância entre estações amostrais de um transecto é aproximadamente 10 m.

Cada indivíduo capturado foi marcado com brinco numerado e solto no local de captura. A marcação permitiu identificar o indivíduo em uma futura recaptura. Os indivíduos foram também pesados, sexados e classificados em diferentes classes etárias com base na ordem de oclusão dos dentes. Indivíduos com a dentição dP3M2 foram considerados como juvenis e dP3M3, P3M3 e P3M4 como adultos, pois a partir da dentição dP3M3, os indivíduos já estão sexualmente ativos (MACEDO et al, 2006). Além disso, foram tomadas medidas do comprimento do corpo (cabeça/corpo), da cauda, orelha e pé.

Análise de dados

O número mínimo de indivíduos sabidamente vivos (*Minimum Number Known to be Alive - MNKA*) (KREBS, 1966) foi calculado separadamente para estimar o tamanho da população (N_t) ao longo dos meses de amostragem nas duas UCs. O MNKA é uma estimativa tão robusta quanto outras de tamanho da população (BANKS-LEITE et al, 2014; PACHECO et al, 2013) e consiste na soma do número de indivíduos registrados em uma campanha mais os indivíduos que não apareceram nessa campanha, mas que tenham sido registrados em uma campanha anterior e uma campanha posterior.

Para avaliar se o corredor de vegetação aberta age como barreira para a movimentação da espécie estudada, foram considerados apenas movimentos entre transectos diferentes. Os movimentos entre transectos em diferentes lados da faixa de dutos foram chamados de movimentos interfragmento e aqueles entre transectos dentro de um mesmo lado da floresta,

movimentos intrafragmento. Não foram considerados movimentos entre estações amostrais de um mesmo transecto para a análise do efeito barreira. Foi aplicado um teste χ^2 para comparar a frequência de movimentos inter e intrafragmentos.

Para avaliar o impacto do efeito de borda sobre o uso do habitat da espécie, a frequência de capturas foi considerada como estimativa de uso do habitat. Uma vez que em algumas ocasiões o mesmo indivíduo foi capturado na borda e no interior, uma frequência de capturas significativamente maior em um dos ambientes indicaria que o animal está mais presente nesse ambiente, logo deve usá-lo mais frequentemente. Foi realizado também o teste χ^2 para comparar a frequência de capturas da espécie nos transectos localizados na borda e no interior da floresta.

A distância de movimento dos indivíduos foi calculada pela distância mínima entre estações amostrais em capturas consecutivas. Esse cálculo considerou movimentos entre transectos diferentes e dentro de um mesmo transecto. Para avaliar as possíveis influências da massa, sexo, classe etária e estação climática na distância de movimento da espécie, foram elaborados Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM).

Na construção dos modelos, foram gerados também modelos que incluíram a interação entre as variáveis explicativas sexo e estação climática, assim como sexo e classe etária. O indivíduo foi considerado como uma variável de efeito aleatório, pois múltiplas medidas de distância de movimento de um mesmo indivíduo entraram na análise. Assim, foram gerados 26 modelos concorrentes que apresentaram cada variável isoladamente, todas as possíveis combinações entre as variáveis, além de um modelo nulo, composto pelo intercepto e os erros residuais.

Estes modelos foram ordenados de acordo com o valor de AIC (*Akaike Information Criterion*), com correção para pequenos tamanhos amostrais (AICc). Consideramos os modelos parcimoniosos ($\Delta AICc \leq 2$) os melhores modelos a serem selecionados (ANDERSON; BURNHAM, 2002). O diagnóstico dos resíduos foi analisado pelo pacote *DHARMA* (HARTIG, 2017) e, para atender os pressupostos de normalidade e dispersão dos dados, a variável resposta distância de movimento foi logaritimizada. As análises estatísticas foram feitas no software R 4.0.3 (R CORE TEAM, 2020) e foi adotado um nível de significância de 5% para os testes realizados.

RESULTADOS

Ao longo do estudo foram realizadas 83 capturas de 42 indivíduos de *Didelphis aurita*. Desses 42 indivíduos, três foram excluídos das análises relacionadas a sexo e idade por falta dessas informações. Assim, foram registradas 22 fêmeas (15 adultas e 10 juvenis) e 17 machos

(10 adultos e nove juvenis). Em alguns casos, um mesmo indivíduo teve suas capturas e movimentos registrados mais de uma vez em diferentes classes etárias.

A abundância das fêmeas, representada pelo número de primeiras capturas em cada campanha, tendeu a ser maior que a dos machos em todos os meses de amostragem da REBIO, enquanto machos tiveram uma maior abundância do que fêmeas apenas em um dos cinco meses de amostragem na APA (Figura 4). Fêmeas em atividade reprodutiva foram registradas ao longo de todo o ano ao englobar os registros das duas UCs (Figura 4), indicando que não houve sazonalidade na reprodução. A flutuação populacional da espécie variou entre as duas UCs, sendo que o número de indivíduos capturados tendeu a aumentar ao longo do estudo na REBIO e na APA, houve oscilação entre os meses (Figura 5).

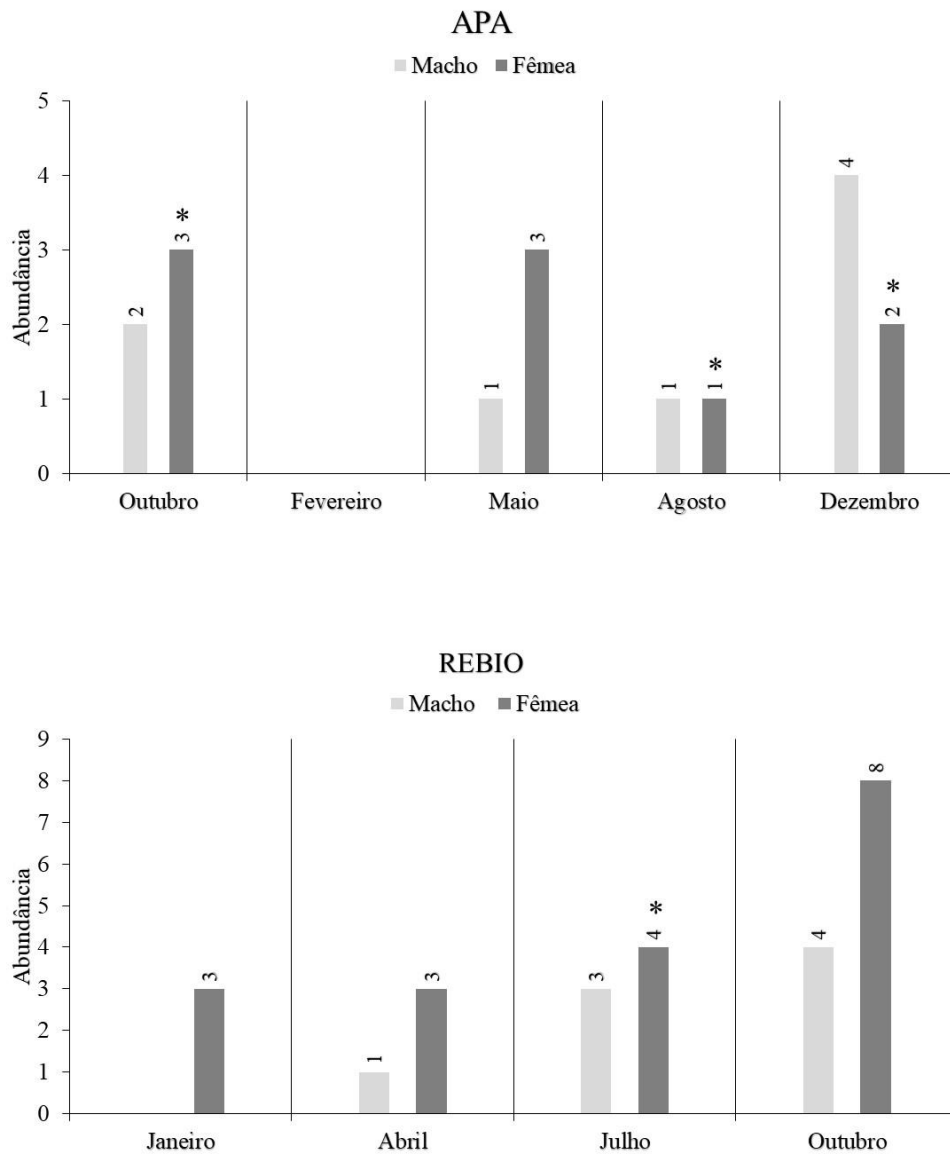


Figura 4 - Abundância de primeiras capturas de *Didelphis aurita* ao longo dos meses de amostragem nas duas Unidades de Conservação. Os asteriscos informam os meses de registro de fêmeas reprodutivas.

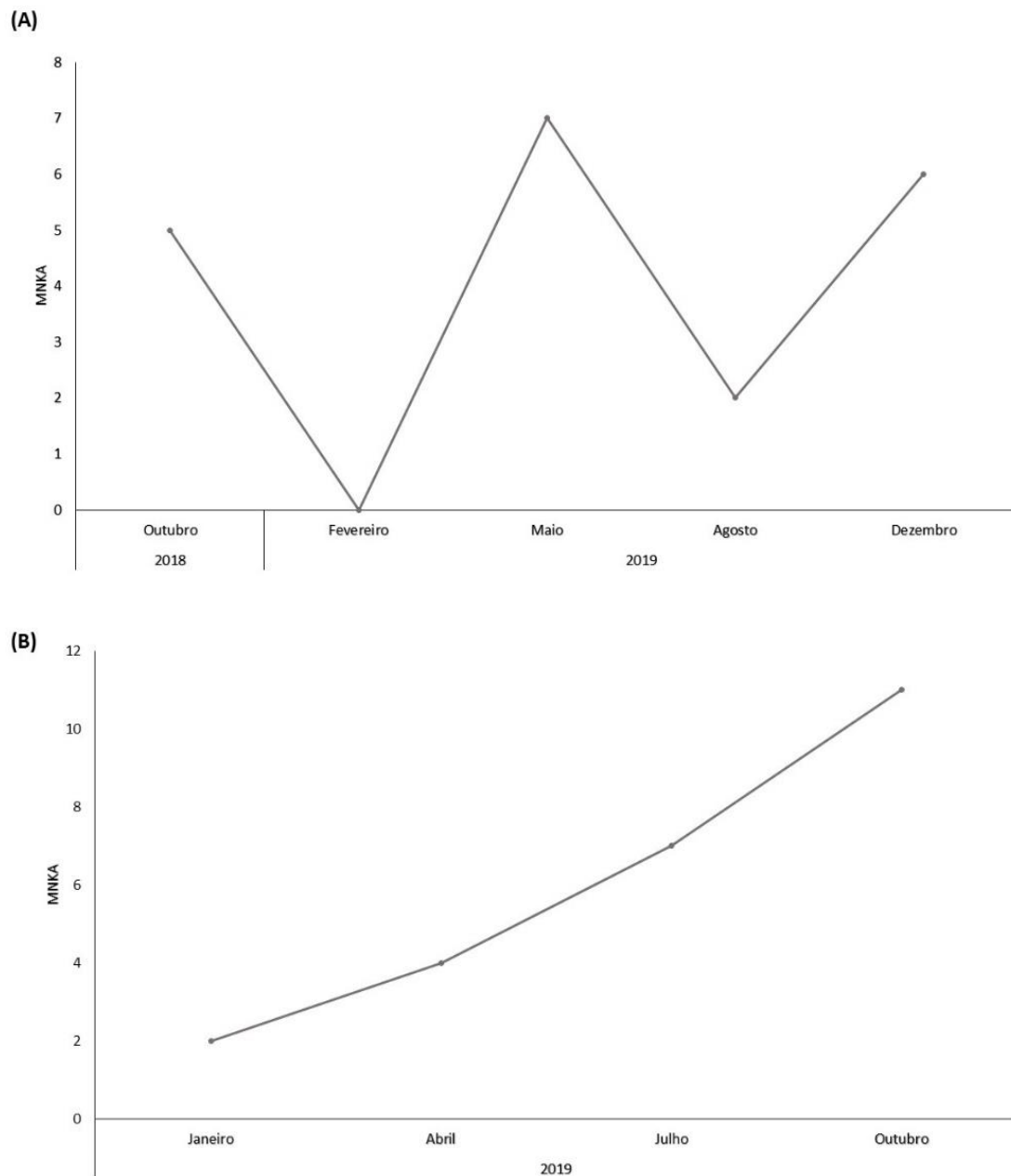


Figura 5 - Flutuação populacional de *Didelphis aurita* na APA (A) e REBIO União (B) ao longo dos meses de amostragem. A abundância por MNKA (número mínimo de animais sabidamente vivos) foi usada como um estimador de tamanho populacional ao longo dos meses de amostragem.

Para as análises de movimentos intra e interfragmentos, foram considerados um total de 22 movimentos, sendo oito movimentos interfragmento e 14 movimentos intrafragmento. Dos 22 movimentos, 13 foram realizados por fêmeas e nove, por machos. Sobre os movimentos de travessia sobre os dutos (interfragmentos), quatro travessias foram feitas por machos e as outras quatro, por fêmeas. Quando comparamos a frequência de travessias inter e intrafragmentos, registramos que 44% das travessias realizadas por machos foram movimentos de travessia interfragmentos sobre a faixa de dutos e 66% foram movimentos de travessias entre transectos

dentro de um mesmo lado do interior florestal. As fêmeas apresentaram uma frequência ligeiramente menor de travessias sobre os dutos (34%) quando comparado aos machos. Ao classificar os movimentos pela classe etária dos indivíduos, nove movimentos foram realizados por juvenis e 13 por adultos. Duas travessias foram feitas por juvenis e seis por adultos. Já ao avaliar a variação etária nas frequências de movimento, a frequência de travessia sobre os dutos por adultos foi pouco mais que o dobro (46%) da frequência dos juvenis (22%).

Os registros de movimentos interfragmento de *D. aurita* (n=8) foram menores do que os registros de movimentos intrafragmento (n=14) (Figura 6). No entanto, esta diferença não foi estatisticamente significativa ($\chi^2 = 1,63$, g. l. = 1, p = 0,20).

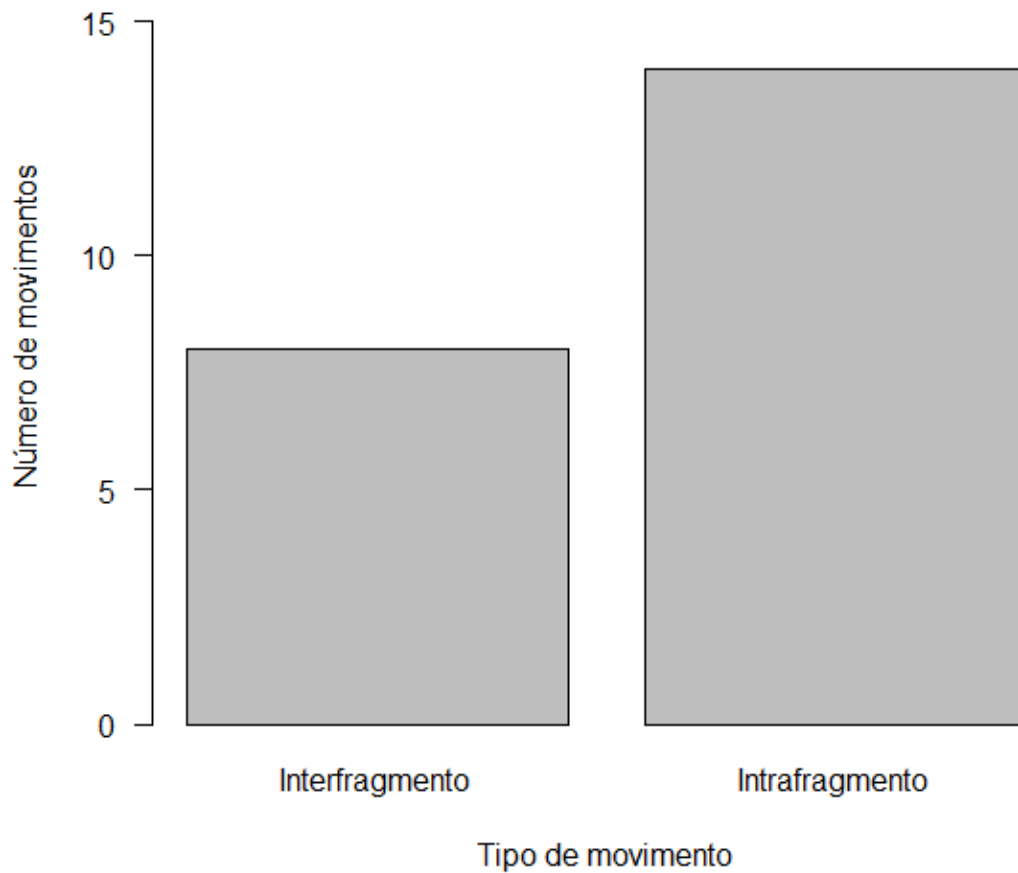


Figura 6 - Frequência de movimentos de *Didelphis aurita* entre diferentes transectos. O movimento intrafragmento indica o número de movimentos entre transectos dentro de um mesmo lado da floresta e o movimento interfragmento, o número de movimentos de travessias entre diferentes fragmentos florestais separados pela faixa de dutos.

Didelphis aurita foi capturado com maior frequência no interior da floresta (n=51) do que na borda (n=29) e essa diferença foi significativa ($\chi^2 = 6,05$, g. l. = 1, p = 0,01) (Figura 7).

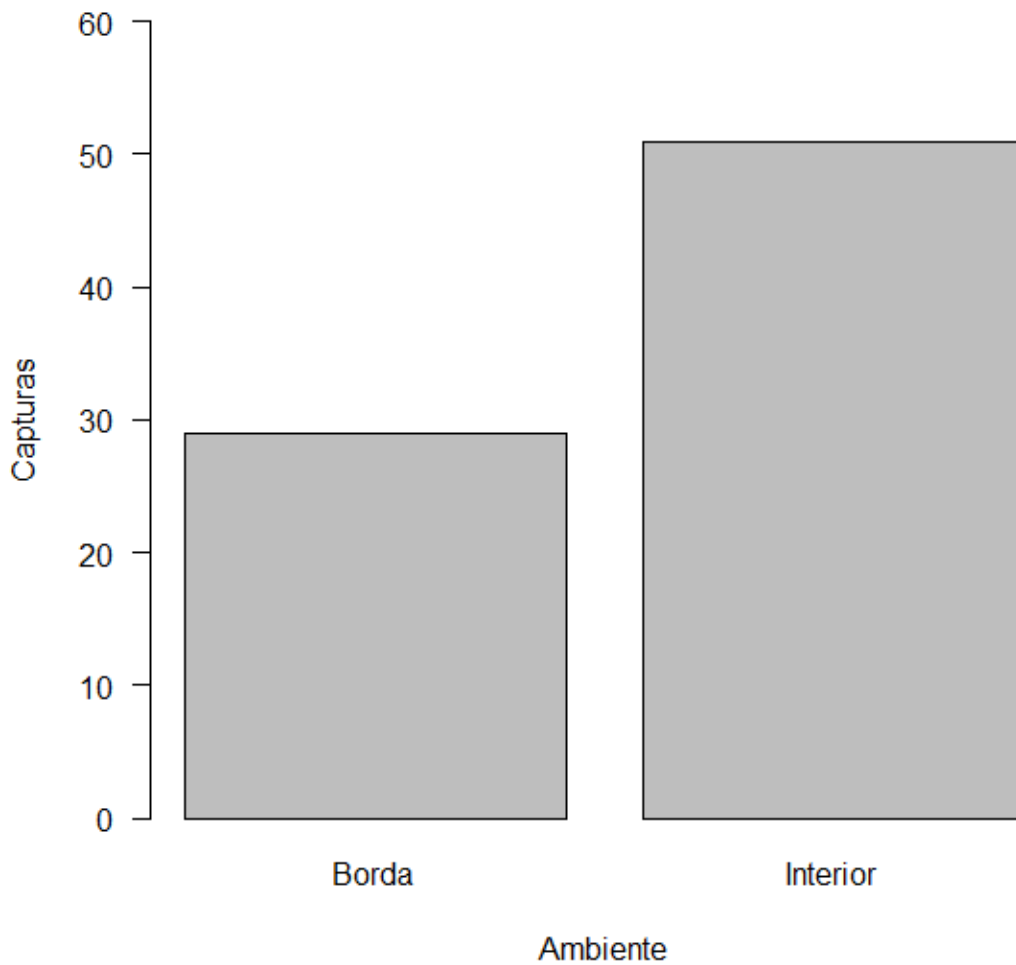


Figura 7 - Frequência de capturas de *Didelphis aurita* entre os diferentes ambientes amostrados. As barras indicam o número de capturas na borda e interior da floresta.

Para as análises de distância de movimento, foram registrados 39 movimentos realizados por 21 indivíduos (11 fêmeas e 10 machos) na região de estudo. Dos 22 eventos de movimentos realizados por fêmeas, três foram realizados por juvenis e 19 por adultas. No caso dos machos, dos 17 movimentos registrados, cinco foram realizados por adultos e 12 foram realizados por juvenis. A distância média de movimento da espécie na região de estudo foi de $53,24 \pm 36,21$ m. De forma geral, os sexos e classes etárias tenderam a apresentar movimentos curtos, no entanto, machos juvenis tiveram uma maior variância nas distâncias de movimento, atingindo uma extensão máxima de movimento de 168,20 m. Além disso, um único macho adulto realizou um evento de movimento relativamente grande (145,68 m) em relação aos demais indivíduos adultos (Figura 8).

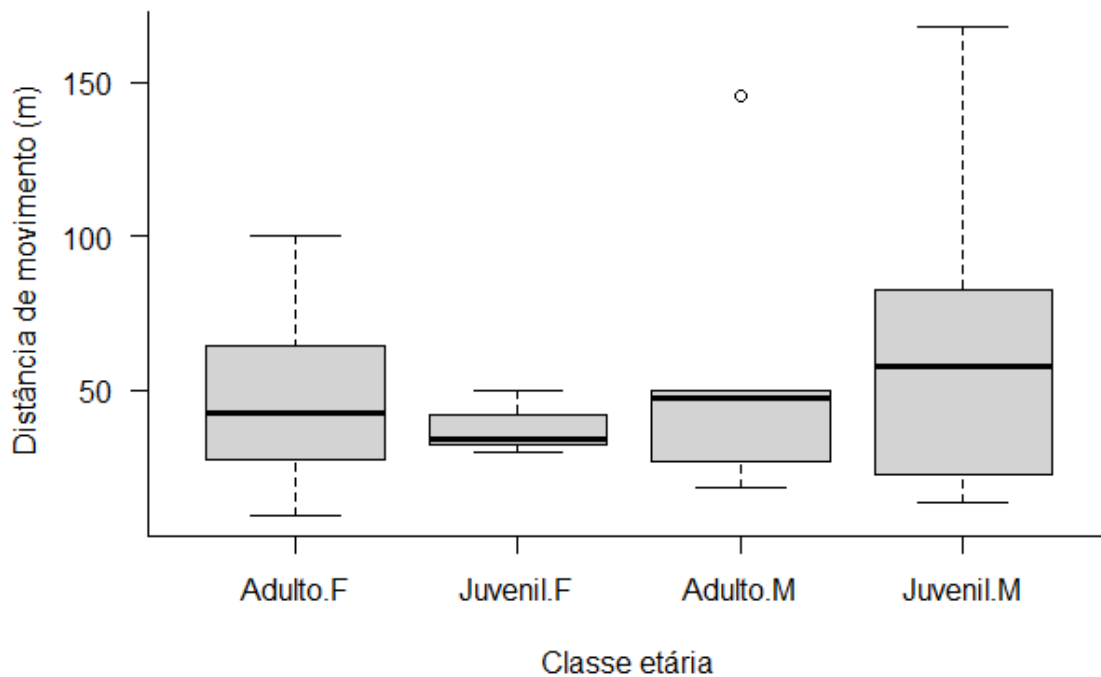


Figura 8 - Distância de movimento entre as classes etárias de ambos os sexos de *Didelphis aurita* na região de estudo. As linhas pretas horizontais representam a mediana, as extremidades das caixas - os quartis de 25 e 75%, os tracejados verticais - os valores máximos e mínimos desconsiderando *outliers*, e os círculos abertos - *outliers*.

O modelo nulo foi o mais plausível para explicar a variação na distância de movimento de *Didelphis aurita* (Tabela 3). Assim, modelos que incluíram todas as diferentes combinações das variáveis classe etária, massa, sexo e estação climática não tiveram poder preditivo para explicar a variação nas distâncias de movimento observadas (ver APÊNDICE A).

Tabela 3 – Modelos GLMM selecionados incluem estação climática, classe etária, massa e sexo como variáveis explicativas, o indivíduo como variável aleatória e a distância de movimento logaritimizada, como variável resposta. Estão representados os três modelos que tiveram os menores valores pelo critério de informação *Akaike* com correção de pequenas amostras (AICc). Para mais informações, ver APÊNDICE A.

	(Intercepto)	Estação	Classe etária	Massa	Sexo	Estação:Sexo	Classe etária:Sexo	R ²	g.l.	LogLik	AICc	ΔAICc	W _i
1	3,74	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	3	-42,55	91,79	0	0,48
9	3,63	NA	NA	NA	+	NA	NA	0,02	4	-42,63	94,43	2,65	0,13
26	3,35	+	NA	NA	+	+	NA	0,16	6	-40,05	95,01	3,22	0,1

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo indicam que a movimentação de *Didelphis aurita* não é afetada significativamente pela presença de faixas de duto. O número de movimentos intrafragmentos foi maior que o movimentos interfragmentos, mas esta diferença não foi estatisticamente significativa. Assim, podemos dizer que o efeito barreira não é um impacto importante para esta espécie em áreas cortadas por estreitas faixas desmatadas. No entanto, foi registrado um efeito de borda negativo para *D. aurita*, uma vez que houve uma frequência de capturas significativamente maior no interior florestal quando comparado às bordas florestais adjacentes à faixa de dutos.

Didelphis aurita é uma espécie generalista e grande para o padrão de marsupiais didelfídeos sul americanos e, cruzamentos da espécie sobre matrizes por distâncias ainda maiores que a largura da faixa de dutos (~ 25 m), inclusive matrizes gramíneas, foram registrados (PASSAMANI; FERNANDEZ, 2011; PIRES et al, 2002). Assim, não é surpreendente que o efeito barreira da faixa gramínea de dutos cause um impacto importante para a movimentação da espécie, de forma que indivíduos de ambos os lados da faixa de dutos parecem então compor uma população única em cada área amostrada.

No presente estudo, observamos que a frequência de movimentos interfragmento dos adultos foi mais que o dobro dos juvenis, indicando que é mais difícil para os juvenis cruzarem os dutos. Essa diferença pode ser explicada pela diferença na capacidade perceptual das diferentes classes etárias, pois estudos anteriores indicam que diante dos desafios em matrizes não-florestadas, o tamanho do corpo é uma das principais variáveis que condicionam *Didelphis aurita* a se orientar e dispersar por estes ambientes (MECH; ZOLNER, 2002; PREVEDELLO; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2011). Por apresentarem maiores tamanhos em relação ao solo, adultos observam a paisagem de forma mais nítida sobre as plântulas do ambiente limítrofe e têm maior sucesso de dispersão (PREVEDELLO; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2011). Outra explicação do porquê de juvenis apresentarem menos oportunidades de cruzar a faixa de dutos é que eles usam o estrato arbustivo-arbóreo com maior frequência que os adultos (CUNHA; VIEIRA, 2005). Assim, os juvenis podem cruzar com menor frequência, porque o substrato em que estão se locomovendo é interrompido nas faixas de duto.

Um fator não abordado no estudo, mas que pode afetar a frequência de movimentos interfragmento de *D. aurita* pela vegetação antropizada dos dutos, é a estrutura da vegetação presente nesta área. PREVEDELLO; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2011 demonstraram que a estrutura da vegetação da matriz pode levar a diferenças na capacidade de *D. aurita* perceber elementos da paisagem, o que é um dos principais determinantes do sucesso de dispersão em

ambientes fragmentados (ZOLLNER; LIMA, 2005). Assim, enquanto *D. aurita* era capaz de identificar elementos da paisagem localizados à 200 m em um pasto cortado e baixo, esta capacidade perceptual diminuía para aproximadamente 30 m em áreas de pasto abandonado com aproximadamente 45 cm de altura (PREVEDELLO; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2011). Por outro lado, a condição da qualidade da matriz pode auxiliar as espécies a cruzarem mais facilmente esses ambientes não-florestais por torná-los menos visíveis aos predadores, diminuindo os riscos de extinção (RAMÍREZ-DELGADO et al, 2022).

Na área amostrada no presente estudo, grande parte das faixas de vegetação dos dutos não era manejada pela Transpetro há vários meses. Assim, boa parte da área de matriz era composta por vegetação alta que em vários locais chegavam a aproximadamente um metro de altura. Uma importante questão para futuros estudos é entender se a frequência de manejo e o tempo desde o último manejo da vegetação das áreas de dutos influencia os movimentos interfragmento pelas espécies de pequenos mamíferos na região de estudo.

Uma frequência de capturas de *D. aurita* significativamente menor foi observada na borda imediata a área florestal, indicando um efeito de borda negativo sobre o uso do habitat pela espécie. Esse resultado sugere que *D. aurita* tem preferência pelo interior florestal. STEVENS; HUSBAND (1998) também registraram maior abundância da espécie no interior florestal (> 40 m da borda) quando comparado à borda do fragmento. O uso preferencial do interior florestal foi atribuído a diferença na estrutura da vegetação e fatores microclimáticos entre borda e interior florestal (STEVENS; HUSBAND, 1998).

Embora o efeito de borda adentre o interior de fragmentos florestais e pode ser percebido em grandes distâncias (PFEIFER et al, 2017), já foi possível detectar uma diferença no uso do habitat pela espécie em uma distância de cerca de 25 metros entre o transecto de interior e aquele instalado na borda imediata. De fato, trabalhos anteriores já registraram uma maior abundância de *D. aurita* em interiores florestais (RIBEIRO et al, 2016; STEVENS; HUSBAND, 1998). No entanto, estudos recentes têm questionado se este padrão de maior abundância de certas espécies no interior florestal pode ocorrer mesmo em fragmentos homogêneos, devido ao efeito de restrições geométricas. Este efeito ocorre pelo fato de áreas do interior do fragmento serem usadas por indivíduos que vêm de todas as direções, enquanto áreas da borda com a matriz, tendem a receber nenhum ou poucos indivíduos vindos da matriz em si, dependendo da permeabilidade dessa matriz (PREVEDELLO et al, 2013). RIBEIRO e colaboradores (2016) registraram que restrições geométricas têm pouca importância para a distribuição de *D. aurita* em fragmentos florestais e como a espécie é generalista, o uso das bordas deve ser influenciado principalmente por fatores relacionados a qualidade do habitat.

No caso do presente estudo, como não registramos efeito barreira significativo, indicando que os indivíduos conseguem se dispersar pelos dutos, é prudente dizer que *D. aurita* realmente está evitando as áreas de borda imediata do fragmento florestal com a faixa de dutos.

Nenhuma das variáveis analisadas (sexo, massa, classe etária ou estação climática) explicou a variação da distância de movimento de *Didelphis aurita*, contrariando estudos anteriores (e.g. ALMEIDA et al, 2010; LORETTO; VIEIRA, 2005). Possivelmente, outras variáveis que não foram computadas poderiam também estar relacionadas a variação da distância de movimento da espécie durante o período de amostragem. A maior parte dos movimentos foi curta, com média 53,24 metros, independente da classe etária ou sexo dos indivíduos. Assim, os dados podem indicar movimentos diários curtos e pequenas áreas de vidas para a espécie como um todo.

No entanto, não podemos descartar um viés do desenho amostral e tipo de armadilha utilizado. Caso não houvesse armadilhas com iscas atrativas, *Didelphis aurita* poderia continuar se movimentando através da área onde as armadilhas foram dispostas (CUNHA; VIEIRA, 2002). Além disso, o arranjo das armadilhas abrange uma área relativamente pequena podendo registrar um tamanho de movimento máximo de aproximadamente 200 m se um indivíduo realizasse um movimento diagonal entre estações amostrais de transectos no interior florestal de lados opostos da faixa de dutos. Recomenda-se futuros estudos com rádio-telemetria e carretel de rastreamento, para averiguar o grau de acurácia dos resultados obtidos no presente estudo (PREVEDELLO; MENDONÇA; VIEIRA, 2008).

Mesmo que os indivíduos de diferentes sexos e classes etárias tenham realizado movimentos curtos, machos juvenis tenderam a ter maior variância em sua distância de movimento e atingiram as maiores distâncias de movimento. Um único macho adulto apresentou uma distância de movimento equiparável aos maiores movimentos de juvenis. A grande variância e tamanho máximo de movimento dos machos juvenis no estudo podem estar ligados a busca por novos territórios após o período de desmame e para evitar competição e endocruzamento (SODERQUIST; LILL, 1995).

As pequenas distâncias de movimento de fêmeas identificadas no presente estudo são compatíveis com os resultados de estudos anteriores que apontam que fêmeas de marsupiais tendem ficar mais restritas a um território (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2001; LEINER; SILVA, 2009; PIRES; FERNANDEZ, 1999). Esses movimentos curtos de fêmeas de marsupiais são associados ao comportamento filopátrico, no qual as fêmeas tendem a se estabelecer próximas a sua área de nascimento após o desmame (JOHNSON; PAYNE, 2002; SODERQUIST; LILL, 1995). Uma última hipótese a ser considerada é que, como machos são

maiores que fêmeas (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 1999), eles teriam capacidade de realizar deslocamentos maiores.

CONCLUSÃO

O ambiente desmatado acima da faixa de dutos não foi uma barreira a travessia de *Didelphis aurita* para o fragmento florestal oposto, entretanto, a espécie se moveu preferencialmente dentro dos ambientes florestais. Adicionalmente, as bordas criadas pela área dos dutos tiveram um impacto negativo no uso do habitat pela espécie, pois *D. aurita* foi capturada com menor frequência nestes ambientes. As distâncias de movimento registradas tenderam a ser curtas e nenhuma das variáveis analisadas está ligada significativamente ao tamanho da distância de movimento de *D. aurita*. Vale destacar que esses resultados acerca da distância de movimento da espécie podem estar enviesados pela metodologia empregada (captura-marcação-recaptura em uma área limitada). Os dados obtidos nesse estudo contribuem para entender os impactos de faixas de dutos sobre a espécie e, conseqüentemente, de outras estruturas com o mesmo padrão de fragmentação e distúrbio.

REFERÊNCIAS

ARIAS, J. D. R. **Effect of pipelines on landscape connectivity for the long-furred woolly opossum (*Marmosa paraguayana*) in Atlantic Forest fragments of Silva Jardim municipality, Rio de Janeiro**. 2020. 37 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

ALMEIDA, A. J.; TORQUETTI, C. G.; TALAMONI, S. A. Use of space by neotropical marsupial *Didelphis albiventris* (Didelphimorphia: Didelphidae) in an urban forest fragment. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 2, p. 214-219, 2008.

ALMEIDA, P. et al. O movimento dos animais: última fronteira na dinâmica de populações. **Ciências Hoje**, v. 45, n. 267, p. 32-37, 2010.

ANDERSON, D. R.; BURNHAM, K. P. Avoiding pitfalls when using information-theoretic methods. **The Journal of Wildlife Management**, v. 66, n. 3, p. 912-918, 2002.

BANKS-LEITE, C. et al. Assessing the utility of statistical adjustments for imperfect detection in tropical conservation science. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 4, 2014.

BARLOW, J. et al. The future of hyperdiverse tropical ecosystems. **Nature**, v. 559, n. 7715, p. 517-526, 2018.

BEN-DAVID, M.; FLAHERTY, E. A. Stable isotopes in mammalian research: a beginner's guide. **Journal of Mammalogy**, v. 92, n. 2, p. 312-328, 2012.

BEZERRA-SANTOS, M. A. et al. *Didelphis* spp. Opossums and their parasites in the Americas: A One Health perspective. **Parasitology Research**, v. n. 120, p. 4091-4111, 2021.

BRAGA, C. A. C.; PREVEDELLO, J. A.; PIRES, M. R. S. Effects of cornfields on small mammal communities: a test in the Atlantic Forest hotspot. **Journal of mammalogy**, v. 96, n. 5, p. 938-945, 2015.

CÁCERES, N. C.; DITTRICH, V. A. O.; MONTEIRO-FILHO, E. L. Fruit consumption, distance of seed dispersal and germination of Solanaceous plants ingested by the common opossum (*Didelphis aurita*) in southern Brazil, **Revue d'Ecologie**, v. 54, p. 225-234, 1999.

CÁCERES, N. C.; MONTEIRO-FILHO, E. L. Body size in natural populations of *Didelphis* (Mammalia: Marsupialia) from Southern Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 3, p. 461-469, 1999.

_____. Food habits, home range and activity of *Didelphis aurita* (Mammalia, Marsupialia) in a forest fragment of southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 36, n. 2, p. 85-92, 2001.

CÁCERES, N. C. Use of space by the opossum *Didelphis aurita* Wied-Neuwied (Mammalia, Marsupialia) in a mixed forest fragment of southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 2, p. 315-322, 2003.

CASELLA, J. Diet of *Didelphis aurita* e *Micoureus paraguayanus* and the fruit availability in a semideciduous Atlantic forest in Southern Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 6, n. 2, p. 85-93, 2011.

CEOTTO, P. et al. Diet variation of the marsupials *Didelphis aurita* and *Philander frenatus* (Didelphimorphia, Didelphidae) in a rural area of Rio de Janeiro state, Brazil. **Mastozoologia neotropical**, v. 16, p. 49-58, 2009.

CERBONCINI, R. A. S.; ROPER, J. J.; PASSOS, F. C. Edge effects without habitat fragmentation? Small mammals and a railway in the Atlantic Forest of southern Brazil. **Oryx**, v. 50, n. 3, p. 460-467, 2015.

CUNHA, A. A.; VIEIRA, M. V. Support diameter, incline, and vertical movements of four didelphid marsupials in the Atlantic forest of Brazil. **Journal of Zoology**, v. 258, n. 4, p. 419-426, 2002.

_____. Age, season, and arboreal movements of the opossum *Didelphis aurita* in an Atlantic rain forest of Brazil. **Acta Theriologica**, v. 50, n. 4, p. 551-560, 2005.

DARLING, A. F.; LESTON, L.; BAYNE, E. M. Small-mammal abundance differs between pipelines, edges, and interior boreal forest habitat. **Canadian Journal of Zoology**, v. 97, n. 10, 2019.

DIXO, M.; METZGER, J. P. Are corridors, fragment size and forest structure important for conservation of leaf-litter lizards in a fragmented landscape? **Oryx**, v. 43, n. 3, p. 435-442, 2009.

FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

FONSECA, G. A. B. The vanishing Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 34, n. 1, p. 17-34, 1985.

FONSECA, G. A. B.; ROBINSON, J. G. Forest size and structure: competitive and predatory effects on small mammal communities. **Biological Conservation**, v. 53, p. 265-294, 1990.

FRANKHAM, R. Genetics and conservation biology. **Comptes Rendus Biologies**, v. 326, n. 1, p. 22-29, 2003.

GALETTI, M. et al. Trophic Niche Differentiation in Rodents and Marsupials Revealed by Stable Isotopes. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1-15, 2016.

GIRAUDO, A. R. et al. Comparing bird assemblages in large and small fragments of the Atlantic Forest hotspots. **Biodiversity Conservation**, v. 17, p. 1251-1265, 2008.

GRILO, C. et al. Brazil Road-Kill: a data set of wildlife terrestrial vertebrate road-kills. **Ecology**, v. 99, n. 11, 2018.

HARTIG, F. DHARMA: **Residual diagnostics for hierarchical (Multi-Level/Mixed) regression Models**. <https://cran.r-project.org/package=DHARMA>. Acesso em: 28 jun. 2017.

HOBSON, K. A.; WASSENAAR, L. I.; TAYLOR, O. Stable isotopes ($\delta^2\text{H}$ and $\delta^{13}\text{C}$) are geographic indicators of monarch butterfly natal origins in eastern North America. **Oecologia**, v. 120, n. 3, p. 397-404, 1999.

IBGE – Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema Fitogeográfico, Inventário das Formações Florestais e Campestres, Técnicas e Manejo de Coleções Botânicas, Procedimentos para Mapeamentos, 2 ed. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, IBGE: Rio de Janeiro, Brasil, 2012, p. 276.

ICMBIO. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João/Mico-leão-dourado. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2008.

ICMBIO. Plano de Manejo da Reserva Biológica União, Encarte 3 – Análise da Unidade de Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2008.

JOHNSON, C. N.; PAYNE, A. Sex-biased dispersal in the rufous bettong *Aepyprymnus rufescens*. **Australian Mammalogy**, v. 24, p. 233-235, 2002.

KELLER, L. Inbreeding effects in wild populations. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 17, n. 5, p. 230-241, 2002.

KELLY, J. F. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. **Canadian Journal of Zoology**, v. 78, p. 1-27, 2000.

KOCIOLEK, A. V. et al. Effects of Road Networks on Bird Populations. **Conservation Biology**, v. 25, n. 2, p. 241-249, 2011.

KÖPPEN, W. **Climatologia: Con un Estudio de los Climas de la Tierra**; Fondo de Cultura Economica: Pánuco, Mexico, 1948, p. 478.

KREBS, C. J. Demographic changes in fluctuating populations of *Microtus californicus*. **Ecological monographs**, v. 36, n. 3, p. 329-273, 1966.

KUHNEN, V. V. et al. Diet overlap and spatial segregation between two neotropical marsupials revealed by multiple analytical approaches. **PLoS ONE**, v. 12, n. 7, 2017.

KUHNEN, V. V.; WEDEKIN, L. L.; SETZ, E. Z. F. Coupled population dynamics of two Neotropical marsupials driven by mesopredator's abundance. **Population ecology**, v. 61, n. 1, p. 113-121, 2019.

LAURANCE, W. F. et al. Impacts of roads and hunting on central African rainforest mammals. **Conservation Biology**, v. 20, p. 1251-1261, 2006.

LAURENCE, William.; GOOSEM, Miriam. Impacts of habitat fragmentation and linear clearings on australian rainforest biota. In: STORK, N. E.; TURTON, S. M. (Org.). **Living in a Dynamic Tropical Forest Landscape**, Blackwell Publishing, 2008. p. 295-306.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 24, n. 12, p. 659-669, 2009.

LEITE, Y. L. R.; COSTA, L. P.; STALLINGS, J. R. Diet and vertical space use of three sympatric opossums in a Brazilian Atlantic forest reserve. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, p. 435-440, 1996.

LEINER, N. O.; SILVA, W. R. Territoriality in females of the slender opossum (*Marmosops paulensis*) in the Atlantic forest of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 25, p. 671-675,

2009.

LIMA, S. L.; ZOLLNER, P.A. Towards a behavioral ecology of ecological landscapes. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 3, p. 131-135, 1996.

LORETTO, D.; VIEIRA, M. V. The effects of reproductive and climatic seasons on movements in the black-eared opossum (*Didelphis aurita* Wied-Neuwied, 1826). **Journal of Mammalogy**, v. 86, n. 2, p. 287-293, 2005.

LUCAS, P. S. et al. Spatial response to linear infrastructures by the endangered Golden Lion Tamarin. **Diversity**, v. 11, n. 7, 2019.

MACEDO, J. et al. Classes de desenvolvimento em Marsupiais: um método para animais vivos. **Mastozoologia neotropical**, v. 13, n. 1, p. 133-136, 2006.

MAGIOLI, M. et al. Stable isotope evidence of *Puma concolor* (Felidae) feeding patterns in agricultural landscapes in Southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 46, n. 4, p. 451-460, 2014.

_____. et al. Human-modified landscapes alter mammal resource and habitat use and trophic structure. **PNA Latest Articles**, v. 116, n. 37, p. 18466-18472, 2019.

MAGNAGO, L. F. S. et al. Microclimatic conditions at forest edges have significant impacts on vegetation structure in large Atlantic forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, p. 2305-2318, 2015.

MARCELINO, M. et al. Agricultural activities and threat to fauna in Brazil: an analysis of the Red Book of Endangered Brazilian fauna. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 61, 2021.

MECH, S. G.; ZOLLNER, P. A. Using body size to predict perceptual range. **Oikos**, v. 98, p. 47-52, 2002.

MELLADO, B. et al. Diversity and seasonality of a phyllostomid assemblage from the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Mastozoologia Neotropical**, v. 25, n. 2, 2018.

MOURA, M. C.; VIEIRA, M. V. V.; CERQUEIRA, R. Occasional intraguild predation structuring small mammal assemblages: the marsupial *Didelphis aurita* in the Atlantic Forest of Brazil. **Austral Ecology**, v. 34, n. 5, p. 481-489, 2009.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

PACHECO, M. et al. A comparison of abundance estimators for small mammal populations. **Zoologia**, v. 30, n. 2, p. 182–190, 2013.

PACHECO, V. et al. Small mammal diversity in disturbed and undisturbed montane forest in the area of influence of the PERU LNG pipeline, Apurímac River Watershed, Ayacucho, Peru. **Assessment of Small Mammal Diversity**, p. 90-100, 2013.

PAGLIA, A. P. et al. **Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil**. 2. ed. Belo Horizonte: Occasional paper, Conservation Biology, p. 1-76, 2012.

PASSAMANI, M.; FERNANDEZ, F. A. S. Movements of small mammals among Atlantic Forest fragments in Espírito Santo, Southeastern Brazil. **Mammalia**, v. 75, n. 1, p. 83-86, 2011.

PEREIRA, A. L.; BENEDITO, E. Isótopos estáveis em estudos ecológicos: Métodos, aplicações e perspectivas. **Revista Biociências**, v. 13, n. 1-2, p. 16-27, 2007.

PETROBRAS. **Nossas atividades > Áreas de atuação > refino**. Disponível em <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/refinaria-duque-de-caxias-reduc.htm>. Acesso em 19/05/2021.

_____. **Nossas atividades > Principais operações > Gasodutos > Cabiúnas**. Disponível em <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/gasodutos/cabiunas.htm>. Acesso em: 15/01/2021.

_____. **Nossas atividades > Principais operações > Terminais e Oleodutos > Terminal Cabiúnas**. Disponível em <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/terminais-e-oleodutos/terminal-cabiunas.htm> Acesso em: 15/01/2021.

PFEIFER, M. et al. Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. **Nature**, v. 551, p. 187-191, 2017.

PIRES, A. S.; FERNANDEZ, F. A. S. Use of space by the marsupial *Micoureus demerarae* in small Atlantic Forest fragments in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 15, n. 3, p. 279-290, 1999.

PIRES, A. S. et al. Frequency of movements of small mammals among Atlantic Coastal Forest fragments in Brazil. **Biological Conservation**, v. 108, n. 2, p. 229-237, 2002.

PREVEDELLO, J. A.; MENDONÇA, A. F.; VIEIRA, M. V. Uso do espaço por pequenos mamíferos: uma análise dos estudos realizados no Brasil. **Oecologia brasiliensis**, v. 12, n. 4, 2008.

PREVEDELLO, J. A.; VIEIRA, M. V. Does the type of matrix matter? A quantitative review of the evidence. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n. 5, p. 1205-1223, 2010.

PREVEDELLO, J. A.; FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Does land use affect perceptual range? Evidence from two marsupials of the Atlantic Forest. **Journal of Zoology**, v. 284, p. 53-59, 2011.

PREVEDELLO, J. A. et al. Rethinking edge effects: the unaccounted role of geometric constraints. **Ecography**, v. 36, n. 3, p. 287-299, 2013.

PUTTKER, T. et al. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. **Biological Conservation**, v. 241, 2020.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project>. 2009.

RAMÍREZ-DELGADO, J. P. et al. Matrix condition mediates the effects of habitat fragmentation on species extinction risk. **Nature Communications**, v. 13, n. 595, p. 1-10, 2022.

REZENDE, C. L. et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RIBEIRO, S. E. et al. Edge effects and geometric constraints: a landscape-level empirical test. **Journal of Animal Ecology**, v. 85, n. 1, p. 97-105, 2016.

RICHARDSON, M. L. et al. A review of the impact of pipelines and power lines on biodiversity and strategies for mitigation. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 8, p. 1801-1815, 2017.

RIES, L.; SISK, T. D. A predictive model of edge effects. **Ecology**, v. 85, n. 11, p. 2917-2926, 2004.

ROSSI, Rogério Vieira.; BIANCONI, Gledson Vigiano. Ordem Dielphimorphia. In: REIS, N. R. et al. (Org.). **Mamíferos do Brasil**. 2° Ed. Londrina: Nélio R. dos Reis, 2011. p. 31-60.

SINGH, V.; SHUKLA, S.; SINGH, A. The principal factors responsible for biodiversity loss. **Open Journal of Plant Science**, v. 6, n. 1, p. 11-14, 2021.

SMITH, B. N.; EPSTEIN, S. Biogeochemistry of stable isotopes of hydrogen and carbon in salt marsh biota. **Plant Physiology**, v. 46, p. 738-742, 1970.

SODERQUIST, T. R.; LILL, A. Natal dispersal and philopatry in the carnivorous marsupial *Phascogale tapoatafa* (Dasyuridae). **Ethology**, v. 99, p. 297-312, 1995.

SOLÓRZONO, Alexandro.; BRASIL, Lucas Santa Cruz.; OLIVEIRA, Rogério Ribeiro. The Atlantic Forest Ecological History: From Pre-colonial Times to the Anthropocene. In: MARQUES, Marcia.; GRELE, Carlos. (Org.). **The Atlantic Forest: History, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse forest**. Springer Nature, 2021.

STEVENS, S. M.; HUSBAND, T. P. The influence of edge on small mammals: evidence from Brazilian Atlantic forest fragments. **Biological Conservation**, v. 85, n. 1-2, p. 1-8, 1998.

TABARELLI, M. et al. Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 695-700, 2005.

TUCKER, M. A. et al. Moving in the Anthropocene: Global reductions in terrestrial mammalian movements. **Science**, v. 359, n. 6374, p. 466-469, 2018.

VIEIRA, M V. et al. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1191-100, 2009.

VIVEIRO DE CASTRO, E. B. V.; FERNANDEZ, F. A. S. Determinants of differential extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic forest fragments in Brazil. **Biological Conservation**, v. 119, n. 1, p. 73-80, 2004.

ZOLLNER, P. A.; LIMA, S. L. Behavioral tradeoffs when dispersing across a patchy landscape. **Oikos**, v. 108, n. 2, p. 219-230, 2005.

APÊNDICE A

Tabela 4 - Modelos gerados e selecionados em ordem pelo critério de AIC.

	(Intercepto)	Estação	Classe				Classe		R ²	G.I.	LogLik	AICc	ΔAICc	W _i
			etária	Massa	Sexo	Estação:Sexo	etária:Sexo							
1	3,74	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	3	-42,55	91,79	0	0,48	
9	3,63	NA	NA	NA	+	NA	NA	0,02	4	-42,63	94,43	2,65	0,13	
26	3,35	+	NA	NA	+	+	NA	0,15	6	-40,19	95,01	3,22	0,1	
3	3,71	NA	+	NA	NA	NA	NA	0	4	-42,96	95,09	3,3	0,09	
2	3,77	+	NA	NA	NA	NA	NA	0	4	-43,01	95,19	3,41	0,09	
11	3,64	NA	+	NA	+	NA	NA	0,01	5	-42,91	97,64	5,85	0,03	
28	3,24	+	+	NA	+	+	NA	0,17	7	-40,06	97,73	5,94	0,02	
10	3,64	+	NA	NA	+	NA	NA	0,01	5	-43,05	97,92	6,14	0,02	
4	3,74	+	+	NA	NA	NA	NA	0	5	-43,38	98,59	6,8	0,02	
43	3,65	NA	+	NA	+	NA	+	0,02	6	-42,43	99,48	7,69	0,01	
60	3,23	+	+	NA	+	+	+	0,17	8	-39,55	99,89	8,11	0,01	
12	3,64	+	+	NA	+	NA	NA	0,01	6	-43,31	101,25	9,46	0	
44	3,69	+	+	NA	+	NA	+	0,01	7	-42,67	102,94	11,16	0	
5	3,72	NA	NA	2E-05	NA	NA	NA	0,00	4	-49,64	108,46	16,67	0,00	
13	3,61	NA	NA	4E-05	+	NA	NA	0,01	5	-49,69	111,20	19,41	0,00	
7	3,58	NA	+	2E-04	NA	NA	NA	0,00	5	-49,77	111,36	19,57	0,00	
6	3,76	+	NA	1E-05	NA	NA	NA	0,00	5	-50,05	111,93	20,14	0,00	
30	3,36	+	NA	05	+	+	NA	0,15	7	-47,28	112,17	20,38	0,00	
32	2,68	+	+	6E-04	+	+	NA	0,20	8	-46,13	113,05	21,27	0,00	
15	3,62	NA	+	1E-05	+	NA	NA	0,01	6	-49,64	113,90	22,11	0,00	
14	3,61	+	NA	4E-05	+	NA	NA	0,01	6	-50,06	114,75	22,96	0,00	
8	3,59	+	+	1E-04	NA	NA	NA	0,00	6	-50,07	114,76	22,97	0,00	
64	2,66	+	+	6E-04	+	+	+	0,20	9	-45,50	115,21	23,42	0,00	
47	3,55	NA	+	1E-04	+	NA	+	0,01	7	-48,94	115,49	23,70	0,00	
16	3,65	+	+	06	+	NA	NA	0,01	7	-49,89	117,40	25,61	0,00	
48	3,61	+	+	1E-04	+	NA	+	0,01	8	-49,11	119,02	27,23	0,00	

Capítulo 2 – Ecologia trófica de *Didelphis aurita* em uma paisagem fragmentada por faixas de dutos de petróleo

RESUMO

A fragmentação dos ambientes naturais pode alterar a ecologia trófica dos animais, os colocando em contato com recursos alimentares distintos daqueles presentes em seu habitat natural. Os isótopos estáveis são uma boa ferramenta para investigar a dieta e o uso do habitat por mamíferos em ambientes antropizados. O objetivo deste capítulo foi avaliar o nicho isotópico do gambá-de-orelha-preta, *Didelphis aurita*, em uma paisagem fragmentada por dutos de petróleo. Indivíduos de *D. aurita* foram capturados em seis áreas florestais, cortadas por dutos, dentro de duas Unidades de Conservação (UCs) da baixada fluminense. Amostras de pelos foram retiradas na primeira captura dos indivíduos para a análise de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio. *Didelphis aurita* apresentou valores de $\delta^{13}\text{C}$ em média de $-23,7 \pm 0,4$ ‰, o que indica que as fontes alimentares da espécie são principalmente provenientes de cadeias alimentares com plantas C_3 como recurso basal. Já os valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram entre 7,6 e 12 ‰, sugerindo que os indivíduos ocuparam de um a dois níveis tróficos nas áreas de estudo. O nicho isotópico de adultos não diferiu do nicho isotópico de juvenis, porém o dos filhotes diferiu significativamente do nicho das demais classes etárias. Os filhotes recém desmamados tiveram assinaturas isotópicas diferentes, com altos valores de $\delta^{15}\text{N}$ e baixos valores de $\delta^{13}\text{C}$. Os valores isotópicos dos filhotes possivelmente foram assimilados através do leite materno, pois os valores de $\delta^{15}\text{N}$ foram semelhantes aos de adultos. Ao longo da ontogenia, fêmeas tenderam a apresentar maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$ do que machos de tamanho similar e também tiveram, em média, maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$. Além disso, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ para ambos os sexos tenderam a aumentar ao longo da ontogenia.

Palavras-chave: Fragmentação. Dutos. Isótopos estáveis. Marsupial.

INTRODUÇÃO

As alterações antrópicas que resultam na perda e fragmentação florestal podem influenciar a ecologia trófica dos animais, uma vez que geram alteração na composição e estrutura do ambiente. Isso coloca os animais em contato com recursos alimentares potencialmente distintos do que eles consomem naturalmente em ambientes florestais (MAGIOLI et al, 2019; OMETTO et al, 2002). Ainda, pode haver uma super exploração de um recurso no fragmento florestal restante, o que pode levar a extinções locais desse recurso (PORTELA; DIRZO, 2020).

A fragmentação florestal cria fragmentos de diferentes tamanhos separados por matrizes, ambientes com características estruturais diferentes da vegetação nativa (RIBEIRO et al, 2009). A instalação e manutenção de gasodutos e oleodutos cria matrizes gramíneas ao longo de um corredor de aproximadamente 25 m de largura, chamado faixa de dutos, que pode cortar áreas de floresta natural. No capítulo anterior, a faixa de dutos não representou uma barreira significativa ao movimento de *Didelphis aurita* entre os fragmentos florestais estudados. Ainda assim, a frequência de movimentos interfragmento foi menor que a frequência de movimentos intrafragmento. Mesmo que a faixa de dutos não afete significativamente a travessia de *D. aurita*, a matriz gramínea dos dutos coloca a espécie em contato com recursos alimentares supostamente distintos daqueles disponíveis dentro da floresta (MAGIOLI et al, 2019; OMETTO et al, 2002).

A ferramenta de isótopos estáveis permite explorar a fonte dos recursos alimentares e consequentemente o uso do habitat pela espécie, pois os isótopos estáveis de carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$; $\delta^{13}\text{C}$) nos dão pistas sobre o ambiente de origem do item alimentar consumido (e.g. pasto x floresta) (OMETTO et al, 2002; POST, 2002; ROUNICK; WINTERBOURN, 1986). A variação dos isótopos de carbono no ambiente é causada principalmente pela via fotossintética dos produtores (e.g. plantas C_3 , C_4 , CAM). Os mecanismos fotossintéticos levam a valores distintos de $\delta^{13}\text{C}$ nas plantas, com as do tipo C_3 tendendo a apresentar menores valores de $\delta^{13}\text{C}$, variando aproximadamente entre -35 e -20 ‰ (partes por mil). Já as plantas C_4 apresentam maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$, variando entre -16 e -6 ‰ (LOPES & BENEDITO-CECILIO, 2002; ROUNICK & WINTERBOURN, 1986). Essa diferença isotópica deve se manifestar nos consumidores que se alimentam dos recursos disponíveis nessas áreas, uma vez que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ pouco se alteram a cada transferência trófica (ROUNICK; WINTERBOURN, 1986).

Já a razão dos isótopos estáveis de nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$; $\delta^{15}\text{N}$) é comumente usada como um indicador do nível trófico das espécies estudadas (KELLY, 2000), uma vez que o ^{15}N tende a biomagnificar na cadeia trófica. Os valores isotópicos de nitrogênio apresentam um

enriquecimento de aproximadamente 3-5 ‰ de ^{15}N em cada transferência trófica, o que confere maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$ para espécies de níveis tróficos superiores em um ambiente natural (KELLY, 2000; MINIGAWA; WADA, 1984; POST, 2002).

A partir dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ assimilados nos tecidos de organismos, o termo “nicho isotópico” de uma população ou comunidade foi criado (NEWSOME et al, 2007). O nicho isotópico foi pensado como uma analogia ao nicho ecológico multidimensional proposto por HUTCHINSON (1957), pois o espaço construído pela composição química de um animal representa duas dimensões do nicho, o eixo da dieta, que indica quais recursos alimentares a espécie consome e o eixo de uso do espaço, que indica onde esse alimento é consumido.

O nicho isotópico pode ser usado para avaliar o grau de especialização trófica de uma espécie, o que permite entender se as espécies se especializam no consumo de um mesmo recurso ao longo do tempo (MARTÍNEZ DEL RIO et al, 2009). Isso é importante, pois, por exemplo, valores elevados de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ podem indicar o consumo de itens alimentares em culturas enriquecidas por fertilizantes próximas a ambientes naturais (RUBENSTEIN; HOBSON, 2004). Pode ser usado também para observar a sobreposição/partição trófica entre populações (e.g. machos e fêmeas; jovens e adultos), o que permite avaliar se a dieta é um fator que regula a competição entre indivíduos. Roedores juvenis podem apresentar valores de $\delta^{15}\text{N}$ significativamente maiores que adultos, pois o consumo de proteínas nessa idade é importante para seu desenvolvimento. Ainda, seu aparato mastigador não é tão eficiente como o dos adultos, que proporciona a eles força para consumir outros recursos, como sementes (BOVENDORP et al, 2017).

Os isótopos utilizados para construir o nicho isotópico fornecem informações da dieta da espécie em intervalos de tempo distintos, que variam de acordo com o tecido analisado (CAUT; ANGULO; COURCHAMP, 2009; TIESZEN et al, 1983). O pelo, por exemplo, é um tecido que pode acumular informações da dieta realizada em semanas a meses, com uma baixa taxa de reposição dos nutrientes em comparação ao músculo e o fígado (TIESZEN et al, 1983). Ainda, a retirada do pelo é um método pouco invasivo, pois não necessita sacrificar ou ferir os indivíduos.

Embora a dieta de *Didelphis aurita* tenha sido investigada por métodos diretos de reconhecimento de itens físicos, como a análise de conteúdo fecal, não foram identificadas diferenças significativas intraespecíficas em sua dieta, mesmo em uma paisagem fragmentada no estado do Rio de Janeiro (CASELLA, 2011; CEOTTO et al, 2009). Este método fornece informações de alimentação em um intervalo muito curto e recente e permite identificar os itens

que não foram completamente digeridos, aqueles que provavelmente não são os assimilados pela espécie (JORDAN, 2005).

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar a ecologia trófica de *Didelphis aurita* através de diferenças ontogenéticas e sexuais em uma paisagem florestal fragmentada por dutos de petróleo através dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio.

Objetivos específicos e hipóteses

- Avaliar se existem diferenças nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ e na amplitude de nicho entre indivíduos capturados na APA e na REBIO;
 - É esperado que indivíduos capturados na APA tenham maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, uma vez que as áreas da APA estão situadas em fragmentos mais alterados, onde há maior concentração de matrizes não-florestais e também onde *Didelphis aurita* possivelmente age como um predador-competidor mais voraz. Ainda, espera-se que a amplitude do nicho isotópico de indivíduos capturados na APA seja maior que a dos indivíduos capturados na REBIO, pela maior probabilidade de obter frequentemente recursos da matriz circundante e ingerir mais recursos alimentares de matéria animal.
- Avaliar se existem diferenças nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ e na amplitude de nicho entre fêmeas e machos;
 - É esperado que machos possuam maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ e maior amplitude de nicho do que fêmeas, por apresentarem áreas de vida maiores e apresentarem maiores tamanhos corporais.
- Avaliar se existem diferenças nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ e na amplitude de nicho entre adultos, filhotes e juvenis.
 - É esperado que adultos tenham maiores valores $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ e maior amplitude de nicho, pois indivíduos de maior tamanho corporal podem se locomover por distâncias mais extensas, usar a matriz graminosa e preda presas maiores de níveis tróficos superiores mais facilmente do que filhotes e juvenis.

METODOLOGIA

Procedimentos de campo

A região de estudo abrange duas Unidades de Conservação (UCs), a Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Rio São João e a Reserva Biológica (REBIO) União. A região é coberta por Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (IBGE, 2012) e sua paisagem é formada por formações florestais, pastagens e eucaliptos (ICMBIO, 2008). Seis áreas amostrais foram selecionadas, três na APA e três na REBIO. A amostragem foi realizada em blocos, com as áreas da APA e as áreas da REBIO União sendo amostradas em meses separados. Cada um destes blocos (APA e REBIO) foi amostrado trimestralmente.

O desenho amostral foi composto por quatro transectos em cada uma das seis áreas amostrais. Dois destes transectos foram dispostos nas bordas florestais imediatas, um de cada lado da faixa de dutos. Outros dois transectos foram dispostos no interior florestal, paralelamente a cada transecto de borda a uma distância equivalente a largura da faixa de dutos (~ 25 m; Figura 9). A distância entre os transectos variou de 20 a 25 metros entre as áreas. Cada transecto foi composto por 15 estações amostrais distanciadas aproximadamente 10 metros entre si. Em cada estação amostral foi instalada uma armadilha do tipo *Sherman* e uma *Tomahawk* sendo uma instalada no solo e a outra no sub-bosque, intercalando os tipos entre os estratos vegetais em cada ponto (ver mais detalhes no capítulo 1).

Adicionalmente, foram instaladas duas linhas de armadilhas de interceptação e queda (*pitfall trap*) em cada uma das áreas de amostragens. As *pitfalls trap* foram dispostas no interior florestal em cada um dos lados do duto. Cada linha dessa armadilha foi composta por cinco baldes de 60 l inseridos no solo, distanciados entre si por 10 m e conectados por uma lona de plástico com cerca de 50 cm de altura.

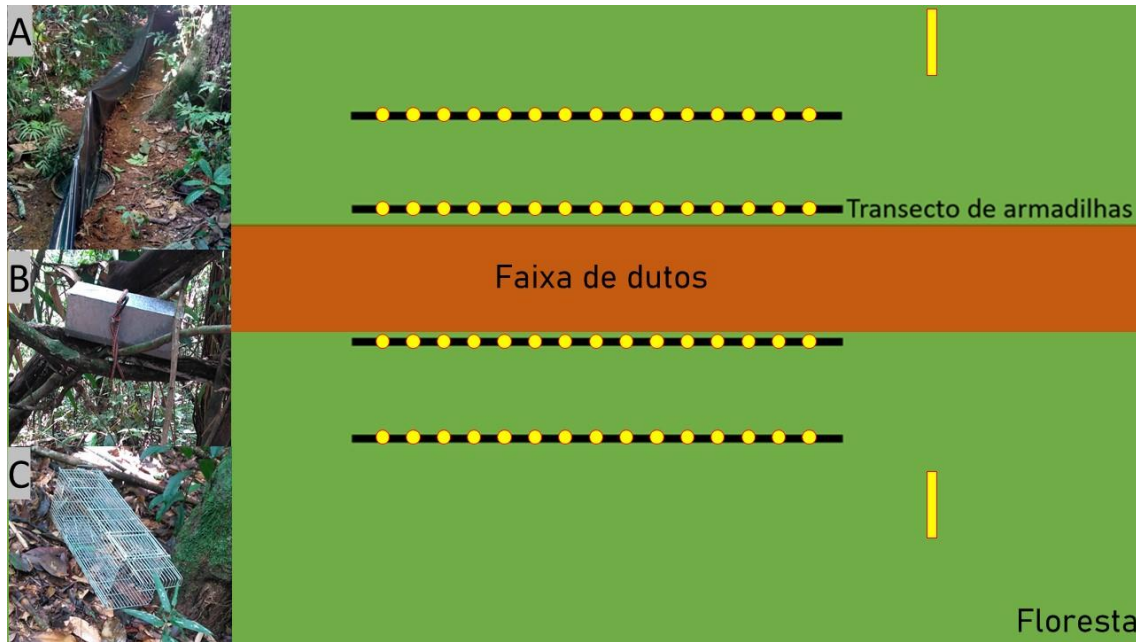


Figura 9 - Desenho experimental utilizado no estudo. A área verde representa a área florestal, as barras pretas - os transectos de armadilhas, cada ponto dentro de cada transecto - uma estação amostral, onde foram instaladas armadilhas *Sherman* (B) e *Tomahawk* (C), as linhas amarelas - as *pitfalls* (A) e em marrom - a faixa de dutos. A distância entre os transectos dentro da floresta é equivalente a largura da faixa de dutos na área (~ 25 m) e, a distância entre estações amostrais de um transecto é aproximadamente 10 m.

Os indivíduos foram alocados em classes etárias com base na massa e na ordem de oclusão dentária: 1) Filhotes: indivíduos com dentição dP3M1 e com massa inferior a 100 gramas, variando de 60 a 90 gramas, representando indivíduos recém-saídos do marsúpio, de forma que é possível que os valores isotópicos de seu pelo reflitam a dieta da mãe por terem sido assimilados a partir dos nutrientes obtidos do leite materno; 2) Juvenis: indivíduos com dentição dP3M2 com massa variando de 355 a 635 gramas, que provavelmente já apresentam isótopos de recursos alimentares do ambiente; 3) Adultos: indivíduos com dentição dP3M3, P3M3 e P3M4, com massas predominantemente superiores a 600 gramas, variando de 350 a 1585 gramas. Macedo e colaboradores (2006) indicam que a partir da dentição dP3M3, indivíduos da espécie já são sexualmente ativos. O teste de Kruskal-Wallis indicou diferença de peso entre as classes etárias ($H = 17,37$, $p = 0,0001$).

Isótopos estáveis

Para cada indivíduo capturado pela primeira vez, foram coletadas amostras de pelos da região dorsal posterior para as análises isotópicas. Os pelos foram removidos com auxílio de tesoura e pinça cirúrgicas e armazenados em plásticos *Zip Lock* devidamente identificados.

Em laboratório, uma porção de cada amostra de pelos coletada foi picotada e armazenada em tubo criogênico. Estas amostras foram então lavadas duas vezes com detergente

Extran 2% e água deionizada e, após isso, as amostras foram enxaguadas com água ultra pura Milli-Q (Millipore Milli-Q, Modelo Integral A-10, Molsheim, França). Esse processo foi realizado para remoção de possíveis impurezas superficiais que possam interferir nas análises isotópicas. Após esse procedimento, o pelo foi seco em uma estufa a 50 °C. Posteriormente, amostras de 0,37 a 0,46 mg (aferidos por uma balança analítica) de pelos secos foram depositados em cápsulas de estanho.

As amostras foram analisadas usando um Analisador Elementar (*Flash 2000*) com uma interface CONFLO IV, acoplada a um espectrômetro de massa de razão isotópica *Delta V Advantage* (*Thermo Scientific*, Alemanha), que determina a razão entre os isótopos pesados e leves de cada elemento. As amostras foram analisadas usando brancos analíticos e também padrões analíticos de ureia (IVA Analysentechnik-330802174; CH₄N₂O Mw = 60, C = 20%, N = 46%) com composições isotópicas certificadas ($\delta^{13}\text{C} = -39,89 \text{ ‰}$ e $\delta^{15}\text{N} = -0,73 \text{ ‰}$) para as análises de isótopos estáveis, enquanto padrões analíticos de acetanilida (Microanálise Elementar de Acetanilida MEA ver certificado 293514, C = 71,06%; N = 10,31%) foram usadas para análises elementares. Para as amostras de pelo, foi realizado um controle analítico para cada 10 amostras utilizando os padrões certificados (Padrão de Proteína de Microanálise Elementar PPME: $46,5 \pm 0,78\%$ para C; $13,32 \pm 0,40\%$ para N; $-26,98 \pm 0,13 \text{ ‰}$ para $\delta^{13}\text{C}$; $+5,94 \pm 0,08 \text{ ‰}$ para $\delta^{15}\text{N}$).

Os resultados foram expressos na notação delta (δ) e relatados como desvios em partes por mil (‰) em relação aos padrões internacionais (*Belemito de Pee Dee de Viena (VPDB)* para o carbono e N₂ atmosférico para o nitrogênio). A fórmula usada pra representar a discriminação isotópica é:

$$\delta X = (R_{\text{amostra}} / R_{\text{padrão}}) - 1$$

Onde X se refere a ¹³C ou ¹⁵N e R_{amostra} R_{padrão} são as razões ¹³C/¹²C ou ¹⁵N/¹⁴N de amostra e padrão, respectivamente. Não houve extração prévia de lipídios, porém as razões C/N tiveram valores próximos a 4, indicando que os lipídios possivelmente não comprometeram os valores isotópicos (POST et al, 2007). A terminologia isotópica seguiu BOND; HOBSON (2012).

Análise da dados

Um indivíduo não sexado em campo foi desconsiderado na análise de nicho isotópico relacionada ao sexo, nas análises de covariância e no teste t. Ainda, uma fêmea adulta foi caracterizada como *outlier* por apresentar um valor isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ particularmente alto ($-21,6 \text{ ‰}$). Por isso, foi removida das análises de nicho isotópico e das análises de variância e

covariância. Essa fêmea apresentou um valor de $\delta^{13}\text{C}$ maior que a média mais duas vezes o desvio padrão do restante dos indivíduos analisados (BENTO; SANTOS, 2018).

Os valores de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) foram testados pelo teste de Shapiro-Wilk para observar se estes valores seguem a distribuição normal. E, para testar se suas variâncias são homogêneas, foi realizado um teste de Levene. Os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias foram atendidos. Para observar se há diferença nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ entre indivíduos capturados nas áreas da APA e nas áreas da REBIO e entre fêmeas e machos, foram realizados testes *t* para cada comparação de grupos. Para essas análises comparativas entre indivíduos de diferentes UCs e entre sexos, foram usados apenas adultos e juvenis, excluindo a classe etária filhotes.

Uma análise de variância (ANOVA) entre as categorias etárias filhotes, juvenis e adultos foi realizada para avaliar se existe diferença nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. Os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias foram atendidos e, posteriormente, foi realizado um teste *post hoc* de Tukey com o intuito de identificar as diferenças par a par entre os três grupos analisados.

Para comparar a amplitude e sobreposição de nicho isotópico entre grupos, foi utilizado um core do nicho isotópico de 40% dos dados. As áreas de elipse padrão geradas através de distribuições bayesianas posteriores (SEA_B) permitem comparações entre populações com tamanhos amostrais diferentes (JACKSON et al, 2011). Os grupos são comparados em desenhos simulados de elipses, em que há a probabilidade de a proporção de elipses geradas de um grupo ser maior que a do outro. Pelo pequeno número de amostras em nosso estudo, foi utilizada a versão corrigida para pequenos tamanhos amostrais (SEA_C). A sobreposição de nicho isotópico entre os grupos foi calculada comparando as áreas de elipse padrão corrigidas ao pequeno tamanho amostral (SEA_C) e foi dada em porcentagem (%) (JACKSON et al, 2011).

Vale ressaltar que os cálculos de amplitude e sobreposição de nicho isotópico entre classes etárias devem ser observados com cautela, pois as categorias filhote e juvenil tiveram um tamanho amostral baixo ($n < 10$) (SYVARANTA et al, 2013). Ainda, os cálculos de nicho isotópico de ambos os sexos e indivíduos capturados em diferentes UCs, além das ANCOVAS, devem também ser interpretados com cautela pelo tamanho amostral de adultos ($n=15$) ser mais que o dobro do de juvenis ($n=6$) e pelo número de amostras da REBIO ($n=13$) ser maior que o número da APA ($n=8$) (SYVARANTA et al, 2013). Todas as informações foram geradas pela ferramenta *Stable Isotope Bayesian Ellipses in R* (SIBER) (JACKSON et al, 2011).

Foi realizada uma Análise de Covariância (ANCOVA) para testar o efeito do sexo sobre o $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ dos indivíduos. Para representar o tamanho, foi usado a massa (em gramas) dos

indivíduos, que foi logaritimizada para atender o pressuposto de normalidade. Para ambos os isótopos, o teste foi realizado duas vezes, uma incluindo os sete filhotes e outra, excluindo os filhotes. Isso foi feito porque é possível que o pelo destes filhotes representem valores isotópicos referentes a dieta da mãe, uma vez que o crescimento dos pelos ocorreu a partir dos nutrientes obtidos do leite materno (AURIOLES; KOCH; BOEUF, 2006; JENKINS et al, 2001).

Para essas análises, os pressupostos para uso da ANCOVA foram atendidos (com exceção para a variação de nitrogênio incluindo os filhotes), leia-se: i) a independência de efeito da variável independente sexo sobre a covariável massa; ii) homogeneidade dos parâmetros de regressão; iii) normalidade dos resíduos e iv) homocedasticidade. As análises estatísticas foram feitas no software R 4.0.3 e foi adotado um nível de significância de 5% para os testes realizados.

RESULTADOS

Amostras de pelos de 29 indivíduos foram coletadas, sendo 12 machos (6 adultos, 4 juvenis e 2 filhotes), 16 fêmeas (9 adultas, 2 juvenis e 5 filhotes) e um indivíduo adulto que não foi sexado em campo. No que diz respeito às capturas em diferentes UCs, 21 amostras de pelos de indivíduos foram retiradas na REBIO e 8 na APA (Tabela 5).

Tabela 5 - Número de amostras de pelos por sexo e classe etária de *Didelphis aurita* coletados nas diferentes UCs.

Sexo	Classe etária	APA	REBIO	Total
Fêmea	Filhote	0	5	5
	Juvenil	0	2	2
	Adulto	3	6	9
Macho	Filhote	0	2	2
	Juvenil	3	1	4
	Adulto	2	4	6
NA	Adulto	0	1	1
Total		8	21	29

Os valores de média e desvio padrão de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para *Didelphis aurita* foram $-23,7 \pm 0,4$ ‰ (média \pm SD) e $9,3 \pm 1,1$ ‰, respectivamente (Tabela 6). Não houve diferença significativa de $\delta^{13}\text{C}$ ($T_{19} = -1,95$, $p = 0,07$) entre indivíduos de diferentes UCs, porém houve para o $\delta^{15}\text{N}$ ($T_{19} = -4,39$, $p < 0,01$). Entre os sexos, não houve diferença significativa em nenhum dos valores de isótopos [$\delta^{13}\text{C}$ ($T_{18} = 1,56$, $p = 0,14$) e $\delta^{15}\text{N}$ ($T_{18} = 1,08$, $p = 0,29$)].

Tabela 6 - Valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em partes por mil (‰), da razão C/N e da massa em gramas (g) de *Didelphis aurita*, entre as Unidades de Conservação (UC) que a espécie foi capturada, entre sexos e entre classes etárias. Os valores da espécie, dos indivíduos capturados em diferentes UCs e de ambos os sexos, não consideraram indivíduos da classe etária filhote.

	Espécie <i>Didelphis aurita</i> (n=21)	UC		Sexo		Classe etária		
		APA (n=8)	REBIO (n=13)	Macho (n=10)	Fêmea (n=10)	Filhote (n=7)	Juvenil (n=6)	Adulto (n=15)
$\delta^{13}\text{C}$	$-23,7 \pm 0,4$	$-23,9 \pm 0,5$	$-23,5 \pm 0,3$	$-23,9 \pm 0,4$	$-23,6 \pm 0,3$	$-24,4 \pm 0,2$	$-24 \pm 0,5$	$-23,7 \pm 0,3$
$\delta^{15}\text{N}$	$9,3 \pm 1,1$	$8,2 \pm 0,6$	$9,9 \pm 0,8$	$9 \pm 1,2$	$9,5 \pm 1,1$	$10,6 \pm 0,5$	$8,9 \pm 0,8$	$9,5 \pm 1,2$
C/N	$3,7 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,2$
Massa (g)	$811,4 \pm 422,2$	$711,3 \pm 466,2$	$855 \pm 389,6$	$1024 \pm 478,4$	$645 \pm 250,1$	$71,4 \pm 9,9$	$497,5 \pm 107,6$	$937 \pm 437,5$

Já entre as classes etárias, foi encontrada diferença significativa nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ ($F_{2,25} = 14,26$, $p < 0,01$). O teste *post hoc* de Tukey detectou diferenças entre adultos e filhotes ($p < 0,01$) e entre juvenis e filhotes ($p = 0,04$), porém juvenis não diferiram de adultos ($p = 0,10$). Sobre o $\delta^{15}\text{N}$, também foi encontrada diferença significativa entre as classes etárias ($F_{2,25} = 5,14$, $p = 0,01$). O teste de Tukey detectou diferenças apenas entre juvenis e filhotes ($p = 0,01$), enquanto filhotes e adultos e juvenis e adultos não diferiram.

A probabilidade da amplitude de nicho isotópico com base na distribuição posterior das elipses simuladas (SEA_B) de indivíduos da APA ser mais que a da REBIO é 80% (figura 10) e a probabilidade da SEA_B dos machos ser maior que a das fêmeas é 81% (figura 11). Entre as classes etárias, a probabilidade da SEA_B de adultos ser maior que a de juvenis foi de 26% e ser maior que a de filhotes foi 100%. Ainda, a probabilidade da SEA_B dos filhotes ser menor que a de juvenis também foi de 100%.

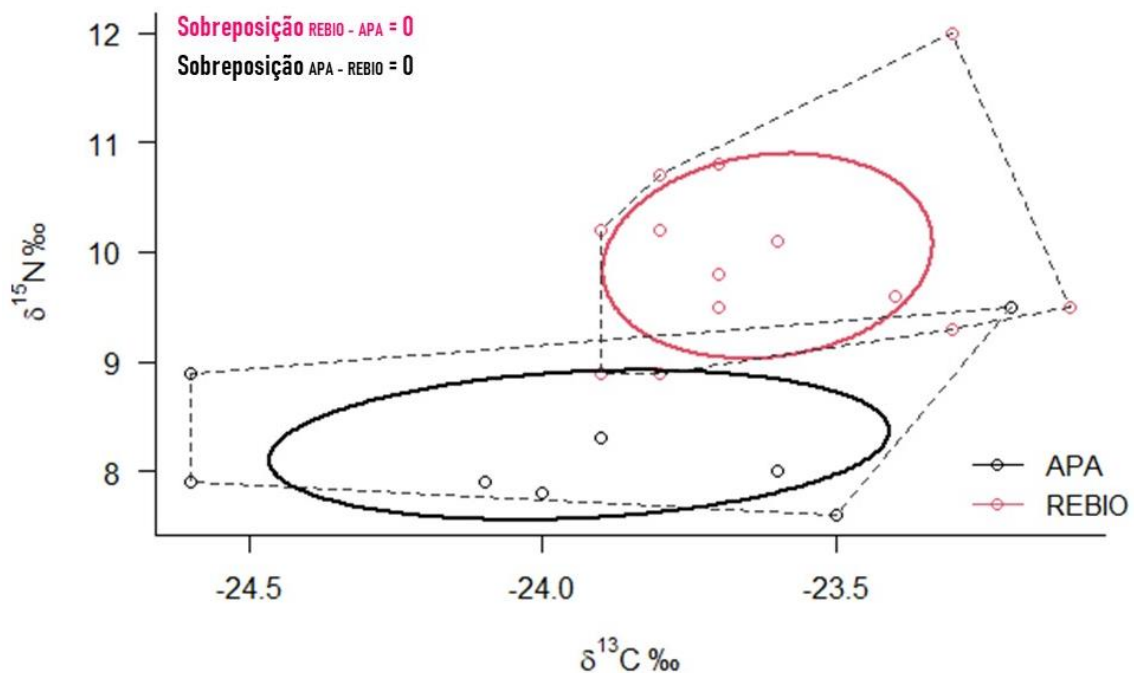


Figura 10 - Nichos isotópicos de indivíduos de *Didelphis aurita* capturados na APA e na REBIO. Cada ponto representa um indivíduo de algum grupo, as elipses plotadas - as áreas de elipse padrão corrigidas para pequenos tamanhos amostrais ($SEAc$) e as linhas pontilhadas - a área total (TA) do nicho ocupado pelo grupo de indivíduos segundo LAYMAN e colaboradores (2007). Os valores de sobreposição de nicho isotópico de indivíduos da APA ($SEAc = 1,2$) e da REBIO ($SEAc = 0,8$) em porcentagem também estão representados.

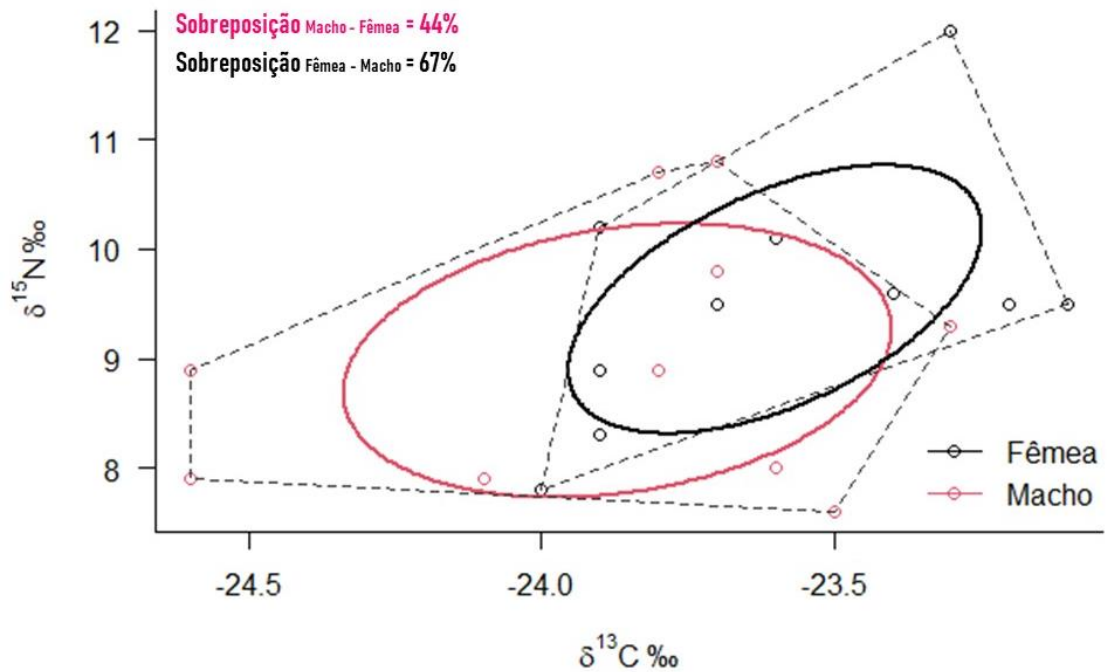


Figura 11 - Nichos isotópicos de fêmeas e machos de *Didelphis aurita*. Cada ponto representa um indivíduo de algum grupo, as elipses plotadas - as áreas de elipse padrão corrigidas para pequenos tamanhos amostrais (SEAc) e as linhas pontilhadas - a área total (TA) do nicho ocupado pelo grupo de indivíduos segundo LAYMAN e colaboradores (2007). Os valores de sobreposição de nicho isotópico de fêmeas (SEAc = 1,1) e machos (SEAc = 1,8) em porcentagem também estão representados.

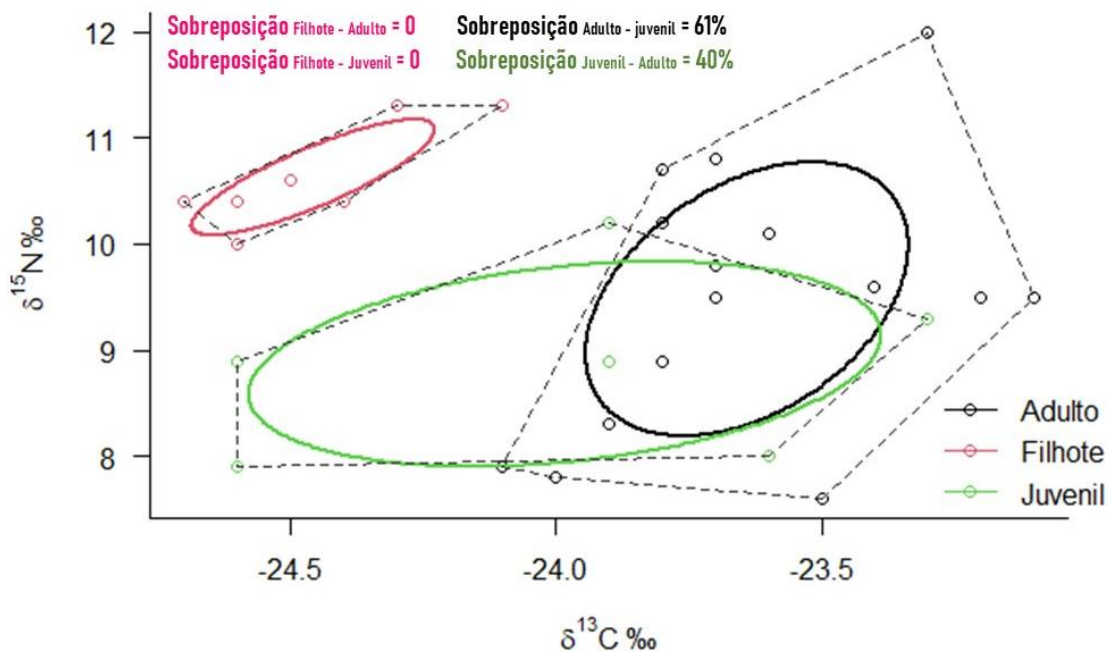


Figura 12 - Nichos isotópicos de adultos, filhotes e juvenis de *Didelphis aurita*. Cada ponto representa um indivíduo de algum grupo, as elipses plotadas - as áreas de elipse padrão corrigidas para pequenos tamanhos amostrais (SEAc) e as linhas pontilhadas - a área total (TA) do nicho ocupado pelo grupo de indivíduos segundo LAYMAN e colaboradores (2007). Os valores de sobreposição de nicho isotópico de adultos (SEAc = 1,1), filhotes (SEAc = 0,2) e juvenis (SEAc = 1,7) em porcentagem também estão representados.

Não houve efeito do sexo sobre o $\delta^{15}\text{N}$ (ANCOVA: $F_{1,17} = 4,11$, $p = 0,06$), quando controlado pela massa dos indivíduos. No entanto, a massa teve efeito significativo nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ (ANCOVA: $F_{1,17} = 4,76$, $p = 0,04$) (Figura 13; Tabela 7). O $\delta^{13}\text{C}$, por outro lado, variou em função do sexo quando controlado pela massa dos indivíduos. Esse efeito foi significativo tanto para a amostra que incluía os sete filhotes (ANCOVA: $F_{1,24} = 7,59$, $p = 0,01$) quanto para a amostra excluindo os filhotes (ANCOVA: $F_{1,17} = 6,48$, $p = 0,02$) (Figura 14; Tabela 7). De forma independente, a covariável massa também foi significativa para o modelo gerado com os dados com filhotes (ANCOVA: $F_{1,24} = 35,59$, $p = < 0,01$) e para o modelo com os dados sem filhotes (ANCOVA: $F_{1,17} = 5,51$, $p = 0,03$) (Figura 14; Tabela 7).

Tabela 7 - Análise de covariância mostrando o efeito do sexo nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ de *Didelphis aurita*, com a massa como covariável. O asterisco indica a análise com os dados totais, incluindo os filhotes. As células em negrito indicam um efeito estatisticamente significativo.

	$\delta^{13}\text{C}^*$		$\delta^{13}\text{C}$		$\delta^{15}\text{N}$	
	F	P	F	P	F	P
Sexo	7,59	0,01	6,48	0,02	4,11	0,06
Massa	35,59	< 0,01	5,51	0,03	4,76	0,04

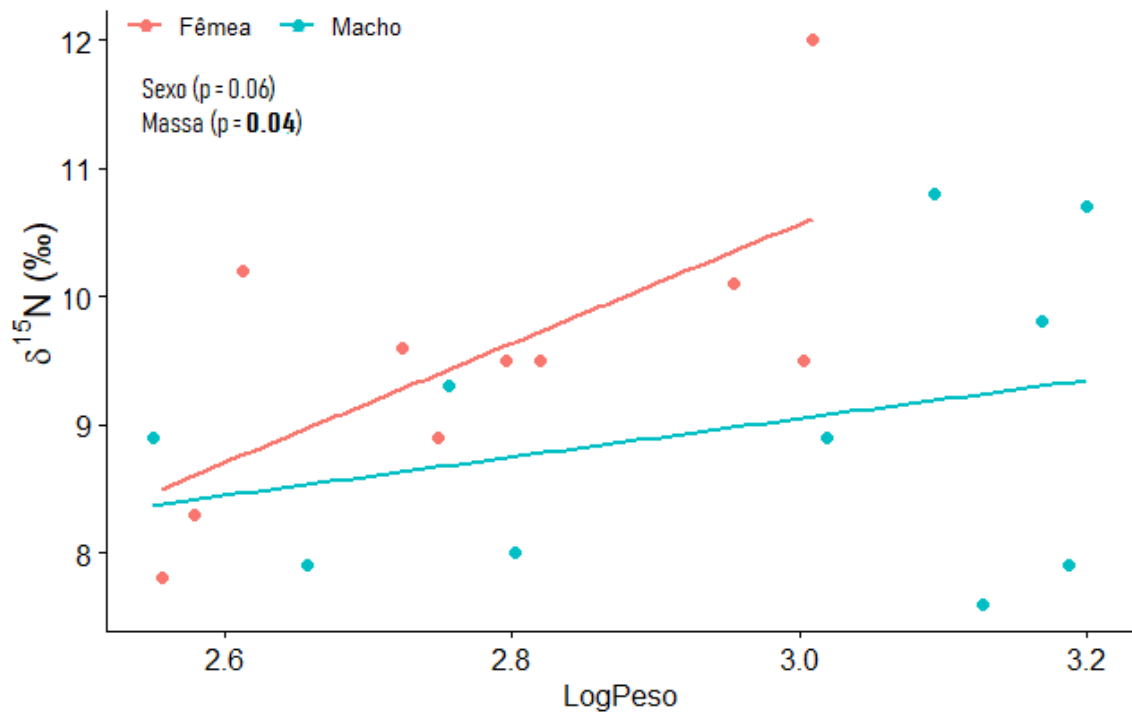
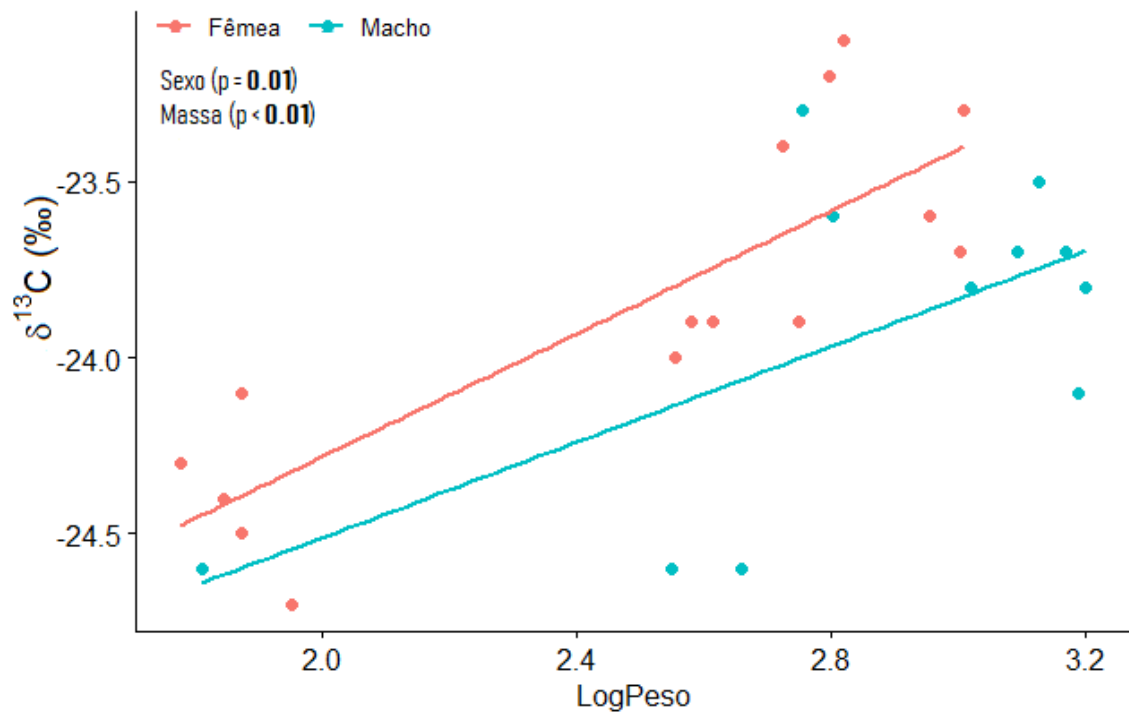


Figura 13 – Relação entre a massa (g) e $\delta^{15}\text{N}$ entre os sexos de *Didelphis aurita*. Neste gráfico, os valores dos filhotes foram excluídos da análise. A cor vermelha representa as fêmeas e a cor azul, os machos.



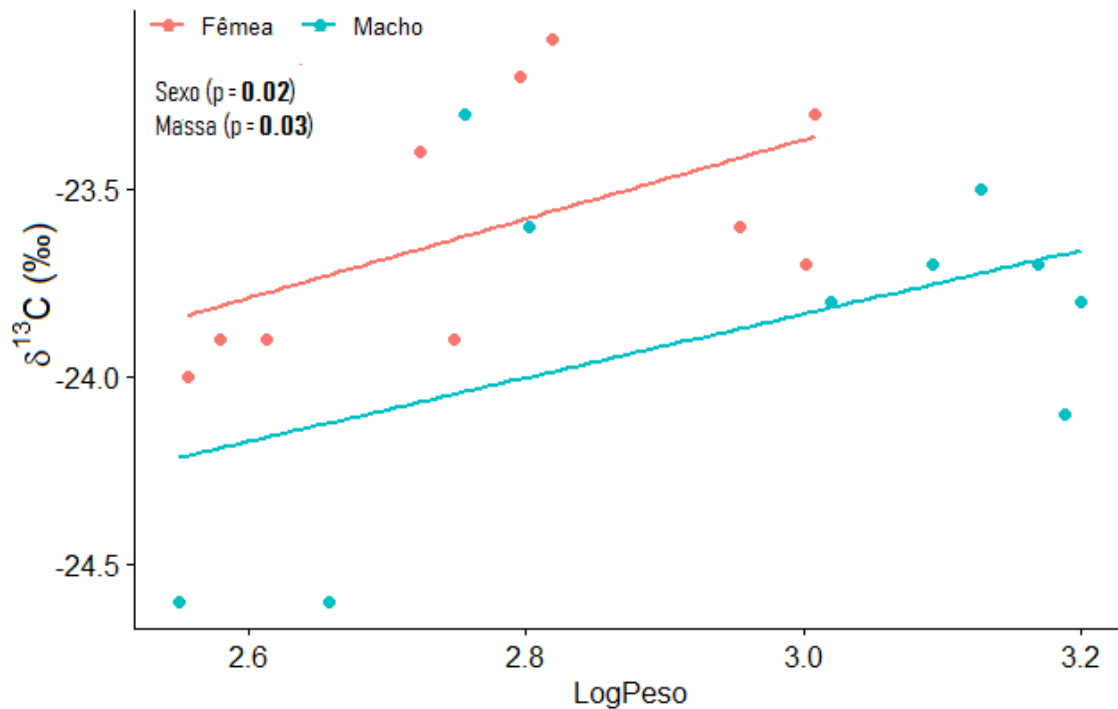


Figura 14 - Relação entre a massa (g) e $\delta^{13}\text{C}$ entre os sexos de *Didelphis aurita*. A primeira figura ilustra a relação com os dados totais dos indivíduos e a segunda, a relação com os dados sem os filhotes. A cor vermelha representa as fêmeas e a cor azul, os machos.

DISCUSSÃO

Os indivíduos de *Didelphis aurita* tiveram baixa variação nos valores de $\delta^{13}\text{C}$, o que revela que o ambiente de onde eles obtêm recurso alimentar é similar. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram de $-24,7$ até $-23,1$ ‰, valores estes sempre abaixo de -20 ‰, que indicam que as fontes alimentares da espécie são principalmente provenientes de cadeias alimentares com plantas C_3 como recurso basal (LOPES & BENEDITO-CECILIO, 2002; ROUNICK & WINTERBOURN, 1986), isto é, plantas comuns em ambientes florestais. Esse resultado corrobora outros estudos que avaliaram o nicho isotópico de *Didelphis aurita* e também encontraram baixa variação nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e compatíveis com fontes alimentares de origem florestal (GALETTI et al, 2016; KUHNEN et al, 2017).

Já os valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram de 7,8 a 12 ‰ e, considerando uma transferência trófica de 3-5 ‰ (MINIGAWA; WADA, 1984), estes valores sugerem que os indivíduos tenderam a ocupar de um a dois níveis tróficos nas áreas da região de estudo. A variação ampla da dieta era esperada, uma vez que *Didelphis aurita* consome grande variedade de itens alimentares, desde frutos e sementes, a artrópodes e vertebrados (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2001). Essa variação sugere mudanças na preferência alimentar entre os indivíduos, sendo que a ontogenia pode ter sido o fator determinante dessa diferença intraespecífica. Indivíduos de maior tamanho corporal, adultos, tenderam a apresentar os valores mais elevados de $\delta^{15}\text{N}$, valores estes

associados a ingestão de itens alimentares oriundos principalmente de matéria animal (BOVENDORP et al, 2017; GALETTI et al, 2016).

Aparentemente, a falta de diferença significativa na amplitude de nicho entre indivíduos da APA e da REBIO pode ter ocorrido devido ao tamanho da amostra que limita o poder estatístico da análise. Os indivíduos registrados nas áreas da APA apresentaram uma maior diversidade de fontes basais de carbono em sua dieta, sugerindo o consumo de uma gama maior de recursos alimentares florestais. Por outro lado, os indivíduos da REBIO tenderam a concentrar apenas valores mais enriquecidos em ^{13}C quando comparados aos indivíduos da APA. A maior variação na dieta identificada na APA era esperada, visto que suas áreas são mais modificadas, no entanto, seria esperado que essa variação viesse no sentido de aumento da inclusão de itens mais enriquecidos de carbono, o que não ocorreu. Já os resultados da REBIO sugerem que os indivíduos dessa UC estão consumindo com mais frequência os itens alimentares mais enriquecidos em ^{13}C , que poderiam incluir uma parcela de itens provenientes das matrizes C_4 . Assim, como houve pequena variação nos baixos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e o TDF não foi usado para corrigir os valores (CAUT; ANGULO; COURCHAMP, 2009), é prudente concluir que os valores de carbono dos indivíduos de ambas as UCs são principalmente provenientes do ambiente florestal. As diferenças entre as duas UCs se deram nos valores mais negativos para a APA e isso provavelmente se deve a diferença na composição etária das amostras, com maior quantidade de juvenis nas amostras da APA, classe etária que apresenta valores menos enriquecidos de carbono.

Em relação ao $\delta^{15}\text{N}$, os indivíduos da REBIO tiveram valores significativamente maiores, o que sugere que nessa UC, os indivíduos consomem proporcionalmente mais matéria animal e fungos do que vegetal (frutos, folhas e outras estruturas das plantas), quando comparados aos indivíduos da APA (BOVENDORP et al, 2017; GALETTI et al, 2016). Esse resultado também difere do esperado pela hipótese de que *D. aurita* assume o papel de predador-competidor em áreas mais perturbadas (KUHLEN; WEDEKIN; SETZ, 2019; MOURA; VIEIRA; CERQUEIRA, 2009). A diferença pode se dever ao fato de o nível de perturbação não ter sido suficiente para eliminar ou diminuir significativamente a abundância de predadores maiores e o papel de *D. aurita* no ambiente não ter se modificado. Esse resultado faz sentido já que as áreas da APA são relativamente próximas as áreas da REBIO. Ainda, os valores significativamente maiores de $\delta^{15}\text{N}$ na REBIO podem estar atrelados a maior amostragem de adultos nessa UC, que em geral consomem presas maiores e de níveis tróficos superiores.

A diferença na amplitude de nicho isotópico entre sexos não foi significativa, isso seria um indicativo de uma maior especialização alimentar para a espécie do que seria esperado. Considerando que machos apresentaram frequentemente maiores distâncias de movimento do que fêmeas nesse estudo (capítulo 1) e que machos de *D. aurita* têm a área de vida maior do que fêmeas (CÁCERES, 2003), seria esperada de uma espécie oportunística a utilização de uma maior diversidade de recursos. A manutenção de uma diversidade de recursos similar diante de uma oferta maior dado o contato com uma área maior, é indicativo de especialização. O baixo tamanho amostral provavelmente não explica a ausência de diferença significativa porque os valores detectados foram muito similares e os desvios também.

Embora machos e fêmeas tenham amplitudes de nicho semelhantes, as fêmeas tenderam a atingir os maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$. Quando comparamos os valores de isótopos de fêmeas e machos de mesmo tamanho, as fêmeas tendem a ser mais enriquecidas em ^{15}N , indicando uma propensão de maior consumo de proteína animal. Essa diferença tende a aumentar com o aumento do tamanho do animal, estando ausente nos indivíduos muito pequenos. Uma possível explicação para este padrão seria a necessidade de obtenção de recursos nutricionalmente mais vantajosos pelas fêmeas, devido ao maior gasto energético em períodos reprodutivos (CLUTTON-BROCK; ALBON; GUINNESS, 1989). Essa necessidade vai se manifestar apenas quando os indivíduos atingem a maturidade sexual, por isso tende a aumentar com o tamanho.

Em relação ao $\delta^{13}\text{C}$, houve diferenças significativas entre machos e fêmeas, quando controlados pelo tamanho. Fêmeas tiveram maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ que machos, quando ambos apresentavam tamanhos similares. Além disso, tanto machos quanto fêmeas tiveram maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ quando apresentavam maiores tamanhos corporais. Como não temos evidências de que os valores mais enriquecidos em ^{13}C derivem de um maior uso da matriz graminosa dos dutos, essa diferença na fonte de carbono deve refletir diferenças similares aquelas do nitrogênio em resposta a necessidades fisiológicas reprodutivas, uma vez que também há um aumento na diferença entre machos e fêmeas com o aumento do tamanho dos indivíduos.

Adultos e juvenis tiveram a amplitude de nicho maior que a de filhotes, porém não diferiram entre si. Isso indica uma variação ontogenética na dieta com a incorporação de alimentos mais enriquecidos em ^{13}C . Não há evidências no estudo de que esses recursos sejam provenientes da área de dutos, logo, devem apenas refletir a variação na disponibilidade de recursos florestais, uma vez que os valores são todos inferiores a -20‰ e bem distantes dos valores esperados de uma fonte de alimentos do tipo C_4 . Ainda, adultos tenderam a possuir os maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$ nas áreas de estudo, padrão observado para alguns marsupiais

didelfídeos neotropicais (BUBADUÉ et al, 2021). Considerando que o aumento no tamanho do corpo facilita a captura e ingestão de presas maiores, há um aumento na predação de presas animais (invertebrados e vertebrados), ao invés de frutos, o que pode refletir também no aumento dos valores $\delta^{13}\text{C}$, visto que as presas maiores podem incluir ambientes de matriz na sua área de forrageamento.

Os dados sugerem então que existe uma modificação da dieta da espécie ao longo do crescimento e um particionamento da dieta em relação aos dois sexos. Adultos de ambos os sexos tenderam a possuir maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$ e possuíram maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ representam valores condizentes com aqueles correspondentes para plantas C_3 de florestas ombrófilas (MARTINELLI et al, 2021), indicando que *D. aurita* se alimenta predominantemente nas áreas florestais. O fato de adultos e fêmeas se alimentarem com maior frequência de itens com valores enriquecidos em ^{13}C levanta questões a serem trabalhadas sobre mudanças ontogenéticas e variação sexual na preferência alimentar ou na ocupação ambiental das espécies. Essas mudanças de valores podem ocorrer devido a variações na área de forrageamento ou de itens alimentares do interior da floresta, uma vez que existe grande variação de $\delta^{13}\text{C}$ em áreas de floresta ombrófila neotropical (MARTINELLI et al, 2021). A possibilidade de ocupação ambiental é a de que adultos tendam a forragear em áreas de matriz em suas breves e raras incursões a este tipo de vegetação, o que faria com que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ se tornassem apenas ligeiramente mais altos, embora ainda correspondentes aos de um forrageamento em área florestal. Futuros estudos sobre dieta, comportamento de forrageamento da espécie, análises isotópicas de espécies com diferentes graus de ocupação da matriz e análise da composição isotópica da vegetação das diferentes fitofisionomias presentes da área podem ajudar a elucidar a fonte da variação da composição isotópica de carbono da espécie.

Os pelos dos filhotes recém-desmamados parecem ter crescido a partir dos nutrientes obtidos do leite materno, durante o período de amamentação no marsúpio, pois filhotes apresentaram valores de $\delta^{15}\text{N}$ tão grandes quanto o de adultos (CHEREL; HOBSON; GUINET, 2015; DUCATEZ et al, 2008). É pouco provável que os filhotes, após o desmame, assumam níveis tróficos superiores ou semelhantes aos dos adultos por meio da predação. O enriquecimento de ^{15}N dos filhotes no início da vida e diminuição gradual de $\delta^{15}\text{N}$ após o desmame, como observado no estudo, foi visto para seres humanos e para mamíferos aquáticos (CHEREL; HOBSON; GUINET, 2015; TSUTAYA; YONEDA, 2015).

Os valores isotópicos dos filhotes podem informar parcialmente sobre o comportamento alimentar das fêmeas lactantes de *Didelphis aurita* em nossas áreas de estudo (AURIOLLES; KOCH; BOEUF, 2006; DUCATEZ et al, 2008). Considerando que o leite materno é produzido

continuamente, é provável que possua um alto *turnover* e sua composição isotópica represente os nutrientes obtidos pela fêmea em um curto período de tempo. Assim, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ dos filhotes, significativamente menores do que aqueles observados nos adultos e juvenis, indicam que as fêmeas lactantes permanecem mais restritas ao ambiente florestal.

Essa restrição das fêmeas com filhotes a ambientes florestais pode ocorrer por elas estarem mais pesadas ao carregar a prole durante o período reprodutivo (HOSSLER; MCANINCH; HARDER, 1994). Assim, as fêmeas tendem a ficar mais lentas e susceptíveis a predação neste período, o que as levariam a permanecer exclusivamente em ambientes florestais, visto que ambientes abertos são mais expostos a predadores. Ainda, ao estarem mais lentas, elas estariam explorando menos o ambiente florestal circundante e não acessando itens alimentares mais enriquecidos em distâncias mais longas. Estudos de padrões de movimentação comparando fêmeas com filhotes e sem filhotes podem ajudar a testar esta hipótese.

Esse resultado proveniente de filhotes recém-desmamados é importante, porque a análise dos pelos das fêmeas lactantes não permitiria observá-lo, uma vez que elas apresentariam valores isotópicos de dieta assimilados por um período de tempo mais longo, incluindo o tempo anterior ao início do período reprodutivo. Já os valores dos filhotes refletem o conteúdo de um tecido de rápido *turnover* (o leite), assim podem indicar o que as fêmeas lactantes estariam consumindo no período de cuidado parental com estes filhotes (AURIOLES; KOCH; BOEUF, 2006; DUCATEZ et al, 2008).

Uma segunda explicação para os baixos valores de $\delta^{13}\text{C}$ registrados nos filhotes, é a de que eles seriam decorrentes da grande proporção de gordura do leite materno. Os lipídios são mais deplecionados em ^{13}C do que outros tipos de nutrientes (AURIOLES; KOCH; BOEUF, 2006). Assim, de acordo com essa segunda hipótese, as fêmeas em condição de cuidado parental apresentariam os mesmos padrões de movimentação e forrageamento que fêmeas fora do período reprodutivo, e os valores de $\delta^{13}\text{C}$ seriam relacionados apenas à composição do leite.

CONCLUSÃO

Indivíduos capturados em ambas as UCs tiveram valores condizentes a uma dieta composta de recursos alimentares provenientes apenas do ambiente florestal. Uma segregação significativa de nicho isotópico foi observada entre filhotes e as demais classes etárias. Os valores de isótopos destes filhotes podem estar refletindo o hábito alimentar de sua mãe durante o fim do período reprodutivo e sua assimilação se deu pelo leite materno. Ao longo do crescimento dos machos e das fêmeas de *Didelphis aurita*, ocorre um gradual aumento nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, indicando que indivíduos maiores tendem a ocupar níveis tróficos

superiores e forrageiam itens alimentares mais enriquecidos em ^{13}C no ambiente florestal e/ou consomem presas florestais maiores que tenham capacidade de forragear na matriz ocasionalmente. Por fim, fêmeas tendem a ter maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$ e de $\delta^{13}\text{C}$ e essa diferença aumenta com o tamanho dos indivíduos, indicando um consumo maior de itens alimentares de matéria animal e mais enriquecidos em ^{13}C , que ainda são provenientes majoritariamente do ambiente florestal.

REFERÊNCIAS

AURIOLES, D.; KOCH, P. L.; BOEUF, B. J. Differences in foraging location of mexican and california elephant seals: evidence from stable isotopes in pups. **Marine Mammal Science**, v. 22, n. 2, p. 326-338, 2006.

BENTO, G. M.; SANTOS, R. T. Avaliação de métodos de remoção de outliers e seus impactos na precisão dos métodos de interpolação. In: 1º Simpósio Mato-grossense de mecanização agrícola e agricultura de precisão – SIMAP UFMT, Campus universitário. 2018. Disponível em: < http://www.lapmec.com.br/upload/mod_publicacoes/251/5b3e66947f420.pdf >. Acesso em: 24 dez. 2021.

BOND, A. L.; HOBSON, K. A. Reporting stable-isotope ratios in ecology: recommended terminology, guidelines and best practices. **Waterbirds**, v. 35, n. 2, p. 324-331, 2012.

BOVENDORP, R. S. Age and habitat quality matters: isotopic variation of two sympatric species of rodents in Neotropical Forest. **Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy**, v. 28, n. 2, p. 214-221, 2017.

BUBADUÉ, J. et al. Niche partitioning in small mammals: interspecific and biome-level analysis using stable isotopes. **Journal of Mammalogy**, v. 102, n. 5, p. 1235-1248, 2021.

CÁCERES, N. C.; MONTEIRO-FILHO, E. L. Food habits, home range and activity of *Didelphis aurita* (Mammalia, Marsupialia) in a forest fragment of southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 36, n. 2, p. 85-92, 2001.

CÁCERES, N. C. Use of space by the opossum *Didelphis aurita* Wied-Neuwied (Mammalia, Marsupialia) in a mixed forest fragment of southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 2, p. 315-322, 2003.

CASELLA, J. Diet of *Didelphis aurita* e *Micoureus paraguayanus* and the fruit availability in a semideciduous Atlantic forest in Southern Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 6, n. 2, p. 85-93, 2011.

CAUT, S.; ANGULO, E.; COURCHAMP, F. Variation in discrimination factors ($\Delta^{15}\text{N}$ and $\Delta^{13}\text{C}$): the effect of diet isotopic values and applications for diet reconstruction. **Journal of Applied Ecology**, v. 46, p. 443-453, 2009.

CEOTTO, P. et al. Diet variation of the marsupials *Didelphis aurita* and *Philander frenatus* (Didelphimorphia, Didelphidae) in a rural area of Rio de Janeiro state, Brazil. **Mastozoologia neotropical**, v. 16, p. 49-58, 2009.

CERBONCINI, R. A. S.; PASSAMANI, M.; BRAGA, T. V. Use of space by the black-eared opossum *Didelphis aurita* in a rural area in southeastern Brazil. **Mammalia**, v. 75, n. 3, p. 287-290, 2011.

CHEREL, Y.; HOBSON, K. A.; GUINET, C. Milk isotopic values demonstrate that nursing fur seal pups are full trophic level higher than their mothers. **Rapid Communications in mass spectrometry**, v. 29, n. 16, p. 1485-1490, 2015.

CLUTTON-BROCK, T. H.; ALBON, S. D.; GUINNESS, F. E. Fitness costs of gestation and lactation in wild mammals. **Nature**, v. 337, n. 6204, p. 260-262, 1989.

DUCATEZ, S. et al. Stable isotopes document winter trophic ecology and maternal investment of adult female southern elephant seals (*Mirounga leonine*) breeding at the Kerguelen Islands. **Marine Biology**, v. 155, p. 413-420, 2008.

GALETTI, M. et al. Trophic Niche Differentiation in Rodents and Marsupials Revealed by Stable Isotopes. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1-15, 2016.

HOSSLER, R. J.; MCANINCH, J. B.; HARDER, J. D. Maternal Behavior and Survival of Juveniles in Opossums in Southeastern New York. **Journal of Mammalogy**, v. 75, n. 1, p. 60-70, 1994.

HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, v. 22, p. 415-427, 1957.

IBGE – Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema Fitogeográfico, Inventário das Formações Florestais e Campestres, Técnicas e Manejo de Coleções Botânicas, Procedimentos para Mapeamentos, 2 ed.** Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, IBGE: Rio de Janeiro, Brasil, 2012, p. 276.

ICMBIO. Plano de Manejo da Reserva Biológica União, Encarte 3 – Análise da Unidade de Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2008.

JACKSON, A. L. et al. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER – Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, p. 595-602, 2011.

- JENKINS, S. G. et al. Nitrogen and carbon isotope fractionation between mothers, neonates, and nursing offspring. **Oecologia**, v. 129, n. 3, p. 336-341.
- JORDAN, M. J. R. Dietary analysis for mammals and birds: a review of field techniques and animal-management applications. **International Zoo Yearbook**, v. 39, n. 1, p. 108-116, 2005.
- KELLY, J. F. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. **Canadian Journal of Zoology**, v. 78, p. 1-27, 2000.
- KUHNEN, V. V. et al. Diet overlap and spatial segregation between two neotropical marsupials revealed by multiple analytical approaches. **PLoS ONE**, v. 12, n. 7, 2017.
- KUHNEN, V. V.; WEDEKIN, L. L.; SETZ, E. Z. F. Coupled population dynamics of two Neotropical marsupials driven by mesopredator's abundance. **Population ecology**, v. 61, n. 1, p. 113-121, 2019.
- LAYMAN, C. et al. Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure? **Ecology**, v. 88, n. 1, p. 42-48, 2007.
- LOPES, C. A.; BENEDITO-CECILIO, E. Variabilidade isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{14}\text{N}$) em produtores primários de ambientes terrestres e de água doce. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 2, p. 303-312, 2002.
- MACEDO, J. et al. Classes de desenvolvimento em Marsupiais: um método para animais vivos. **Mastozoologia neotropical**, v. 13, n. 1, p. 133-136, 2006.
- MAGIOLI, M. et al. Human-modified landscapes alter mammal resource and habitat use and trophic structure. **PNA Latest Articles**, v. 116, n. 37, p. 18466-18472, 2019.
- MARTINELLI, L. A. et al. Determining ecosystem functioning in Brazilian biomes through foliar carbon nitrogen concentrations and stable isotope ratios. **Biogeochemistry**, v. 154, p. 405-423, 2021.
- MARTÍNEZ DEL RIO, C. et al. Dietary and isotopic specialization: the isotopic niche of three *Cinclodes* ovenbirds. **Oecologia**, v. 161, n. 1, p. 149-159, 2009.
- MINIGAWA, M.; WADA, E. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 48, n. 5, p. 1135-1140.
- MOURA, M. C.; VIEIRA, M. V. V.; CERQUEIRA, R. Occasional intraguild predation structuring small mammal assemblages: the marsupial *Didelphis aurita* in the Atlantic Forest

of Brazil. **Austral Ecology**, v. 34, n. 5, p. 481-489, 2009.

NEWSOME, S. D. et al. A niche for isotopic ecology. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 8, p. 429-436, 2007.

OMETTO, J. P. H. B. et al. Carbon isotope discrimination in forest and pasture ecosystems of the Amazon Basin, Brazil. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 16, n. 4, 2002.

PORTELA, R. C. Q.; DIRZO, R. Forest fragmentation and defaunation drive an unusual ecological cascade: Predation release, monkey population outburst and plant demographic collapse. **Biological Conservation**, v. 242, 2020.

POST, D. M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions, **Ecology**, v. 83, n. 3, p. 703-718, 2002.

POST, D. M et al. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. **Oecologia**, v. 152, p. 179-189, 2007.

PREVEDELLO, J. A.; FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Does land use affect perceptual range? Evidence from two marsupials of the Atlantic Forest. **Journal of Zoology**, v. 284, p. 53-59, 2011.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

ROUNICK, J. S.; WINTERBOURN, M. J. Stable carbon isotopes and carbon flow in ecosystems. **BioScience**, v. 36, p. 171-177, 1986.

RUBENSTEIN, D. R.; HOBSON, K. A. From birds to butterflies: animal movement patterns and stable isotopes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19, n. 5, p. 256-263, 2004.

SYVARANTA, J. et al. An Empirical Evaluation of the Utility of Convex Hull and Standard Ellipse Areas for Assessing Population Niche Widths from Stable Isotope Data. **PLoS ONE**, v. 8, n. 2, 2013.

TIESZEN, L. L. et al. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. **Oecologia**, v. 57, n. 1-2, p. 32-37, 1983.

TSUTAYA, T.; YONEDA, M. Reconstruction of breastfeeding and weaning practices using stable isotope and trace element analyses: A review. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 156, p. 2-21, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, avaliamos os padrões de uso do habitat do gambá-de-orelha-preta, *Didelphis aurita*, um marsupial grande e escansorial, em fragmentos florestais cortados por faixas desmatadas de dutos de petróleo com aproximadamente 25 metros de largura. Os dados obtidos indicam que, embora *D. aurita* tenha realizado mais movimentos dentro do ambiente florestal, a presença de gasodutos e oleodutos pouco afetaram a movimentação da espécie entre fragmentos florestais. No entanto, foi detectado o uso preferencial de ambientes florestais como área de vida e de forrageamento, que foi corroborado pela análise isotópica através da detecção de assimilação de carbono vindo principalmente de fontes alimentares provenientes de plantas C₃, aquelas de via fotossintética comum a áreas florestais densas e úmidas. Os resultados sugerem que características individuais podem afetar a frequência de travessia dos dutos. Indivíduos adultos, por exemplo, atravessaram os dutos com o dobro de frequência dos indivíduos juvenis. Já machos e fêmeas apresentaram frequências similares de travessias sobre a faixa de dutos. Embora as faixas de dutos não tenham influenciado significativamente a taxa de cruzamentos entre fragmentos florestais, os resultados sugerem que os gambás evitam as áreas de borda imediata entre os fragmentos florestais e os dutos. *Didelphis aurita* foi capturado com maior frequência no interior da floresta, a 25 m de distância da borda. A análise dos isótopos estáveis também foi importante para desvendar novas informações da história natural da espécie. As fêmeas tenderam a apresentar maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ do que machos e essa diferença aumentou com o tamanho dos indivíduos, indicando consumo de presas de níveis tróficos superiores pelas fêmeas. Os filhotes recém-desmamados (dentição dP3M1) tiveram valores isotópicos correspondentes a nutrientes assimilados através do leite materno. A composição de isótopos de nitrogênio desses indivíduos foi similar ao dos maiores indivíduos capturados. Além disso, as proporções de isótopos de carbono nos pelos dos filhotes são compatíveis com valores mais florestais do que dos indivíduos juvenis e adultos. Uma vez que esses valores refletem o leite materno e ele apresenta um alto *turnover*, irá refletir a dieta da mãe em um curto intervalo de tempo. Então a composição dos pelos dos filhotes sugere que, durante o fim do período reprodutivo, as fêmeas tendem a ficar mais restritas ao interior dos fragmentos florestais, possivelmente pelo peso extra que ela carrega ao estar com seus filhotes e/ou por não se afastar muito do ninho, onde os filhotes podem ser deixados.