



MÉTODO ALTERNATIVO DE AVALIAÇÃO INDICA SAZONALIDADE NO PERÍODO DE ACASALAMENTO DE *Philander quica* (TEMMICK, 1824)

Luís Renato Bernardo^{1*}, Priscilla Lora Zangrandi², Ana Cláudia Delciellos^{3,4}
& Marcus Vinícius Vieira²

¹ Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, Laboratório de Ecologia de Vertebrados. Asa Norte, CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia, Laboratório de Vertebrados. Av. Carlos Chagas Filho, 373, Centro de Ciências da Saúde, CEP: 21941-902, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, CEP 20550-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Zoologia, Laboratório de Mastozoologia, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, CEP 20550-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

E-mails: lrbzoo@gmail.com (*corresponding author); priscillalz@gmail.com; anadelciellos@yahoo.com.br; mvvieira@gmail.com

Resumo: Em estudos ecológicos, a estação reprodutiva dos marsupiais neotropicais é frequentemente definida com base apenas na presença de filhotes no marsúpio e de fêmeas lactantes, sem considerar as fases do ciclo estral, fecundação e gestação. Considerando que a lactação inibe o ciclo estral das fêmeas, estudos que relacionam a estação reprodutiva dos marsupiais com padrões ecológicos sem considerar se as fêmeas estão receptivas ao acasalamento podem resultar em interpretações equivocadas. Os objetivos deste estudo foram (1) determinar a duração do período no qual as fêmeas de *Philander quica* (Didelphimorphia, Didelphidae) estão receptivas ao acasalamento; e (2) a duração da estação reprodutiva considerando também o período de acasalamentos. Os dados de captura foram provenientes de três grades de amostragem em uma área de mata contínua na localidade do Garrafão, Parque Nacional da Serra dos Órgãos, e de 14 fragmentos de Mata Atlântica, todos no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Para cada fêmea capturada com filhotes no marsúpio, a data da fecundação foi estimada somando-se o tempo de gestação das fêmeas (15 dias) à idade do filhote, estimada através de uma função não-linear de crescimento de *P. quica*. O período de acasalamento foi definido utilizando estatística circular. Houve 38 (11 com filhotes) e 113 (34 com filhotes) capturas de fêmeas na mata contínua e nos fragmentos, respectivamente. O período de acasalamentos foi sazonal em ambas as áreas, ocorrendo de junho a dezembro na mata contínua e de junho a novembro nos fragmentos. A estação reprodutiva foi praticamente contínua ao longo do ano (junho a abril), sendo que nos fragmentos nos meses de março e abril apenas foram registradas fêmeas lactantes. Portanto, considerar o período de acasalamento como uma informação, além da presença de fêmeas com filhotes ou lactantes, pode tornar mais claro ou possibilitar a reinterpretção de padrões ecológicos relacionados à estação reprodutiva.

Palavras-chave: estação reprodutiva; marsupiais; pequenos mamíferos; reprodução; sazonalidade.

ALTERNATIVE METHOD OF EVALUATION OF THE REPRODUCTIVE SEASON INDICATES SEASONALITY IN THE MATING PERIOD OF *Philander quica* (TEMMICK, 1824): In ecological studies, the reproductive season of Neotropical marsupials is often defined based only on the presence of young

in the marsupium and lactating females, without considering the phases of the estrous cycle, fertilization and gestation for the duration of the season. Considering that lactation inhibits the estrous cycle of females, studies that relate the reproductive season of marsupials to behavioral or space use patterns without considering whether females are receptive to mating may result in misinterpretations. The objectives of this study were (1) to determine the duration of the period in which female *Philander quica* (Didelphimorphia, Didelphidae) are receptive to mating; and (2) the duration of the breeding season, also considering the mating period. The capture data came from three sampling grids in a continuous forest area in Garrafão, Serra dos Órgãos National Park, and from 14 Atlantic Forest fragments, in the state of Rio de Janeiro, Brazil. For each female captured with offspring in the pouch, the date of fertilization was estimated by adding the female's gestation time (15 days) to the age of the offspring, using a non-linear function. The mating period was defined using circular statistics. There were 38 (11 with pups) and 113 (34 with pups) captures of females in the continuous forest and in fragments, respectively. The mating period was seasonal in both areas, occurring from June to December in the continuous forest and from June to November in the fragments. The breeding season was practically continuous throughout the year (June to April), and in the fragments in March and April only lactating females were recorded. Therefore, considering the mating period as information, in addition to the presence of females with offspring or lactating females, can clarify or allow the reinterpretation of behavioral patterns related to the breeding season.

Keywords: marsupials; reproduction; reproductive season; seasonality; small mammals.

INTRODUÇÃO

A reprodução sazonal é comum em muitos mamíferos e considerada importante para a sobrevivência e persistências das populações, principalmente nos habitats onde a disponibilidade de recursos é variável ao longo do ano, como em regiões de clima temperado (Cerqueira 2005, Bronson 2009, van Rosmalen *et al.* 2021, Fontúrbel *et al.* 2022). Embora esse padrão seja mais comumente associado a essas regiões, ele também é comum nos trópicos (Cerqueira 2005, Bronson 2009). Por exemplo, muitas espécies de marsupiais seguem esse padrão de reprodução (Tyndale-Biscoe & Renfree 1987, Julien-Laferrriere & Atramentowicz 1990, Cerqueira 2005, Lopes 2015, Fontúrbel *et al.* 2022). O início da estação reprodutiva dos marsupiais geralmente ocorre antes do período de aumento da disponibilidade de recursos no ambiente para que, alguns meses depois, coincida com o período de lactação (Charles-Dominique 1983, Lee & Cockburn 1985, Parrot & Edwards 2023). A lactação é o período de maior gasto energético pelas fêmeas, visto que a gestação é curta e a maior parte do desenvolvimento dos filhotes ocorre fora do útero (Renfree 1983, Hinds & Loudon 1997, Quental *et al.* 2001, Martins *et al.* 2006, Leiner *et al.* 2008, Parrot & Edwards 2023).

A estação reprodutiva de uma espécie, em geral, compreende as fases do ciclo estral, fecundação, gestação, lactação e desmame, seu início sendo marcado pelo início da produção de gametas (Sadlier 1969, Cerqueira 2005). Como a fase da gestação nos marsupiais neotropicais é de difícil percepção pelos pesquisadores em campo, na maioria dos estudos ecológicos a estação reprodutiva é definida com base na presença de filhotes no marsúpio e/ou de fêmeas lactantes (Macedo *et al.* 2006). Portanto, em geral, a duração da estação reprodutiva dos marsupiais é subestimada em tais estudos, pois a duração das fases do ciclo estral, fecundação e gestação não são contabilizadas. Além disso, a lactação inibe o ciclo estral das fêmeas, tornando-as não receptivas ao acasalamento enquanto amamentam os filhotes (Hingst *et al.* 1998, McNeilly 2001, Ballantyne 2015, Parrot & Edwards 2023). Portanto, estudos que relacionam a estação reprodutiva dos marsupiais com outras características biológicas, como por exemplo o uso do espaço, dieta ou horário de atividade (*e.g.*, Loretto & Vieira 2005, Cáceres & Machado 2013, Vieira *et al.* 2017), sem considerar se as fêmeas estão ou não receptivas ao acasalamento, podem acarretar interpretações equivocadas dos resultados.

O marsupial *Philander quica* (Temminck, 1824) (Didelphimorphia, Didelphidae), conhecido popularmente como cuíca-de-quatro-olhos, é uma espécie noturna comum na Mata Atlântica (Figueiredo *et al.* 2017). Ocorre no leste do Brasil, do estado da Bahia ao estado de Santa Catarina, estendendo-se a sudoeste em direção à porção sul do Paraguai e regiões adjacentes da Argentina (Patton & Costa 2003, Gardner 2005, Voss *et al.* 2018). Sua dieta é insetívora-onívora, se alimentando de frutos, insetos e pequenos vertebrados (Santori *et al.* 1997, Astúa-de-Moraes *et al.* 2003, Cáceres 2004, Ceotto *et al.* 2009, Macedo *et al.* 2010) e habita florestas primárias e secundárias em paisagens preservadas e fragmentadas (Castro & Fernandez 2004, Fernandez & Pires 2006, Vieira *et al.* 2009). É uma espécie tolerante à fragmentação de habitat devido à sua alta vagilidade, estando presente em fragmentos de diferentes tamanhos, graus de distúrbio e tipos de matriz (Castro & Fernandez 2004, Delciellos *et al.* 2018a). Entretanto, os indivíduos da espécie apresentam pior condição corporal nos fragmentos do que em áreas de mata contínua (Delciellos *et al.* 2018b), bem como têm seus padrões de uso do espaço alterados pela fragmentação de habitat (Delciellos *et al.* 2017, 2019, 2020).

A sazonalidade da estação reprodutiva de *P. quica* é um tema controverso na literatura prévia. A maioria dos estudos observaram uma reprodução com padrão sazonal para a espécie, com a estação reprodutiva iniciando no período seco e durando até o fim da estação chuvosa (Gentile *et al.* 2000, Passamani 2000, Bonecker 2009). Um estudo realizado em cativeiro registrou para a espécie nascimentos ocorrendo entre agosto e fevereiro (Hingst *et al.* 1998). Dois estudos realizados em paisagens fragmentadas também encontraram sazonalidade na reprodução, com ela ocorrendo de julho a março (Aisengart-Menezes 2010) e de julho/agosto a abril (Gentile *et al.* 2000), bem como um estudo realizado em uma área de mata contínua, na localidade do Garrafão, Parque Nacional da Serra dos Órgãos, com a estação reprodutiva ocorrendo de agosto a abril (Macedo *et al.* 2007). Entretanto, um estudo realizado em fragmentos florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, estado do Rio de Janeiro, não encontrou sazonalidade na estação reprodutiva de *P. quica*, ao registrar fêmeas reprodutivamente ativas (*i.e.*, com filhotes no

marsúpio ou lactantes) durante todo o ano, exceto nos meses de junho e setembro (Barros *et al.* 2008).

Desse modo, os objetivos deste estudo foram (1) determinar a duração do período no qual as fêmeas estão receptivas ao acasalamento; e a partir desse resultado, (2) estimar a duração da estação reprodutiva considerando também as fases do ciclo estral, fecundação e gestação, além da presença de fêmeas com filhotes no marsúpio e lactantes. Para isso, foram utilizados dados do marsupial *P. quica* provenientes de estudos realizados em áreas fragmentadas e de mata contínua de Mata Atlântica, no estado do Rio de Janeiro, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo e amostragem de pequenos mamíferos não-voadores

Os dados de captura de *Philander quica* são provenientes de dois estudos de amostragem de pequenos mamíferos não-voadores realizados em uma região de Mata Atlântica, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. O clima da região é Mesotérmico Brando Úmido, com a estação seca iniciando-se em maio ou junho e estendendo-se até agosto ou setembro (Nimer 1989). A vegetação predominante é de Floresta Ombrófila Densa nos fragmentos florestais (Finotti *et al.* 2012, Delciellos *et al.* 2016) e Floresta Ombrófila Submontana e Montana na mata contínua (Pardo *et al.* 2007, ICMBio 2008, Fonseca 2009).

O primeiro estudo foi realizado em uma área de mata contínua na localidade do Garrafão (22° 28' 28" S, 42° 59' 86" W), Parque Nacional da Serra dos Órgãos, município de Guapimirim. Este foi um estudo de captura-marcação-e-recaptura de longo prazo (1997 a 2019; Gentile & Kajin 2015), tendo sido utilizados os dados de captura obtidos entre 1998 e 2009. A amostragem foi realizada em três grades de armadilhagem com formato 5 x 5, cada uma com 0,64 ha e com 25 estações de captura equidistantes 20 m. Inicialmente, cada estação de captura recebeu uma Sherman® (30,5 × 9,8 × 8) e uma Tomahawk® (41 × 14 × 14 cm) no chão, sendo que ao longo da duração do estudo o delineamento sofreu alterações, com a adição de cinco Tomahawks maiores (50,8 × 17,8 × 17,8 cm) por grade e 13 plataformas com um par de armadilhas cada (uma Sherman e uma Tomahawk),

em estações de captura intercaladas, no dossel das árvores visando a captura de espécies arborícolas (Ferreira *et al.* 2016). A amostragem foi realizada bimestralmente (meses pares), e cada amostragem teve a duração de cinco noites consecutivas. Assim o esforço de captura variou de 750 a 1215 armadilhas/noite ao longo do estudo.

O segundo estudo foi realizado em uma paisagem fragmentada na bacia do rio Macacu, nos municípios de Guapimirim (22° 20' 0" S, 42° 59' 0" W), Cachoeiras de Macacu (22° 28' 0" S, 42° 39' 0" W) e Itaboraí (22° 44' 0" S, 42° 51' 0" W), entre os anos de 2005 e 2008 (Vieira *et al.* 2009, Delciellos 2011, Delciellos *et al.* 2018a). A amostragem das comunidades de pequenos mamíferos não-voadores foi realizada em 14 fragmentos florestais (Material Suplementar 1). Cada fragmento foi amostrado uma única vez, durante cinco noites consecutivas, com um esforço amostral padrão de 800 armadilhas/noite por fragmento amostrado. Em cada fragmento foram estabelecidos quatro transectos de 340 m de comprimento, da borda em direção ao centro, orientados nas direções norte, sul, leste e oeste. Cada transecto possuía 15 estações de captura equidistantes 20 m no interior do fragmento e cinco estações equidistantes 10 m na matriz. A estação na matriz mais próxima do fragmento estava distante 20 m da primeira estação no interior. Cada estação de captura recebeu uma Sherman e uma Tomahawk, sendo que em seis estações de cada transecto no interior do fragmento, uma das armadilhas foi colocada no sub-bosque (Vieira *et al.* 2009, Delciellos 2011, Delciellos *et al.* 2018a).

Obtenção dos dados de reprodução

Para os indivíduos de *P. quica* capturados em ambos os estudos, foram registrados o ponto de captura, a dentição, o peso, o tamanho do corpo e da cauda, e o sexo (Macedo *et al.* 2006). Os animais foram marcados com brincos de metal numerados nas orelhas (National Band and Tag Co., Newport, Kentucky) e, posteriormente, liberados na mesma estação de captura (mata contínua) ou na borda dos fragmentos (paisagem fragmentada). O número de filhotes presentes no marsúpio das fêmeas foi contado e o tamanho do corpo (mm) e da cauda (mm) de um filhote fêmea e de um filhote macho de cada ninhada foram medidos com o auxílio de um paquímetro.

Para determinar a data da fecundação de cada fêmea, foi somado o tempo de gestação de aproximadamente 15 dias (D'Andrea *et al.* 1994) à idade do filhote. A idade do filhote foi calculada usando a função não linear $t = (\ln HB - 3,01)/0,024$, onde HB é o tamanho de corpo de cada filhote segundo D'Andrea *et al.* (1994). Para o cálculo, foi utilizada a medida de tamanho de corpo do maior filhote de cada ninhada, independentemente do sexo. Por exemplo, um filhote no marsúpio com 60 mm de comprimento de corpo no dia 13 de setembro de 2008 teria 45 dias de vida de acordo com a função não linear. Considerando que a gestação dura até 15 dias, o acasalamento que deu origem a esse filhote teria ocorrido por volta do dia 15 de julho de 2008.

Utilizamos então as datas de fecundação estimadas para estimar a duração da estação reprodutiva considerando as fases do ciclo estral, fecundação e gestação, além da presença de fêmeas com filhotes no marsúpio e lactantes. O ciclo estral marsupial tem, em média, 28 dias, variando entre 20-45 dias dependendo da espécie (Parrot & Edwards 2023). No caso de *Didelphis virginiana*, uma referência de espécie da mesma família, o ciclo estral varia de 22 a 38 dias (Bradshaw & Bradshaw 2011). O ciclo estral consiste dos períodos proestro, estro e diestro ou fase luteal. O proestro marsupial pode durar de 1 a 2 semanas, enquanto o diestro dura de 2 a 3 semanas (Shaw 2006). Durante o proestro, há um aumento nos níveis de estrogênio, e o estro ocorre quando esses níveis atingem seu pico máximo e a fêmea está receptiva ao acasalamento. A ovulação, que é a liberação dos ovos para a fecundação, ocorre geralmente um a dois dias após o estro (Shaw 2006). Com base nessas informações, estimamos um acréscimo de 10 dias em função do período de proestro, e de 2 dias entre o estro e ovulação, além do período de gestação e lactação, à duração total da estação reprodutiva.

Análises estatísticas

As datas de fecundação estimadas para cada fêmea foram utilizadas para definir o período do ano no qual elas estão receptivas ao acasalamento. A hipótese de uniformidade da distribuição dos dados ao longo do ano foi testada com o teste de Rayleigh (r_{Rayleigh}) de estatística circular (Zar 2010), no programa Oriana V4.02 (Kovach 2011), no qual o ângulo médio resultante indica o vetor médio da

distribuição de registros ao longo do círculo (no caso o período de 12 meses).

RESULTADOS

Foi obtido um total de 151 capturas de fêmeas de *P. quica* nos dois estudos. Destas, 113 capturas de 113 indivíduos (34 com filhotes no marsúpio de 9 localidades) foram realizadas nos fragmentos florestais e 38 capturas de 28 indivíduos (11 com filhotes no marsúpio) na mata contínua. O número médio de filhotes em cada ninhada foi de $5,17 \pm 1,08$ filhotes ($N = 45$) (média \pm desvio padrão) nos fragmentos e $5,36 \pm 1,36$ filhotes ($N = 11$) na mata contínua. Nos fragmentos, o tamanho de corpo dos filhotes variou entre 23 e 76 (mm), média de $48,86 \pm 12,2$ (mm) ($N = 51$), e na mata contínua o tamanho dos filhotes variou entre 39 e 77 (mm), média de $40,52 \pm 14,54$ (mm) ($N = 18$).

Considerando as datas de fecundação estimadas para cada fêmea nos fragmentos, o período no qual as fêmeas estão receptivas aos machos ocorreu de junho a novembro (6 meses de duração) ($r_{\text{Rayleigh}} = 20,093$; $p < 0,001$), com a maioria dos acasalamentos em setembro ($N = 13$) e julho ($N = 8$) (Figura 1a; Tabela 1). Já na mata contínua, esse período ocorreu de junho a dezembro (7 meses de duração) ($r_{\text{Rayleigh}} = 3,709$; $p = 0,021$), com a maioria dos acasalamentos em junho ($N = 7$) (Figura 1b;

Tabela 1). Considerando os dados agrupados, incluindo fragmentos e mata contínua, o período de acasalamentos para *P. quica* ocorreu de junho a dezembro ($r_{\text{Rayleigh}} = 22,522$; $p < 0,001$), com a maioria dos acasalamentos em julho ($N = 15$) e setembro ($N = 13$) (Figura 1c; Tabela 1).

Nos fragmentos, fêmeas com filhotes no marsúpio foram observadas nos meses de janeiro, julho, agosto, setembro e novembro, e fêmeas lactantes nos meses de março, abril e setembro ($N = 51$). Já na mata contínua, fêmeas com filhotes no marsúpio foram observadas no período entre agosto e fevereiro ($N = 11$) e fêmeas lactantes em agosto e entre outubro e abril ($N = 14$). Desse modo, ao agruparmos os dados e adicionarmos o período de acasalamentos, a estação reprodutiva pode ser definida de junho a abril (Tabela 1). No entanto, o único indicativo de atividade reprodutiva nos meses de março e abril em ambas as localidades é a ocorrência de fêmeas lactantes.

DISCUSSÃO

Estimar o tempo de vida dos filhotes e assim determinar a data em que ocorreu a fecundação, permitiu determinar com precisão que o período de acasalamento de *P. quica* ocorre entre os meses de junho e dezembro. Além disso, essa análise permitiu estabelecer que o início da estação

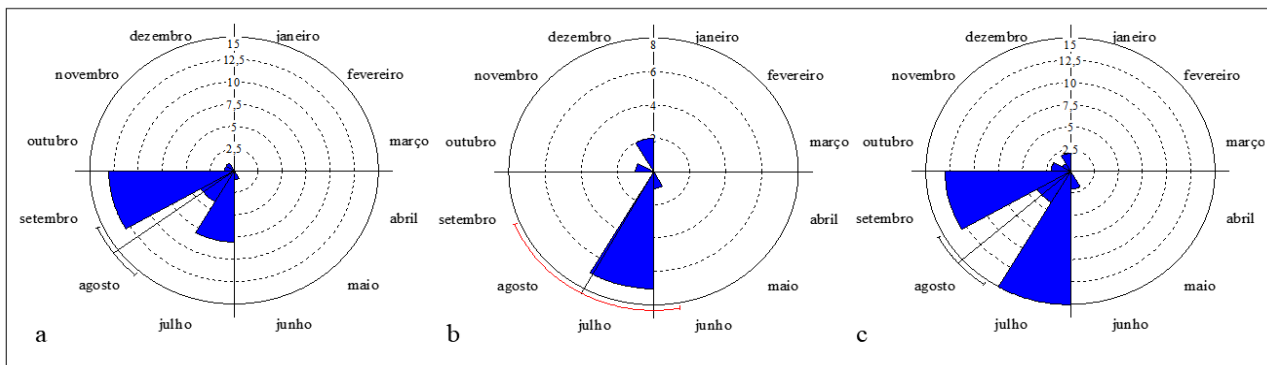


Figura 1. Histogramas circulares do período de acasalamento estimado para o marsupial *Philander quica* (*Didelphimorphia*, *Didelphidae*) em fragmentos florestais (a), na mata contínua (b) e para os dados agrupados (c). Em azul, o número de acasalamentos por mês. A linha que liga o centro do gráfico à borda externa representa o ângulo médio dos dados, e o arco que se estende para os dois lados representa o intervalo de confiança de 95% dessa média. Quando este arco é vermelho indica que o resultado não foi significativo.

Figure 1. Circular histograms of the estimated mating period for the marsupial *Philander quica* (*Didelphimorphia*, *Didelphidae*) in forest fragments (a), in continuous forest (b) and for the pooled data (c). In blue, the number of matings per month. The line connecting the center of the graph to the outer edge represents the mean angle of the data, and the arc extending to both sides represent the 95% confidence interval of that mean. When this arc is red, it indicates that the result was not significant.

Tabela 1. Atividade reprodutiva das fêmeas de *Philander quica* ao longo do ano na área de mata contínua do Garrafão (G), nos fragmentos de Mata Atlântica (F) e em ambas as localidades (FG).**Table 1.** Reproductive activity of female *Philander quica* throughout the year in the Garrafão continuous forest area (G), in the Atlantic Forest fragments (F) and in both locations (FG).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Acasalamento						FG	FG	F	F	FG	F	G
Fêmeas com filhotes	FG	G					F	FG	FG	G	FG	G
Fêmeas lactantes	G	G	FG	FG				G	F	G	G	G

reprodutiva ocorre entre um (julho - fragmentos) e dois meses (julho e agosto - mata contínua) antes do que frequentemente é considerado em estudos que utilizam somente a presença de fêmeas com filhotes no marsúpio ou de fêmeas lactantes como indícios de reprodução (Hingst *et al.* 1998, Gentile *et al.* 2000, Macedo *et al.* 2007, Aisengart-Menezes 2010).

Se considerarmos todas as etapas da reprodução (períodos de acasalamento, de fêmeas com filhotes e de fêmeas lactantes), chegamos à conclusão de que não há atividade reprodutiva em apenas um a dois meses do ano, no início da estação seca, o que pode levar à percepção de que a reprodução da espécie é contínua ao longo do ano. Assim, estudos que consideraram apenas a presença de fêmeas com filhotes ou lactantes em suas análises chegaram a essa conclusão, independentemente de terem sido realizados em paisagens fragmentadas (Barros *et al.* 2008, Aisengart-Menezes 2010, Gentile *et al.* 2000) ou na mesma localidade de mata contínua do presente estudo (Macedo *et al.* 2007). No entanto, ao considerarmos que todas as etapas reprodutivas posteriores ao acasalamento são consequência deste, e que o período com registros somente de fêmeas lactantes (*i.e.*, sem filhotes no marsúpio) é indicativo de que os filhotes gerados naquela estação reprodutiva estão em processo de desmame, podemos concluir que não há mais acasalamentos ou fêmeas gestantes. Sendo assim, a reprodução de *P. quica* poderia ser considerada sazonal, com início em junho (*i.e.*, período de acasalamento) e término entre os meses de março e abril, quando ocorre o desmame dos filhotes.

A sazonalidade reprodutiva em espécies do gênero *Philander* (Fleming 1973), outras espécies de marsupiais (Cerqueira 2005, Macedo *et al.* 2007), e mesmo de mamíferos placentários (Bronson 1985,

Carvalho-Souza 2008, Guh 2019), é frequentemente relacionada ao fotoperíodo. O início do período de acasalamento de *Philander quica* coincide com o aumento do fotoperíodo, a partir do solstício de inverno, e o fim do período de acasalamento coincide com a redução do fotoperíodo, após o solstício de verão. Essa ligação entre a sazonalidade reprodutiva e o fotoperíodo é mais frequentemente observada em regiões de clima temperado, mas também é possível nos trópicos (Cerqueira 2005, Bronson 2009).

Nos mamíferos, as mudanças sazonais na duração do dia são detectadas pelo sistema nervoso central, que decodifica a informação luminosa proveniente dos olhos e a transmite para a glândula pineal. Assim, durante a fase clara, a glândula pineal suprime a produção de melatonina, hormônio que atua na regulação do sono e no reparo genético, e estimula a produção durante a fase escura do ciclo fótico diário, permitindo que os mamíferos percebam a passagem do tempo ao longo do ano (Reiter 1993, Williams *et al.* 1997, McAllan 2003). Alinhar a reprodução com mudanças no fotoperíodo é importante para garantir o tempo preciso de processos anuais, pois apesar da temperatura e precipitação também variarem ao longo do ano, diferente do fotoperíodo, essas flutuações são menos previsíveis porque ocasionalmente há invernos quentes e estações chuvosas secas (Reiter 1993, Williams *et al.* 1997, McAllan 2003).

A determinação da duração do período no qual as fêmeas estão receptivas ao acasalamento tem grande importância para a interpretação de padrões de dieta, comportamento e uso do espaço pelas espécies. Isso se deve ao fato de que os requerimentos energéticos variam entre as diferentes fases da estação reprodutiva

(Ryser 1992, Gipson & Kamler 2001) e entre os sexos dos indivíduos (Cáceres & Monteiro-Filho 1999, Fernandes *et al.* 2010). Nos marsupiais didelfídeos, o período de lactação é o que demanda maior gasto energético das fêmeas (Atramentowicz 1992, Ryser 1992, Gipson & Kamler 2001), e como esse período é longo dentro da estação reprodutiva, é comum encontrar essa relação com estação reprodutiva (Atramentowicz 1992, Ryser 1992, Gentile & Cerqueira, 1995, Gipson & Kamler 2001, Loretto 2012). Por outro lado, os padrões ecológicos dos machos estão associados ao maior gasto energético referente à necessidade de maiores deslocamentos em busca de parceiras durante o período de acasalamento (Ryser 1992, Gipson & Kamler 2001, Loretto & Vieira 2005). Ao considerar apenas o período em que as fêmeas estão com filhotes no marsúpio ou lactantes para determinar a estação reprodutiva, pode haver perda de informação importante, uma vez que a atividade de busca por fêmeas pelos machos começa antes desse período. Por exemplo, os machos do gambá-de-orelha-preta (*Didelphis aurita*) utilizam áreas de vida diárias maiores, mas com menos intensidade, durante a estação reprodutiva (Loretto & Vieira 2005). Portanto, é mais apropriado considerar o período de acasalamento ou o período de lactação para compreender os padrões ecológicos relacionados à reprodução, como o encontrado para *D. aurita* (Loretto & Vieira 2005).

Ao indicar a data de fecundação de *Philander quica* a partir do tamanho dos filhotes no marsúpio das fêmeas, foi possível estabelecer um período de acasalamento delimitado entre os meses de junho e dezembro e uma estação reprodutiva para a espécie entre os meses de junho e abril. Esse resultado indica que a estação reprodutiva da espécie é praticamente contínua ao longo do ano, mas que o período de acasalamento é mais restrito e coincide com as mudanças no fotoperíodo. Como fêmeas e machos podem apresentar diferenças ecológicas e comportamentais durante a estação reprodutiva e, mais especificamente, em diferentes fases da estação reprodutiva, é importante levar em consideração o período de acasalamento para evitar mascarar padrões ligados à reprodução da espécie, especialmente em relação aos machos.

AGRADECIMENTOS

Aos alunos de graduação e pós-graduação do Laboratório de Vertebrados da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que auxiliaram na coleta de dados em ambos os estudos, e aos funcionários Nélio, Angela, Marcelle, Reginaldo e Caroline. O trabalho foi financiado pelo programa PROBIO II/MCT/MMA/GEF, Instituto Bioatlântica – IBIO, CNPq (Edital Universal e Produtividade em Pesquisa a MVV), FAPERJ (bolsa Cientistas do Nosso Estado a MVV), com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; ACD recebe uma bolsa de Pós-Doutorado (PNPD-PPGEE/UERJ, project number 1631/2018).

REFERÊNCIAS

- Aisengart-Menezes, A. 2010. Demografia do marsupial *Philander frenatus* (Mammalia, Didelphimorphia) em dois fragmentos de Mata Atlântica (Cachoeiras de Macacu, RJ). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 69 p.
- Astúa de Moraes, D., Santori, R., Finotti, R., & Cerqueira, R. 2003. Nutritional and fibre contents of laboratory-established diets of neotropical opossums (Didelphidae). In: M. Jones, C. Dickman, & M. Acher (Orgs.), Predators with pouches: the biology of carnivorous marsupials. p. 229–237. Melbourne, Australia: CSIRO Publishing.
- Atramentowicz, M. 1992. Optimal litter size: does it cost more to raise a large litter in *Caluromys philander*? Canadian Journal of Zoology, 70(8), 1511–1515. DOI: 10.1139/z92-208
- Barros, C. S., Crouzeilles, R., & Fernandez, F. A. S. 2008. Reproduction of the opossums *Micoureus paraguayanus* and *Philander frenata* in a fragmented Atlantic Forest landscape in Brazil: Is seasonal reproduction a general rule for neotropical marsupials? Mammalian Biology, 73(6), 463–467. DOI: 10.1016/j.mambio.2007.08.002
- Bonecker, S. T., Portugal, L. G., Costa-Neto, S. F., & Gentile, R. 2009. A long-term study of small mammal populations in a Brazilian agricultural

- landscape. *Mammalian Biology*, 74, 467-477. DOI: 10.1016/j.mambio.2009.05.010
- Bradshaw, F. J., & Bradshaw D. 2011. Progesterone and reproduction in marsupials: A review. *general and comparative endocrinology*, 170, 18–40. DOI: 10.1016/j.ygcn.2010.07.015
- Bronson, F. H. 2009. Climate change and seasonal reproduction in mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1534), 3331–3340. DOI: 10.1098/rstb.2009.0140
- Cáceres, N. C. 2004. Diet of three didelphid marsupials (Mammalia, Didelphimorphia) in southern Brazil. *Mammalian Biology*, 69(6), 430–433. DOI: 10.1078/1616-5047-00165
- Cáceres, N. C., & Machado, A. F. 2013. Spatial, dietary and temporal niche dimensions in ecological segregation of two sympatric, congeneric marsupial species. *The Open Ecology Journal*, 6, 10–23. DOI: 10.2174/187421300130601001
- Cáceres, N. C., & Monteiro-Filho, E. L. A. 1998. Population dynamics of the common opossum, *Didelphis marsupialis* (Mammalia, Marsupialia), in southern Brazil. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 63, 169-172.
- Castro, E. B. V. de, & Fernandez, F. A. S. 2004. Determinants of differential extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic Forest fragments in Brazil. *Biological Conservation*, 119, 73–80. DOI: 10.1016/j.biocon.2003.10.023
- Ceotto, P., Finotti, R., Santori, R., & Cerqueira, R. 2009. Diet variation of the marsupials *Didelphis aurita* and *Philander frenatus* (Didelphimorphia, Didelphidae) in a rural area of Rio de Janeiro state, Brazil. *Mastozoología Neotropical*, 16(1), 49–58.
- Cerqueira, R. 2005. Fatores ambientais e a reprodução de marsupiais e roedores no leste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, 63(1), 29–39.
- Charles-Dominique, P. 1983. Ecology and social adaptations in didelphid marsupials: comparison with eutherians of similar ecology. In: Eisenberg, J. F. & Kleiman, D. G. (Eds.). *Advances in the study of mammalian behavior*. Shippensburg: American Society of Mammalogist, Special Publication, p. 395-420.
- D'Andrea, P. S., Cerqueira, R., & Hingst, E. D. 1994. Age estimation of the gray four eyed opossum, *Philander opossum* (Didelphimorphia: Didelphidae). *Mammalia*, 58(2), 283–292. DOI: 10.1515/mamm.1994.58.2.283
- Delciellos, A. C. 2011. Efeitos da fragmentação de hábitat sobre os pequenos mamíferos não-voadores da bacia do rio Macacu, RJ, Brasil: de indivíduos à comunidades. Tese de doutorado. Departamento de Zoologia do Museu Nacional/ Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Delciellos, A. C., Barros, C. D. S. D., Prevedello, J. A., Ferreira, M. S., Cerqueira, R., & Vieira, M. V. 2018a. Habitat fragmentation affects individual condition: evidence from small mammals of the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Mammalogy*, 99(4), 936–945. DOI: 10.1093/jmammal/gyy078
- Delciellos, A. C., Borges-Júnior, V. N. T., Prevedello, J. A., Ribeiro, S. E., Braga, C., Vieira, M. V., & Cerqueira, R. 2018b. Seasonality in metacommunity structure: an empirical test in the Atlantic Forest. *Landscape Ecology*, 33(10), 1769–1783. DOI: 10.1007/s10980-018-0701-5
- Delciellos, A. C., Prevedello, J. A., Ribeiro, S. E., Cerqueira, R., & Vieira, M. V. 2019. Negative or positive density-dependence in movements depends on climatic seasons: the case of a neotropical marsupial. *Austral Ecology*, 44(2), 216–222. DOI: 10.1111/aec.12666
- Delciellos, A. C., Ribeiro, S. E., & Vieira, M. V. 2017. Habitat fragmentation effects on fine-scale movements and space use of an opossum in the Atlantic Forest. *Journal of Mammalogy*, 98(4), 1129–1136. DOI: 10.1093/jmammal/gyx043
- Delciellos, A. C., Vieira, M. V., Grelle, C. E. V., Cobra, P., & Cerqueira, R. 2016. Habitat quality versus spatial variables as determinants of small mammal assemblages in Atlantic Forest fragments. *Journal of Mammalogy*, 97(1), 253–265. DOI: 10.1093/jmammal/gyv175
- Fernandez, F. A. S., & Pires, A. 2006. Perspectivas para a sobrevivência dos marsupiais brasileiros em fragmentos florestais: o que sabemos e o que ainda precisamos aprender? In: N. C. Cáceres & E. L. A. Monteiro-Filho (Orgs.), *Os Marsupiais do Brasil: Biologia, Ecologia e Evolução*. p. 391–411. Campo Grande, MS, Brasil: Ed. UFMS.
- Fernandes, F. R., Cruz, L. D., Martins, E. G., & Dos Reis, S. F. 2010. Growth and home range size of the gracile mouse opossum *Gracilinanus microtarsus* (Marsupialia: Didelphidae) in Brazilian Cerrado.

- Journal of Tropical Ecology, 26, 185-192.
- Ferreira, M. S., Vieira, M. V., Cerqueira, R. & Dickman, C. R. 2016. Seasonal dynamics with compensatory effects regulate populations of tropical forest marsupials: a 16-year study. *Oecologia*, 182, 1095.1106. DOI: 10.1007/s00442-016-3735-x
- Figueiredo, A. F. A., Cordeiro, D. A., Nogueira, J. C., Talamoni, S. A., França, L. R., & Costa, G. M. J. 2017. Spermatogenesis in a neotropical marsupial species, *Philander frenatus* (Olfers, 1818). *Animal Reproduction Science*, 184(July), 102–109. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2017.07.004
- Finotti, R., Kurtz, B. C., Cerqueira, R., & Garay, I. 2012. Variação na estrutura diamétrica, composição florística e características sucessionais de fragmentos florestais da bacia do rio Guapiaçu (Guapimirim/Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil). *Acta Botanica Brasilica*, 26(2), 464–475. DOI: 10.1590/S0102-33062012000200022
- Fleming, T. H. 1973. The reproductive cycles of three species of opossums and other mammals in the Panama Canal Zone. *Journal of mammalogy*, 54(2), 439–455. DOI: 10.2307/1379129
- Fonseca, R. N. 2009. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em um trecho de floresta ombrófila densa submontana no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Guapimirim, RJ. Trabalho de Conclusão – Engenharia Florestal. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 53 p.
- Fontúrbel, F. E., Franco, L. M., Bozinovic, F., Quintero-Galvis, J. E., Mejías, C., Amico, G. C., Vazquez, M. S., Sabat, P., Sánchez-Hernández, J. C., Watson, D. M., Saenz-Agudelo, P., & Nespolo, R. F. 2022. The ecology and evolution of the monito del monte, a relict species from the southern South America temperate forests. *Ecology and Evolution*, 12 (e8645), 1.17. DOI: 10.1002/ece3.8645
- Gardner, A. L. 2005. Order Didelphimorphia. In: D. E. Wilson & D. M. Reeder (Orgs.), *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. p. 3–18. Baltimore, US: The Johns Hopkins University Press.
- Gentile, R., D'Andrea, P. S. D., Cerqueira, R., & Maroja, L. S. 2000. Population dynamics and reproduction of marsupials and rodents in a Brazilian rural area: a five-year study, 9. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 35:1, 1–9. DOI: 10.1076/0165-0521(200004)35:1-M;FT001
- Gentile, R., & Cerqueira, R. 1995. Movements patterns of five species of small mammals in a Brazilian restinga. *Journal of Tropical Ecology*, 11, 671.677. DOI: 10.1017/S0266467400009214
- Gentile, R., & Kajin, M. 2015. Estudos empíricos de longo prazo de pequenos mamíferos: a contribuição do professor Rui Cerqueira à biologia de populações. *Oecologia Australis*, 19(1), 1–15. DOI: 10.4257/oeco.2015.1901.01
- Gipson, P. S., & Kamler, J. F. 2001. Survival and home ranges of opossums in Northeastern Kansas. *The Southwestern Naturalist*, 46, 178.182. DOI: 10.2307/3672526
- Guh, Y.-J., Tamal, T. K., & Yoshimura, T. 2019. The underlying mechanisms of vertebrate seasonal reproduction. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 95(7), 343–357. DOI:10.2183/pjab.95.025
- Hinds, L. A., & Loudon, A. S. I. 1997. Mechanisms of seasonality in marsupials: a comparative view. In: N. Saunders & L. Hinds (Orgs.), *Marsupial biology: recent research, new perspectives*. p. 41–70. Sydney, Australia: UNSW Press.
- Hingst, E., D'Andrea, P. S., Santori, R. T., Cerqueira, R., 1998. Breeding of *Philander frenata* in captivity. *Laboratory Animals*, 32, 434–438. DOI: 10.1258/002367798780599875
- ICMBio Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2008. Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Available at <http://www.icmbio.gov.br/portal/component/content/article?id=2196:parna-da-serra-dos-orgaos>.
- Julien-Lafferriere, D., & Atramentowicz, M. 1990. Feeding and reproduction of three didelphid marsupials in two Neotropical forests (French Guiana). *Biotropica*, 22(4), 404–415. DOI: 10.2307/2388558
- Kovach, W. L. 2011. *Oriana – Circular Statistics for Windows*. Version 4.02. Kovach Computing Services.
- Lee, A. K. & Cockburn, A. 1985. *Evolutionary ecology of marsupials*. London: Cambridge University Press.
- Leiner, N. O., Setz, E. Z. F., & Silva, W. R., 2008. Semelparity and factors affecting the reproductive activity of the Brazilian

- slender opossum (*Marmosops paulensis*) in southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy*, 89(1), 153–158. DOI: 10.1644/07-MAMM-A-083.1
- Lopes, G. P., & Leiner, N. O. 2015. Semelparity in a population of *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae) inhabiting the Brazilian cerrado. *Mammalian Biology*, 80(1), 1–6. DOI: 10.1016/j.mambio.2014.08.004
- Loretto, D. 2012. Ecologia de pequenos mamíferos arborícolas: estado do conhecimento, métodos de amostragem e estudo populacional, com ênfase no bioma da Mata Atlântica. Tese de Doutorado, Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. p. 197.
- Loretto, D., & Vieira, M. V. 2005. The effects of reproductive and climatic seasons on movements in the black-eared opossum (*Didelphis aurita* Wied-Neuwied, 1826). *Journal of Mammalogy*, 86(2), 287–293. DOI: 10.1644/BEH-117.1
- Macedo, L., Fernandez, F. A. S., & Nessimian, J. L. 2010. Feeding ecology of the marsupial *Philander frenatus* in a fragmented landscape in Southeastern Brazil. *Mammalian Biology*, 75(4), 363–369. DOI: 10.1016/j.mambio.2009.06.004
- Macedo, J., Loretto, D., Mello, M. C. S., Freitas, S. R., Vieira, M. V. & Cerqueira, R. 2007. História natural dos mamíferos de uma área perturbada do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. In: C. Cronemberger & E. B. Viveiros de Castro (Eds.) *Ciência e Conservação na Serra dos Órgãos*, pp 165.182. Brasília: Ibama.
- Macedo, J., Loretto, D., Vieira, M. V., & Cerqueira, R. 2006. Classes de desenvolvimento em marsupiais: um método para animais vivos. *Mastozoología Neotropical*, 13(1), 133–136.
- Martins, E. G., Bonato, V., Silva, C. Q., & Reis, S. F. 2006. Seasonality in reproduction, age structure and density of the gracile mouse opossum *Gracilinanus microtarsus* (Marsupialia: Didelphidae) in a Brazilian cerrado. *Journal of Tropical Ecology*, 22(4), 461–468. DOI: 10.1017/S0266467406003269
- McNeilly, A. S. 2001. Lactational control of reproduction. *Reproduction, Fertility and Development*, 13(7-8), 583–590. DOI:10.1071/rd01056
- Nimer, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. 2nd ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: p. 421.
- Pardo, C. S., Terra, G., Neri, A. C. A. & da Silva Matos, D. M., 2007. Florística do componente arbóreo de um trecho de floresta do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Teresópolis, RJ. *Revista Brasileira de Biociências* 5, 792–794.
- Parrott, M.L., Edwards, A.M. 2023. Reproductive strategies and biology of the Australasian marsupials. In: Cáceres, N.C., Dickman, C.R. (eds) *American and Australasian Marsupials*. p. 1–49. Switzerland: Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-88800-8_37-1
- Passamani, M. 2000. Análise da comunidade de marsupiais em Mata Atlântica de Santa Teresa, Espírito Santo. *Boletim do Museu da Biologia Mello Leitão*, 11(12), 215–228.
- Patton, J. L., & Costa, L. P. 2003. Molecular phylogeography and species limits in rainforest didelphid marsupials of South America. In: M. E. Jones, C. R. Dickman, & M. Archer (Orgs.), *Predators with pouches: the biology of carnivorous marsupials*. p. 63–81. Melbourne, Australia: CSIRO Publishing.
- Quental, T.B., Santos, F. A., Dias, A. T. C., & Rocha, F. S. 2001. Population dynamics of the marsupial *Micoureus demerarae* in small fragments of Atlantic Coastal Forest in Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 17(3), 339–352. DOI: 10.1017/S0266467401001237
- Renfree, M. B. 1983. Marsupial reproduction: the choice between placentation and lactation. In: *Oxford Reviews of Reproductive Biology* 5. p. 1–29. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Ryser, J. 1992. The mating system and male mating success of the Virginia opossum (*Didelphis virginiana*) in Florida. *Journal of Zoology* (London), 228, 127.139.
- Santori, R. T., Moraes, D. A., Grelle, C. E., & Cerqueira, R. 1997. Natural diet at a restinga forest and laboratory food preferences of the opossum *Philander frenata* in Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 32, 12–16.
- Shaw, G. 2006. Reproduction. In Armati, P. J., Dickman, C. R., & Hume, I. D. (eds.) *Marsupials*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sousa, C. E., Da Silveira, Cruz-Machado S. S., & Tamura, E. K. 2008 Os ritmos circadianos e a reprodução em mamíferos. *Boletim do Centro de Biologia da Reprodução da UFJF*, 26, 15.21.
- Tyndale-Biscoe, H., & Renfree, M. 1987. *Reproductive physiology of marsupials*. Cambridge, United

- Kingdom: Cambridge University Press: 476 p.
- van Rosmalen, L., van Dalum, J., Appenroth, D., Roodenrijs, R. T. M., de Wit, L., Hazlerigg, D. G. & Hut, R. A. 2021. Mechanisms of temperature modulation in mammalian seasonal timing. *The FASEB Journal*, 35, e21605. DOI: 10.1096/fj.202100162R
- Vieira E. M., de Camargo N. F., Colas P. F., Ribeiro J. F., Cruz-Neto A. P. 2017. Geographic variation in daily temporal activity patterns of a neotropical marsupial (*Gracilinanus agilis*). *PLoS ONE*. 12(1), e0168495. DOI: 10.1371/journal.pone.0168495
- Vieira, M. V., Olifiers, N., Delciellos, A. C., Antunes, V. Z., Bernardo, L. R. R., Grelle, C. E., & Cerqueira, R. 2009. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. *Biological Conservation*, 142(6), 1191–1200. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.02.006
- Voss, R. S., Díaz-Nieto, J. F., & Jansa, S. A. & Angermann, R. 2018. A revision of *Philander* (Marsupialia: Didelphidae), Part 1: *P. quica*, *P. canus*, and a new species from Amazonia. *American Museum Novitates*, 3891, 1–70. DOI: 10.1206/3891.1
- Zar, J. H. 2010. *Biostatistical analysis*. 5. ed. New Jersey, Pearson Prentice Hall. 944p.

Submitted: 01 June 2022

Accepted: 03 April 2023

*Associate Editors: Alan Braz,
Camila Barros, Mariana Ferreira*