Oecologia Australis
19(1): 195-214, 2015
10.4257/oeco.2015.1901.13

DINÂMICA POPULACIONAL DE *CERRADOMYS GOYTACA* TAVARES, PESSÔA E GONÇALVES, 2011 (RODENTIA: CRICETIDAE), UMA ESPÉCIE ENDÊMICA DE RESTINGAS

Hudson de Macedo Lemos[1, 2] and Pablo Rodrigues Gonçalves[1]*

[1] Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Campus Macaé, Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Socioambiental de Macaé (NUPEM). Av. São José do Barreto, 764, Bairro Barreto, Macaé, RJ. CEP: 27965-045.
[2] Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Campus Macaé, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação (PPG-CiAC). Av. São José do Barreto, 764, Bairro Barreto, Macaé, RJ. CEP: 27965-045.
E-mail: prg@acd.ufrj.br

RESUMO

As restingas são planícies arenosas costeiras que abrigam ecossistemas peculiares devido às suas condições edáficas e microclimáticas. Estas condições favorecem a dominância de espécies vegetais adaptadas a condições áridas e semi-áridas, mesmo sob climas tropicais e subtropicais úmidos, limitando a riqueza de pequenos mamíferos neotropicais. Com poucas restingas estudadas em termos de dinâmica populacional de seus pequenos mamíferos, pouco se sabe sobre as influências das condições ambientais destas fisionomias na ecologia destes animais. Neste estudo descrevemos a dinâmica populacional de *Cerradomys goytaca*, um roedor endêmico de restingas, a partir de um monitoramento de captura-marcação-recaptura de três anos (2011-2014) no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. Investigamos os possíveis efeitos das chuvas na variação do tamanho populacional testando diferentes níveis de defasagem na resposta à precipitação e suas relações com a taxa de sobrevivência e com o tamanho populacional prévio. Avaliamos também até que ponto a estratégia demográfica de *C. goytaca* refletiria uma possível especialização às condições ambientais das restingas. *Cerradomys goytaca* apresentou elevadas taxas de sobrevivência entre trimestres e flutuações populacionais sazonais, com picos populacionais durante a estação seca, conforme observado em roedores de Mata Atlântica. O modelo de variação do tamanho populacional selecionado corroborou a importância do efeito tardio da precipitação na dinâmica populacional, mas propôs que a estiagem dois meses antes da campanha, e não o excesso de chuvas, determinou aumentos na sobrevivência e na abundância de *C. goytaca*, sugerindo a possibilidade alternativa de que a flutuação populacional desta espécie estivesse ligada a recursos com disponibilidade favorecida pela estiagem. Combinando elevada sobrevivência média, flutuação populacional sutil e influência negativa das chuvas no crescimento populacional, *C. goytaca* apresenta uma bionomia peculiar e ligeiramente distinta em relação a outras espécies de pequenos mamíferos em restingas, o que a coloca como um interessante modelo para se estudar o papel das singularidades ecológicas das restingas em sua mastofauna.

Palavras-chave: ecologia de populações; fatores climáticos; parâmetros demográficos; sazonalidade.

ABSTRACT - POPULATION DYNAMICS OF *CERRADOMYS GOYTACA* TAVARES, PESSÔA AND GONÇALVES, 2011 (RODENTIA: CRICETIDAE), A SPECIES ENDEMIC TO BRAZILIAN COASTAL SANDY PLAINS.

Restingas are coastal sandy plains that harbor peculiar ecosystems due to their soil and microclimates. These conditions favor the dominance of arid and semi-arid adapted plant species, even under humid tropical and subtropical climates, limiting the species richness of Neotropical small mammals. As the population dynamics of small mammals have been studied in only a few restingas, the influences of the environmental conditions of these physiognomies on mammal populations remain largely unknown. In this paper we describe the population dynamics of a restinga endemic rodent, *Cerradomys goytaca*, based on a capture-mark-recapture three-year study (2011-2014) conducted in the Restinga de Jurubatiba National Park, located in the northern littoral of Rio de Janeiro state. We investigated the putative effects of rainfall on population growth rate by testing different time-lag responses to precipitation and their relations with survival rates and previous population sizes. We also evaluated whether the demographic strategy of *C. goytaca* represent a putative specialization to the environmental conditions of restingas. *Cerradomys goytaca* exhibited relatively high survival rates between trimesters and seasonal population size fluctuations, with population peaks during the dry season, as observed in Atlantic forest small mammals. The best-fit model of population size variation corroborated the importance of a two-month time-lag effect of rainfall on population dynamics, but indicated a negative correlation of population size variation and survival rate with precipitation, suggesting that the population fluctuation of *C. goytaca* might be closely associated to the availability of resources positively influenced by dry periods. By combining a relatively high survival rate, a subtle population fluctuation and a negative time-lag influence of rainfall on population growth, *C. goytaca* exhibits a peculiar and slightly different demographic strategy in relation to the ones seen in other small mammals at similar physiognomies, suggesting this species as an interesting model to study the roles of the ecological singularities of restingas on its mammals.
Keywords: climatic factors; demographic parameters; population ecology; seasonality.

INTRODUÇÃO

As restingas são planícies litorâneas criadas pela deposição de extensos cordões arenosos durante as transgressões marinhas do Quaternário, estando geralmente associadas às fozes de rios e às zonas de interface flúvio-marinha (Suguio e Tessler 1984). Abrigam um mosaico peculiar de ecossistemas terrestres, pois apesar de se encontrarem sob climas tropicais e subtropicais, apresentam solos arenosos que não favorecem a retenção de água, gerando condições de estresse hídrico e salinidade que levam à dominância de espécies vegetais adaptadas a condições áridas e semi-áridas (Araújo *et al.* 1984). Ao longo de boa parte do sudeste brasileiro, as restingas se encontram em zonas climáticas caracterizadas por forte sazonalidade de chuvas (Alvarez *et al*. 2013), fator que aliado às características edáficas locais limita ainda mais a disponibilidade de água ao longo do tempo. Nas áreas mais secas de restinga, a vegetação pode se estruturar em "ilhas" dominadas por cactáceas e espécies facilitadoras (*Clusia hilariana*, *Allagoptera arenaria*, *Protium icicariba*), que propiciam a

ocupação por outras espécies menos resistentes às elevadas temperaturas e luminosidade (Araújo *et al.* 2004). Contudo, poucas espécies de pequenos mamíferos conseguem viver exclusivamente nestes ambientes (Bergallo *et al*. 2004).

A precipitação constitui um importante fator extrínseco de regulação das populações de mamíferos, especialmente em espécies com curto tempo de geração e rápida resposta demográfica às mudanças ambientais, como é o caso dos roedores da subfamília Sigmodontinae (Cerqueira 2005). As correlações entre a variação anual de precipitação e as dinâmicas populacionais destes roedores sugerem um modelo geral onde as chuvas influenciam positivamente a produção de recursos alimentares (ex. frutos, insetos), garantindo maiores chances de sobrevivência às proles nascidas na estação chuvosa e contribuindo para um incremento da população no final da estação chuvosa ou início da estação seca (Fonseca e Kierulff 1989, Bergallo e Magnusson 1999). Embora este padrão seja aparente em várias espécies de roedores da Mata Atlântica (Fonseca e Kierulff 1989, Bergallo e Magnusson 1999, Feliciano *et al.* 2002) e da Caatinga (Cerqueira *et al.* 1989, Sobral e Oliveira, 2014), poucos estudos avaliaram as dinâmicas populacionais de espécies especializadas na ocupação de restingas.

Cerqueira e cols. iniciaram uma importante série pioneira de estudos ecológicos de mamíferos em restingas, abordando vários aspectos da comunidade de mamíferos da Restinga da Barra de Maricá (Cerqueira *et al*. 1990, 1993, Cerqueira 2000a, 2000b). Dentre estes, Cerqueira *et al.* (1993) constitui até hoje um dos poucos estudos populacionais de longa duração de pequenos mamíferos já realizado em restingas, avaliando as relações entre fatores climáticos e dinâmicas populacionais. As espécies de roedores e marsupiais estudadas em Maricá exibiram flutuações populacionais substanciais, mas sem correlações significativas com a sazonalidade local de chuvas, não corroborando a influência esperada da precipitação na dinâmica populacional (Cerqueira *et al*. 1993). Entretanto, estes estudos contemplaram as respostas demográficas apenas de táxons amplamente distribuídos no leste brasileiro ou restritos às formações florestais de restingas, uma vez que não eram conhecidos mamíferos endêmicos a estas fisionomias litorâneas. Recentemente, com a descrição das primeiras espécies endêmicas de restingas (Fernandes *et al*. 2007, Tavares *et al*. 2011), tornou-se possível reavaliar a singularidade ecológica de táxons mais especializados na ocupação destas fisionomias, como o roedor *Cerradomys goytaca* Tavares, Pessôa e Gonçalves, 2011 (Figura 1c).

Cerradomys goytaca compartilha ancestralidade comum com espécies habitantes de formações abertas do interior do Brasil (*C. langguthi*, *C. subflavus*, *C. vivoi*) e, ao contrário da maior parte dos pequenos mamíferos ocorrentes em restingas, habita preferencialmente as ilhas de vegetação arbustiva onde a disponibilidade de água é um fator limitante (Bergallo *et al.* 2004, Tavares *et al.* 2011). Nestes ambientes, *C. goytaca* é localmente comum (Bergallo *et al*. 2005), participando de diversos pro-

cessos ecológicos, tais como consumo e dispersão de sementes (Grenha *et al*. 2010), parasitismo (Martins-Hatano *et al.* 2011) e predação por outros vertebrados de maior porte (Raíces e Bergallo 2012). A área de ocupação de *C. goytaca* é relativamente reduzida, se restringindo somente às restingas entre as fozes dos rios Macaé e Itabapoana no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo (Tavares *et al*. 2011). Tendo em vista suas preferências de habitat e distribuição geográfica, *Cerradomys goytaca* parece constituir um interessante modelo para se estudar possíveis adaptações à vida nas formações mais áridas da restinga, embora ainda existam poucas informações sobre a dinâmica populacional da espécie.

Neste estudo pretendemos descrever a dinâmica populacional de *C. goytaca* a partir de um monitoramento de captura-marcação-recaptura conduzido ao longo de três anos no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, fornecendo informações sobre sua abundância, reprodução e taxas de sobrevivência ao longo do tempo. Procuramos também investigar os possíveis efeitos da precipitação na dinâmica da população de *C. goytaca* com diferentes níveis de defasagem, prevendo que estes efeitos seriam tardios e positivos no tamanho populacional, devido à maior taxa de sobrevivência propiciada pelas chuvas durante fases em que a densidade populacional seria baixa. Finalmente, avaliamos se as peculiaridades de *C. goytaca* reveladas no estudo de sua dinâmica populacional representariam possíveis especializações às condições ambientais das restingas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Esse estudo foi conduzido no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, situado na costa norte do estado do Rio de Janeiro, onde ocupa territórios dos municípios de Carapebus, Quissamã e Macaé (Figura 1a). As restingas brasileiras vêm sofrendo intensa supressão devido aos processos de ocupação e uso do solo (e.g. urbanização, monoculturas, pecuária e áreas industriais) (Rocha *et al*. 2004, Galindo-Leal e Câmara 2005). O litoral fluminense era quase totalmente coberto por restingas originalmente, mas encontra-se hoje com somente 104 mil hectares remanescentes, sendo apenas 35,5% desta área protegida por Unidades de Conservação. Dos 21 remanescentes de restinga no Estado do Rio de Janeiro, a restinga de Jurubatiba é o maior, possuindo 14.838 hectares protegidos pelo Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Rocha *et al*. 2007).

O presente estudo foi conduzido na Formação Arbustiva Aberta de *Clusia* (FAAC) (22º15'54"S, 41º38'15"O), composta por moitas densas de vegetação intercaladas por espaços de areia onde a cobertura vegetal é esparsa (Figura 1b). As espécies vegetais de maior importância são *Clusia hilariana* (abaneiro-da-praia), *Protium icicariba* (breu), *Erythroxylum subsessile*, *Eugenia rotundifolia,* além da palmeira-guriri *Allagoptera arenaria* (Zaluar e Scarano 2000).

O clima da região é classificado como tropical - Aw (Alvares *et al.* 2014) - com chuvas distribuídas de forma sazonal, apresentando uma estação seca

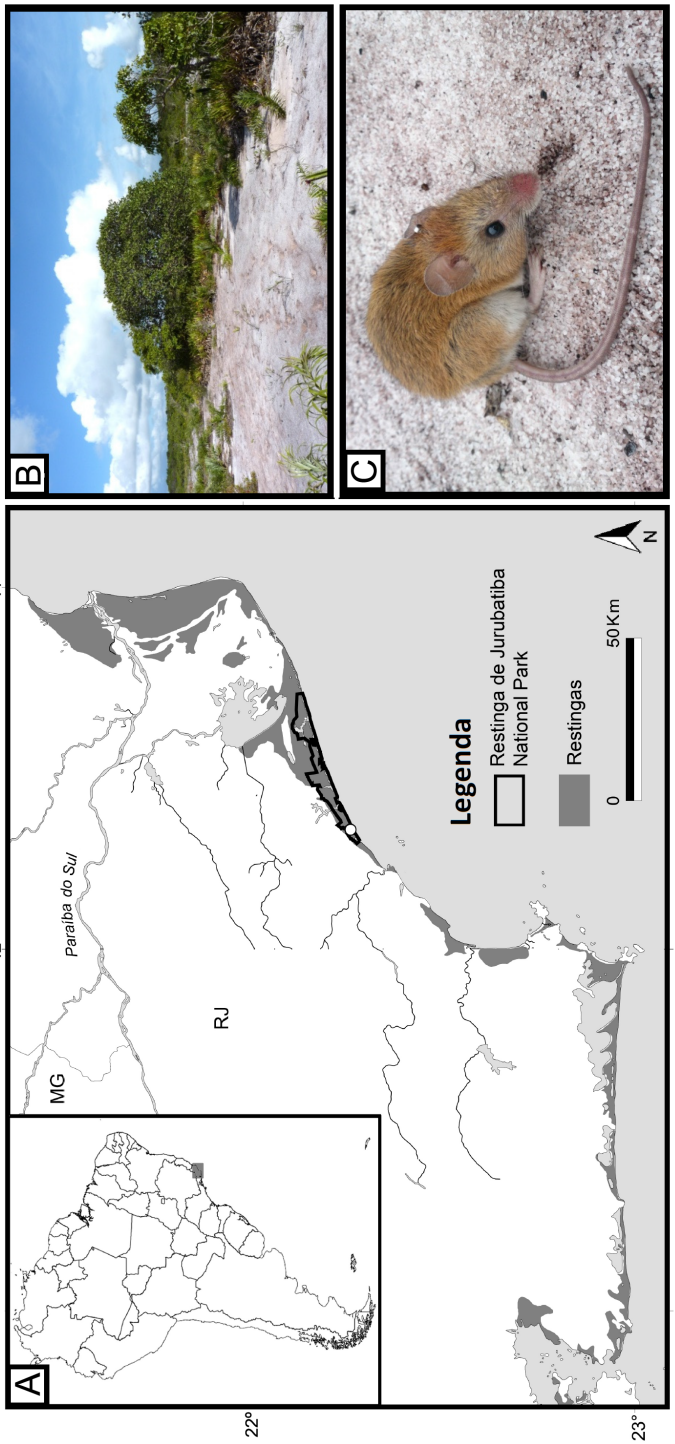

Figura 1. (A) Localização das Restingas no norte do Estado do Rio de Janeiro e limites do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba; (B) aspecto da vegetação onde os transectos em Formação arbustiva aberta de *Clusia* foram estabelecidos; (C) espécie de roedor estudada, *Cerradomys goytaca* (Foto: Daniel S. Almada).

Figure 1. *(A) Location of Restingas in northern Rio de Janeiro state and limits of the Restinga de Jurubatiba National Park; (B) type of vegetation structure found in the oppen shrubby* Clusia *formation where trapping transects were implemented; (C) species studied,* Cerradomys goytaca *(Image: Daniel S. Almada).*

entre maio e agosto e uma estação chuvosa entre outubro e abril (Figura 2). De acordo com os dados climáticos obtidos no INMET, as precipitações mensais acumuladas apresentaram variação substancial durante o período de estudo, registrando mínima de 1,2 mm em maio de 2014 e máxima de 234,1 mm em dezembro de 2013 (coeficiente de variação = 96%). As precipitações anuais acumuladas também variaram entre os três anos estudados, especificamente devido às diferenças de chuvas nas estações secas. O ano de 2011 apresentou a estiagem mais pronunciada no período de estudo, acumulando somente 741,5 mm, enquanto o ano de 2013 se apresentou mais chuvoso na estação seca, acumulando 1128,4 mm. A temperatura média mensal variou entre 21,3ºC em julho e 28,1ºC em março (coeficiente de variação = 8,5%) (Figura 3a).

Amostragem

A população de *C. goytaca* (Figura 1c) foi estudada através do método de captura-marcação-recaptura (Krebs 1998), sendo amostrada trimestralmente entre maio de 2011 e maio de 2014 ao longo de 13 campanhas, cada uma com duração de sete noites seguidas. As capturas ocorreram ao longo de dois transectos lineares de 400 m contendo 20 estações de captura, cada uma constituída por duas armadilhas de captura-viva, uma Sherman® (30 cm x 8 cm x 9

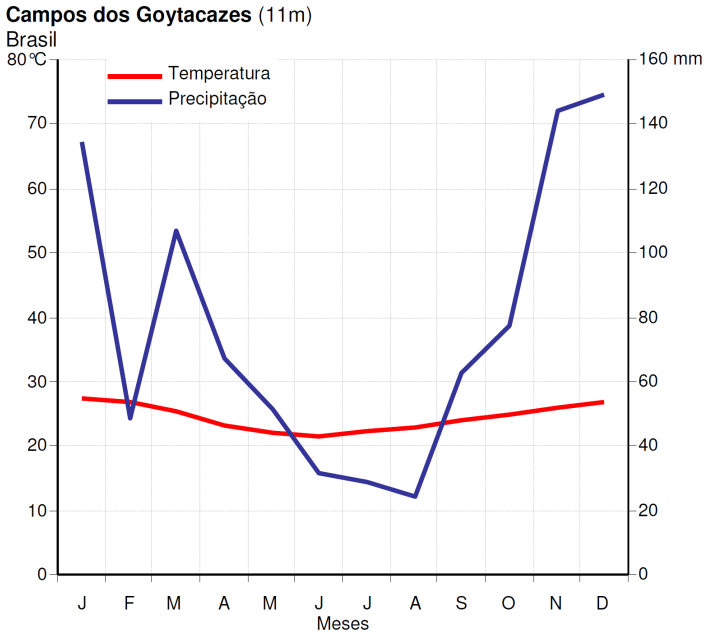

Figura 2. Diagrama ombrotérmico de Farol de São Tomé, município de Campos dos Goytacazes, sudeste do Brasil (1992-2013 OMM: 83698- INMET).
Figure 2. *Ombrothermic diagram of Farol de São Tomé, Campos dos Goytacazes municipality, Southeastern Brazil (1992-2013 OMM: 83698- INMET).*

cm) e outra Tomahawk® (45 cm x 16 cm x 16 cm). As armadilhas foram dispostas no interior das ilhas de vegetação à altura do chão, salvo em algumas poucas estações onde as armadilhas foram instaladas em galhos de *Clusia hilariana* a 1,0–1,5 m do chão. Todas as armadilhas foram iscadas com uma mistura de banana, sardinha, flocos de milho, amendoim e mandioca para atração dos roedores, sendo diariamente conferidas e reabastecidas de iscas durante as manhãs dos sete dias de campanha. Cada indivíduo capturado foi identificado taxonomicamente e marcado com brinco numerado (modelo 1005-1, National Band e Tag, Inc.), tendo as seguintes informações registradas: estação de captura, tipo de armadilha, sexo, mensurações corporais (comprimentos do corpo, da cauda e do pé, segundo DeBlase e Martin (1981)), massa corporal (g), classificação etária e condições reprodutivas. Os procedimentos de captura e manuseio dos animais foram aprovados pelo Comitê de Ética de Uso Animal em Experimentação do Campus UFRJ-Macaé e as licenças e autorizações necessárias para coleta e pesquisa no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba foram concedidas pelo ICMBio (licenças 17418 e 26546).

Condição reprodutiva e estrutura etária

A determinação da condição reprodutiva foi baseada nas características externas das gônadas e mamilos, sendo considerados indivíduos em atividade reprodutiva os machos que apresentavam testículos na bolsa escrotal vascularizada e as fêmeas sem membrana vaginal, com evidência de lactação ou grávidas. Como proposto por Bergallo (1995), a classificação etária foi feita utilizando o comprimento do corpo mínimo dos indivíduos reprodutivos, de forma a serem considerados jovens os indivíduos menores que o menor macho ou que a menor fêmea em atividade reprodutiva. Para investigar se ocorreram desvios na razão sexual, foi feito um teste de qui-quadrado com correção de Yates a partir do número total de indivíduos capturados em todo o período de estudo. Para averiguar se houve oscilação na estrutura etária e reprodutiva das populações em função das estações climáticas, foi feito um teste de Mann-Whitney-Wilcoxon a partir da proporção de jovens e indivíduos reprodutivamente ativos por campanha.

Estimativas de tamanho populacional e sobrevivência

As estimativas de tamanho populacional (*N*) das 13 campanhas foram feitas com base no número mínimo de indivíduos vivos (MNA, Krebs 1998). O MNA assume uma população fechada, sem mortes, nascimentos, imigração ou emigração, e ausência de variação na chance de captura dos indivíduos, premissas dificilmente atendidas pela maior parte dos estudos de captura-marcação-recaptura (Gentile e Fernandez 1999). Entretanto, Pacheco *et al.* (2013) demonstraram que as abundâncias de pequenos mamíferos estimadas pelo MNA são concordantes com as geradas pelos métodos probabilísticos, que por sua vez requerem uma quantidade maior de dados, para garantir seleções robustas de modelos mais complexos de estimativa de tamanho populacional. Deste mo-

do, o uso do MNA como um índice de tamanho populacional pareceu uma opção adequada para o presente estudo, especialmente considerando o pouco volume de dados. A taxa de variação per capita no tamanho populacional (Previtali *et al*. 2009) foi calculada como:

$$R_t = \log_e(N_t) - \log_e(N_{t-1}),$$

onde N_t é a abundância na campanha t e N_{t-1} é a abundância na campanha anterior à campanha t.

As estimativas de sobrevivência aparente (ϕ) e de probabilidade de captura (p) ao longo de todo o período de estudo foram obtidas através do método para populações abertas Jolly-Seber (JS) (Jolly 1965, Seber 1965) utilizando o programa Mark 6.2 (Cooch e White 2011). Nestas estimativas, a ocorrência de variação temporal na sobrevivência e na probabilidade de captura dos indivíduos foi testada comparando modelos alternativos. O modelo nulo considerou a sobrevivência e a probabilidade de captura constantes ao longo do tempo ($\phi(.)p(.)$), enquanto os modelos alternativos assumiram um efeito temporal somente na sobrevivência ($\phi(t)p(.)$), somente na probabilidade de captura ($\phi(.)p(t)$), ou em ambos ($\phi(t)p(t)$). A comparação entre estes quatro modelos de estimativa de sobrevivência foi feita com bases nos valores de Critério de Informação Akaike corrigido para amostras pequenas (AICc), optando pelo modelo com menor valor de AICc para gerar as estimativas de sobrevivência e probabilidade de captura. Diferenças de AICc (ΔAICc) iguais ou maiores do que dois foram consideradas como suficientes para a seleção entre modelos concorrentes (Burnham e Anderson 2004).

Influência da precipitação na variação do tamanho populacional

Para se testar os efeitos da precipitação na dinâmica populacional nós consideramos a taxa de variação do tamanho populacional (R_t) registrada em uma campanha t como dependente da taxa de sobrevivência no intervalo adjacente à campanha t (ϕ_t), do tamanho prévio da população (N_{t-1}) e da precipitação acumulada em um dado intervalo de 30 dias com diversos níveis de defasagem em relação à campanha t (0 a 150 dias: Ppt_t–Ppt_{t-150}). Estes termos foram combinados em uma série de sete modelos de regressão linear representando diferentes hipóteses quanto aos efeitos da precipitação no crescimento populacional e quanto ao nível de defasagem destes efeitos:

(1) $$R_t = \alpha + \beta_{\phi t}\phi_t + \beta_{Nt-1}N_{t-1} + \varepsilon_t$$

(2) $$R_t = \alpha + \beta_{\phi t}\phi_t + \beta_{Nt-1}N_{t-1} + \beta_{Pptt}Ppt_t + \varepsilon_t$$

(3) $$R_t = \alpha + \beta_{\phi t}\phi_t + \beta_{Nt-1}N_{t-1} + \beta_{Pptt-30}Ppt_{t-30} + \varepsilon_t$$

(4) $$R_t = \alpha + \beta_{\phi t}\phi_t + \beta_{Nt-1}N_{t-1} + \beta_{Pptt-60}Ppt_{t-60} + \varepsilon_t$$

(5) $$R_t = \alpha + \beta_{\phi t}\phi_t + \beta_{Nt-1}N_{t-1} + \beta_{Pptt-90}Ppt_{t-90} + \varepsilon_t$$

(6) $$R_t = \alpha + \beta_{\phi t}\phi_t + \beta_{Nt-1}N_{t-1} + \beta_{Pptt-120}Ppt_{t-120} + \varepsilon_t$$

(7) $$R_t = \alpha + \beta_{\phi t}\phi_t + \beta_{Nt-1}N_{t-1} + \beta_{Pptt-150}Ppt_{t-150} + \varepsilon_t$$

onde α representa o ponto de interceptação da reta na variável dependente, β_k os coeficientes de regressão associados aos k termos independentes da regressão e ε_t os erros residuais associados.

Todos os modelos comparados tiveram como termos independentes a taxa de sobrevivência e o tamanho pretérito da população por serem parâmetros com influência direta no crescimento populacional. O modelo 1 foi o mais simples e não incorporou a precipitação mensal entre os termos independentes, representando a hipótese nula de que a taxa de crescimento populacional de *C. goytaca* não seria influenciada significativamente pela precipitação em qualquer período, podendo ser descrita a partir da combinação da sobrevivência e do tamanho prévio da população. Já o modelo 2 representa a hipótese de que a precipitação acumulada ao longo dos 30 dias anteriores ao primeiro dia da campanha (Ppt_t), combinada à sobrevivência e ao tamanho prévio da população, teria efeitos significativos no crescimento populacional. Os modelos 3 a 7 também incluíram a precipitação como fator determinante, mas representando diferentes níveis de defasagem (30, 60, 90, 120 e 150 dias, respectivamente) entre as chuvas acumuladas em intervalos de 30 dias e seus efeitos na variação do tamanho da população. A maior defasagem assumida foi de 150 dias tendo em vista o intervalo máximo observado entre meses de estações climáticas distintas (ca. 180 dias).

Os sete modelos acima foram comparados com base em seus valores de AICc, seguindo o mesmo procedimento adotado na seleção de modelos para estimativa de sobrevivência. Relações bivariadas entre as variáveis preditoras no melhor modelo selecionado foram exploradas por meio de correlações de Spearman. Todas as regressões múltiplas foram computadas no programa R 3.1.1 (R Core Team 2014), utilizando funções dos pacotes MASS (Venables e Ridley 2002) e AICmodeavg. Todos os dados de precipitação acumulada e temperatura compensada média foram obtidos da estação climática de Campos dos Goytacazes/RJ (Instituto Nacional de Meteorologia).

RESULTADOS

O esforço de 7.280 armadilhas-noite ao longo das treze campanhas resultou em 212 capturas, proporcionando um sucesso de captura de 2,9%. *Cerradomys goytaca* foi a espécie mais abundante na Formação Aberta Arbustiva de *Clusia*, com 117 indivíduos capturados em 205 eventos de captura. Apenas quatro eventos de captura ocorreram a 1–2 m do solo, em árvores de *Clusia*, embora o esforço de amostragem no estrato superior das ilhas de vegetação tenha sido limitado. O marsupial didelfídeo *Marmosa paraguayana* também foi registrado nesta formação, mas esteve representado por apenas sete capturas em ilhas de vegetação mais próximas a formações florestais adjacentes. Dentre os 117 indivíduos de *C. goytaca* marcados, 95 (81,2%) foram recapturados ao longo de uma mesma campanha, enquanto 22 (18,8%) indivíduos foram recapturados em duas ou mais campanhas com seis meses ou mais de intervalo. A maior permanência registrada na

área de estudo foi de 18 meses para um macho capturado em múltiplas ocasiões entre 2011 e 2012. A razão sexual geral não diferiu de 1:1 no período de estudo ($\chi^2 = 0,333$; gl = 1; $P = 0,5637$).

As maiores abundâncias de *Cerradomys goytaca* foram registradas na estação seca dos três anos, geralmente no mês de agosto quando os maiores picos populacionais foram mais evidentes (Figura 3b). O pico populacional de 2011 apresentou a maior duração, adentrando a estação chuvosa até novembro. Decréscimos populacionais ocorreram logo após os picos anuais, procedendo até o final da estação chuvosa, em fevereiro, nos três anos. A menor abundância de todo o estudo foi observada em fevereiro de 2014 ($N = 1$). Comparações interanuais entre meses equivalentes mostraram anos mais populosos do que outros. As abundâncias registradas em 2011 foram em geral superiores às registradas nos anos seguintes, e os menores valores foram observados em 2014. O coeficiente de variação do tamanho populacional foi de 61% entre anos, 50,1% entre estações seca e chuvosa, e 56,6% entre as 13 campanhas (Figura 3b).

O modelo de estimativa de sobrevivência em populações abertas que melhor se ajustou aos dados e que se mostrou mais verossímil ($w = 0,93$) foi aquele que incluiu um efeito temporal tanto nas taxas de sobrevivência como nas probabilidades de captura dos indivíduos (ϕ(t)p(t)) (Tabela 1). As taxas de sobrevivência de *C. goytaca* na área de estudo foram relativamente altas, atingindo valores máximos nas campanhas anteriores aos picos populacionais nos anos de 2012 e 2013, geralmente no início da estação seca (Figura 3b). Após a ocorrência de picos populacionais, os valores de sobrevivência tenderam a declinar e se mantiveram mais baixos ao longo da estação chuvosa. As probabilidades de captura e recaptura de indivíduos diminuíram apenas entre os meses de fevereiro e maio em 2012 e 2013 (Tabela 2), que representaram períodos de transição entre o final da esta-

Tabela 1. Comparação entre modelos de estimativa de sobrevivência de *Cerradomys goytaca* no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba representando possíveis efeitos temporais na sobrevivência (ϕ) e na probabilidade de captura dos indivíduos (p). O modelo ϕ(t)p(t) se mostrou melhor ajustado aos dados apresentando o menor valor de AICc e a maior verossimilhança relativa (w).
Table 1. *Comparison among models of survival estimates for* Cerradomys goytaca *in the Restinga de Jurubatiba National Park representing temporal effects on survival (ϕ) and on probability of capture of individuals (p). Model ϕ(t)p(t) best fit the data, presenting lowest AICc value and highest Akaike weigth (w).*

Modelo	AICc	ΔAICc	w
ϕ(t)p(t)	**165,82**	**0**	**0,93**
ϕ(.)p(.)	170,95	5,13	0,07
ϕ(t)p(.)	178,45	12,63	0,00
ϕ(.)p(t)	181,01	15,19	0,00

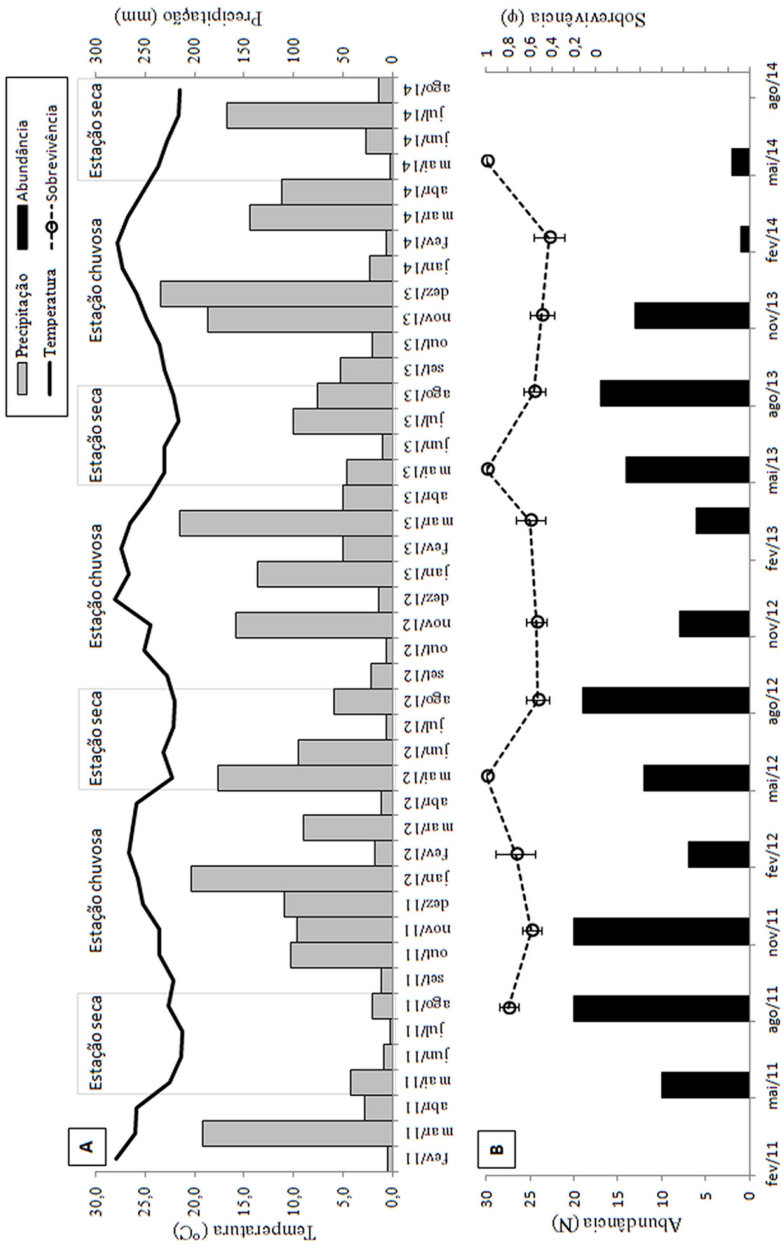

Figura 3. (A) Precipitação mensal acumulada e Temperatura média mensal registradas entre fevereiro de 2011 e agosto de 2014 no município de Campos dos Goytacazes/RJ (OMM: 83698- INMET); (B) Abundâncias populacionais (*N*) e Sobrevivência (ϕ) do roedor *Cerradomys goytaca* estimadas entre os períodos de maio de 2011 e maio de 2014 no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Estado do Rio de Janeiro.

Figure 3. *(A) monthly cumulated rainfall and monthly mean temperatures recorded between February 2011 and August 2014 in Campos dos Goytacazes municipality/RJ (OMM: 83698- INMET); (B) Estimates of population size (N) and survival rate (ϕ) of the rodent Cerradomys goytaca between May 2011 and May 2014 in Restinga de Jurubatiba National Park, Rio de Janeiro state.*

ção chuvosa e início da estação seca e de incrementos na taxa de sobrevivência. Nos demais períodos a probabilidade de captura dos indivíduos se manteve alta (Tabela 2).

Dentre todos os indivíduos capturados no estudo, 16% foram considerados juvenis. O comprimento corporal mínimo observado em indivíduos reprodutivos foi de 104 mm para os machos e 105 mm para as fêmeas. A proporção de jovens não apresentou qualquer variação significativa entre as estações seca e chuvosa ao longo do período de estudo (teste Mann-Whitney-Wilcoxon: n = 27; W = 31; P = 0,17). Nas campanhas de 2014 nenhum jovem foi capturado, enquanto a maior proporção (40%) foi observada em maio de 2011 (Tabela 2). Machos e fêmeas apresentando características que evidenciaram atividade reprodutiva constituíram a maioria dos indivíduos ao longo das campanhas, exceto em maio de 2011 (40%). Com exceção única de fevereiro de 2014, fêmeas lactantes ou grávidas (n = 47)

Tabela 2. Tamanhos populacionais (N_t), taxa de variação per capita no tamanho populacional (R_t), frequências de juvenis e de indivíduos reprodutivamente ativos, taxas de sobrevivência (ϕ ± erro) e probabilidades de captura (p) de *Cerradomys goytaca* no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba de maio de 2011 a maio de 2014. As taxas de sobrevivência e probabilidades de captura foram estimadas a partir do modelo ϕ(t) p(t) (Tabela 1).

Table 2. *Population size (N_t), per capita population growth rate (R_t), frequencies of young and reproductive individuals, survival rates and capture probabilities of* Cerradomys goytaca *in Restinga de Jurubatiba National Park from May 2011 to May 2014. Survival rates and capture probabilities were estimated using model ϕ(t)p(t) (Table 1).*

Estação	Campanha	N_t	R_t	Juvenis	Reprodutivos	ϕ ± erro	p ± erro
seca	mai/11	10	–	0,40	0,40	–	–
	ago/11	20	0,28	0,30	0,70	0,79 ± 0,08	1 ± 0,01
chuvosa	nov/11	20	-0,17	0,20	0,75	0,58 ± 0,09	1 ± 0,01
	fev/12	7	-0,58	0,20	0,80	0,73 ± 0,18	0,13 ± 0,15
seca	mai/12	12	0,42	0,20	0,70	1 ± 0,01	0,17 ± 0,13
	ago/12	19	0,14	0,21	0,67	0,53 ± 0,11	1 ±0,01
chuvosa	nov/12	8	-0,12	0,12	0,87	0,54 ± 0,10	1 ±0,01
	mar/13	6	-0,36	0,17	0,83	0,59 ± 0,14	1 ± 0,01
seca	mai/13	14	0,21	0,08	0,85	1 ± 0,01	0,33 ± 0,19
	ago/13	17	0,14	0,12	0,76	0,56 ± 0,10	1 ±0,01
chuvosa	nov/13	13	0,08	0,08	0,92	0,49 ± 0,11	1 ± 0,01
	fev/14	1	-1,34	0	1	0,43 ± 0,14	1 ± 0
seca	Mai/14	2	0,42	0	1	1 ± 0,01	1 ± 0

foram registradas em todos os meses de amostragem, e sua proporção relativa ao número de fêmeas na população não variou significativamente entre as estações climáticas (n = 63, W = 14, P = 0,366). De um modo geral, não foi detectada sazonalidade na atividade reprodutiva de *C. goytaca* (n = 105; W = 25; P = 0,62).

O melhor modelo selecionado para explicar a variação no tamanho populacional de *C. goytaca* a partir de fatores bióticos e abióticos incluiu o efeito tardio da precipitação (Ppt_{t-60}), além da sobrevivência (ϕ_t) e do tamanho populacional prévio (N_{t-1}), como termos importantes para a determinação da variação no tamanho populacional (R_t) (Tabela 3). O modelo 4, que incorporou esta combinação de termos, teve 78% de probabilidade de ser o modelo mais verossímil dentre os modelos candidatos considerados (w), diferindo do segundo melhor modelo por um ΔAIC > 2. Segundo este modelo, o tamanho populacional esteve positivamente relacionado à sobrevivência no intervalo anterior à campanha ($\beta_{\phi t}$ = 0,10), mas negativamente relacionado à precipitação acumulada no intervalo entre 90

Tabela 3. Comparação entre os modelos de variação temporal na taxa de crescimento populacional (R_t) de *Cerradomys goytaca* no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, considerando diferentes efeitos e níveis de defasagem da precipitação mensal acumulada (*Ppt*) combinados à taxa sobrevivência (ϕ) e ao tamanho populacional prévio (N_{t-1}). O modelo 4 se mostrou melhor ajustado aos dados por apresentar o menor valor de AICc e a maior verossimilhança relativa (w). R^2: coeficiente de ajuste da regressão linear; k: número de parâmetros do modelo; ΔAICc: diferença de AICc em relação ao melhor modelo. Níveis de significância de R^2: ns – não significativo, * P<0,05, ** P<0,01.

Table 3. *Comparison among models of temporal variation in population growth rate (R_t) of* Cerradomys goytaca *in Restinga de Jurubatiba National Park, consideting different time-lag effects of monthly cumulated precipitation (Ppt) combined to survival rate (ϕ) and to previous population size (N_{t-1}). Model 4 best fit the data, presenting the lowest AICc score and highest Akaike weight (w). R^2: coefficient of determination; k: number of model parameters; ΔAICc: diference in AICc values relative to the best-fit model. Significance levels of R^2: ns – non-significant, * P<0,05, **P<0,01.*

Modelo	R^2	k	AICc	ΔAICc	w
(4) $R_t \sim \phi_t + N_{t-1} + Ppt_{t-60}$	**0,63***	**5**	**16,87**	**0,00**	**0,78**
(1) $R_t \sim \phi_t + N_{t-1}$	0,28^{ns}	4	19,92	3,06	0,17
(3) $R_t \sim \phi_t + N_{t-1} + Ppt_{t-30}$	0,30^{ns}	5	24,45	7,58	0,02
(5) $R_t \sim \phi_t + N_{t-1} + Ppt_{t-90}$	0,21^{ns}	5	25,10	8,23	0,01
(6) $R_t \sim \phi_t + N_{t-1} + Ppt_{t-120}$	0,26^{ns}	5	25,85	8,98	0,01
(2) $R_t \sim \phi_t + N_{t-1} + Ppt_t$	0,19^{ns}	5	26,17	9,30	0,01
(7) $R_t \sim \phi_t + N_{t-1} + Ppt_{t-150}$	0,19^{ns}	5	26,19	9,32	0,01

e 60 dias antes da campanha ($\beta_{Pptt\text{-}60}$ = -0,0032) e ao tamanho prévio da população ($\beta_{Nt\text{-}1}$ = -0,0247). A sobrevivência e a precipitação acumulada dois meses antes da campanha, portanto, apresentaram efeitos inversos na variação do tamanho populacional e se mostraram negativamente correlacionadas entre si (correlação de Spearman: ρ = -0,6056; P = 0,037).

DISCUSSÃO

Cerradomys goytaca constitui uma das poucas espécies de mamíferos endêmicas a restingas e sua descoberta recente reforça como a mastofauna destas fisionomias litorâneas ainda é pouco conhecida (Pessôa *et al*. 2010, Tavares *et al.* 2011). Comparações bionômicas entre espécies endêmicas de restingas, como *C. goytaca*, e espécies distribuídas por fisionomias mais úmidas ou mais áridas podem ser instrutivas na investigação de possíveis adaptações às condições ambientais destes ambientes litorâneos.

A espécie foi predominante na Formação Aberta Arbustiva de *Clusia*, mas apresentou um sucesso médio de captura relativamente baixo (2,9%) quando comparado ao sucesso obtido em estudos com outras espécies de roedores em restingas (6,02 a 12,07%; Cerqueira *et al*. 1993), refletindo uma baixa densidade local. A Formação Aberta Arbustiva de *Clusia* é naturalmente estruturada em ilhas parcialmente isoladas por areia, e esta característica da paisagem deve restringir a área disponível nos cordões arenosos para ocupação por roedores. Bergallo *et al.* (2005) detectaram uma correlação positiva entre a abundância de *C. goytaca* e o tamanho das ilhas de vegetação, mas reportaram um número máximo de apenas quatro indivíduos nas ilhas de maior tamanho amostradas (ca. 300 m^2), fato que reforça a ideia proposta por Cerqueira *et al*. (1993) de que os ambientes de restinga não suportariam altas densidades de roedores devido à sua configuração espacial. Aliada a esta restrição espacial, a escassez de outras espécies de roedores sigmodontíneos na Formação Aberta Arbustiva de *Clusia* corrobora a existência de condições limitantes à ocorrência destes animais, possivelmente ligadas à disponibilidade de água.

Os tamanhos populacionais de *C. goytaca* variaram de forma sazonal, com menores abundâncias durante a estação chuvosa, em fevereiro, e maiores abundâncias ao final da estação seca, em agosto (Figura 3b). Os estudos populacionais com roedores sigmodontíneos têm demonstrado que picos populacionais durante a estação seca constituem um padrão comum (Ernest e Mares 1986, Fonseca e Kierulff 1989, Bergallo e Magnusson 1999, Gentile *et al*. 2000, Feliciano *et al*. 2002, D'Andrea *et al.* 2007, Antunes *et al*. 2009), embora alguns estudos também tenham observado maiores tamanhos populacionais na estação chuvosa (Gentile *et al*. 2006). Picos populacionais têm sido interpretados como respostas tardias aos efeitos positivos e cumulativos da estação chuvosa anterior na sobrevivência e no recrutamento através da maior disponibilidade de recursos alimentares (Fonseca e Kierulff 1989, Bergallo e Magnusson 1999). Entretanto, sua ocorrência pode ser antecipada

ou retardada dependendo da distribuição de chuvas em um determinado ano e da influência desta distribuição na produção de frutos e insetos. Em outras circunstâncias, a dinâmica populacional pode não apresentar uma influência clara de fatores climáticos, mesmo sob climas sazonais (Cerqueira *et al*. 1993), o que aparentemente não foi o caso de *C. goytaca*.

No presente estudo, as correlações entre a dinâmica populacional de *C. goytaca* e os fatores climáticos foram investigadas avaliando-se diferentes modelos de influência que incluíram defasagem das chuvas na taxa de variação do tamanho populacional. O modelo que melhor se ajustou aos dados corroborou a importância do efeito tardio das chuvas na dinâmica populacional, com uma defasagem de aproximadamente dois meses entre o acúmulo mensal de chuvas e a variação no tamanho da população. Contudo, as relações da precipitação com a sobrevivência e o crescimento populacional foram negativas, prevendo especificamente que a estiagem, e não o excesso de chuvas, ocorrida dois meses antes da campanha, por exemplo em maio, determinaria aumentos na sobrevivência e na abundância de *C. goytaca* em agosto. De fato, ao se comparar as três estações secas compreendidas pelo estudo, é possível notar que a estiagem mais severa em 2011 (114,9 mm entre abril e setembro) esteve associada ao pico populacional mais pronunciado ao longo do estudo, enquanto as estiagens menos prolongadas nos anos de 2012 e 2013 (371,1 mm e 285,9 mm, respectivamente) estiveram ligadas a picos populacionais menores ou de menor duração (Figura 2). Este resultado aparentemente contraria a expectativa de que seria o excedente de chuvas na estação úmida que contribuiria diretamente para o incremento populacional de *C. goytaca* na estação seca, sugerindo a possibilidade alternativa de que a flutuação populacional desta espécie esteja ligada a recursos cuja disponibilidade seja favorecida pela estiagem e não pelas chuvas.

Cerradomys goytaca consome grande quantidade de sementes do guriri (*Allagoptera arenaria*), uma palmeira abundante na Formação Aberta Arbustiva de *Clusia* na restinga de Jurubatiba e com farta produção de frutos de polpa fibrosa e adocicada (Lorenzi *et al*. 2004, Grenha *et al*. 2010). Embora o guriri apresente frutificação ao longo de todo o ano, a produção de infrutescências é mais intensa de agosto a janeiro, se estendendo do final da estação seca até o final da estação chuvosa (Grenha *et al*. 2008). Considerando o tempo de maturação dos frutos de aproximadamente quatro meses (Grenha *et al*. 2008), a maior quantidade de frutos maduros estaria disponível para consumo provavelmente entre fevereiro e maio. Indivíduos reprodutivamente ativos ou nascidos nestes meses supostamente experimentariam uma grande oferta de frutos maduros de guriri, o que explicaria as maiores taxas de sobrevivência observadas a partir de maio até agosto. É provável, portanto, que a coincidência entre o pico de maturação dos frutos do guriri e o aumento na taxa de sobrevivência por volta de maio seja o evento chave para desencadear o crescimento populacional de *C. goytaca*, produzindo o pico populacional do final da estação

seca. O intervalo entre maio e agosto também parece compatível com o tempo necessário para que jovens nascidos neste interstício cresçam até o tamanho corporal mínimo (104 – 105 mm) requerido para atividade reprodutiva (~30 – 40 dias, Martins-Hatano *et al*. 2011).

A floração e frutificação do guriri parecem estar positivamente relacionadas à precipitação, já que ocorrem com maior frequência na estação chuvosa (Grenha *et al.* 2008). Entretanto, a maturação dos frutos pode estar negativamente correlacionada com o acúmulo de chuvas na transição entre as estações chuvosa e seca em maio. Moraes R. (1996) também discutiu a possibilidade de que alguns picos reprodutivos de espécies de *Allagoptera* possam depender da estação seca, embora este gênero careça de estudos fenológicos detalhados. Outros táxons de palmeiras parecem exibir correlações negativas entre maturação dos frutos e a precipitação, conforme demonstrado por Begnini *et al*. (2013) ao estudar a fenologia do coqueiro-jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) em uma floresta litorânea de Santa Catarina. Portanto, é possível que as relações negativas entre precipitação e sobrevivência e entre precipitação e variação no tamanho populacional de *C. goytaca* reflitam o efeito positivo da estiagem do final da estação chuvosa na maturação dos frutos de guriri, uma hipótese que poderá ser testada com informações mais detalhas sobre a fenologia desta palmeira na área de estudo.

Apesar das variações temporais no tamanho populacional e na sobrevivência, *C. goytaca* sempre manteve uma taxa de sobrevivência relativamente alta entre trimestres ($\phi = 0{,}69$), especialmente quando comparada às taxas de sobrevivência de outros pequenos mamíferos em restingas, como o roedor *Akodon cursor* e o marsupial *Philander frenatus* (Cerqueira *et al*. 1993). A atividade reprodutiva de *C. goytaca* também foi contínua ao longo do período de estudo, sem a ocorrência de uma estruturação reprodutiva ou etária bem definida, diferindo do padrão visto em *Akodon cursor* (Feliciano *et al*. 2002). Estas distinções nas taxas de sobrevivência e nos padrões reprodutivos estão ligadas às diferentes estratégias demográficas que podem ser selecionadas pelas condições ambientais das restingas. Segundo Cerqueira *et al.* (1993), além de baixas sobrevivências, as estratégias demográficas de *A. cursor* e *P. frenatus* em restingas seriam caracterizadas por rápidas taxas de substituição da população, grande variação no recrutamento e tamanho das proles, e uma flutuação populacional irregular. Kenagy e Bartholomew (1985) verificaram estes mesmos atributos em alguns roedores de desertos norte-americanos e os associaram à capacidade de responder rapidamente à disponibilidade ocasional de recursos efêmeros e imprevisíveis. Sobral e Oliveira (2014) também chegaram a uma conclusão similar estudando as respostas demográficas rápidas do roedor endêmico da Caatinga, *Wiedomys pyrrhorhinos*, a excedentes excepcionais de precipitação no semiárido ao longo de sucessivos anos. Por outro lado, Harris e Macdonald (2007) constataram uma estratégia demográfica alternativa nos sigmodontíneos *Nesoryzomys swarthi* e *Aegialomys galapagoensis* (= *Oryzomys bauri*) em ambientes semi-áridos de

Galápagos, caracterizada por elevadas taxas de sobrevivência, maior longevidade (máximas de 20 – 34 meses), estação reprodutiva bem definida e pouca flutuação populacional. Segundo estes autores, esta estratégia também poderia ter sido selecionada em ambientes com variações extremas de chuvas, de forma que os custos energéticos da reprodução rápida fossem minimizados em detrimento de uma maior longevidade, aumentando a chance dos indivíduos vivenciarem um maior número de eventos esporádicos de oferta de recursos.

Cerradomys goytaca parece apresentar uma estratégia mais similar à de roedores de ambientes áridos em Galápagos do que à exibida por *A. cursor* em restingas, combinando uma elevada sobrevivência média a uma flutuação populacional mais sutil, embora não apresente longevidade tão extensa (máxima de 18 meses) nem atividade reprodutiva sazonal. Somada à relação negativa da precipitação com o crescimento populacional desta espécie, estas características sugerem que *C. goytaca* apresentaria uma bionomia peculiar e ligeiramente distinta em relação à de outras espécies de pequenos mamíferos ocorrentes em restingas. Uma vez que as restingas possuem uma origem geológica relativamente recente (Suguio e Tessler 1984) e não se encontram sob climas secos, é esperado que as adaptações apresentadas por *C. goytaca* não sejam tão pronunciadas quanto as observadas em roedores de deserto. Contudo, as informações agregadas neste primeiro esforço sugerem pela primeira vez que esta espécie constitui um interessante modelo para se estudar o papel das singularidades ecológicas das restingas na diversificação de sua mastofauna.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao corpo editorial da Oecologia Australis pelo convite à participação nessa edição especial em reconhecimento à vasta contribuição do Prof. Dr. Rui Cerqueira à Ecologia e à Mastozoologia brasileiras. Somos gratos também ao CNPq (Programa PELD - Sítio 5) e à FAPERJ (proc. 112.701/2012) pelo apoio financeiro a este projeto, à CAPES pela bolsa de mestrado concedida a H. M. Lemos, à chefia do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, e ao ICMBio e IBAMA pelas autorizações e licenças para realização dos trabalhos no parque. Dois revisores anônimos contribuíram para a melhoria do manuscrito através de leituras críticas de versões anteriores. Os colegas Carina Azevedo, Fábio Patiu, Victor A. O. S. Ferrão, Tamiris Oliveira, Mariana S. Xavier e Aldo Caccavo-Araújo auxiliaram nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

Alvarez, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, G. de Moraes, J. Leonardo, e G. Sparovek. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22: 711-728.

Antunes, P. C., M. A. A. Campos, L. G. R. Oliveira-Santos, e M. E. Graipel. 2009. Population dynamics of *Euryoryzomys russatus* and *Oligoryzomys nigripes* (Rodentia, Cricetidae) in an Atlantic forest area, Santa Catarina Island, Southern Brazil. Biotemas 22: 143-151.

Araújo, D.S.D., e R. P. B. Henriques. 1984. Análise florística das restingas do Estado do Rio de Janeiro. Páginas 159-194 in L. D. Lacerda, D. S. D. Araujo, R. Cerqueira, e B. Turcq., organizadores. Restingas: origem, estrutura, processos. CEUFF, Niterói, RJ.

Araújo, D. S. D., M. C. A. Pereira, e M. C. P. Pimentel. 2004. Flora e estrutura de comunidades na restinga de Jurubatiba – síntese dos conhecimentos com enfoque especial para a formação aberta de *Clusia*. Páginas 59-76 in C. F. D. Rocha, F. A. Esteves, e F. R. Scarano, editores. Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação. RiMa, São Carlos, SP.

Begnini, R. M., F. R. da Silva, e T. T. Castellani. 2013. Fenologia reprodutiva de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) em Floresta Atlântica no sul do Brasil. Biotemas 26: 53-60.

Bergallo, H. G. 1995. Comparative life-history characteristics of two species of rats, *Proechimys iheringi* and *Oryzomys intermedius*, in an Atlantic Forest of Brazil. Mammalia 59: 51-64.

Bergallo, H. G. E, e W. E. Magnusson. 1999. Effects of climate and food availability on four rodent species in southeastern Brazil. Journal of Mammalogy 80: 472-486.

Bergallo, H. G., F. Martins-Hatano, D. Raíces, T. T. L. Ribeiro, A. G. Alves, J. L. Luz, R. Mangolin, e M. A. R. Mello. 2004. Os mamíferos da restinga de Jurubatiba. Páginas 215-230 in C. F. D. Rocha, F. A. Esteves, e F. R. Scarano, editores. Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação. RiMa, São Carlos, SP.

Bergallo, H. G., J. L. Luz, D. S. Raíces, F. H. Hatano, e F. Martins-Hatano. 2005. Habitat use by *Oryzomys subflavus* (Rodentia) in an open shrubland formation in Restinga de Jurubatiba National Park, RJ, Brazil. Brazilian Journal of Biology 65: 583-588.

Burnham, K. P., e D. R. Anderson. 2004. Multimodel inference understanding AIC and BIC in model selection. Sociological Methods & Research 33: 261-304.

Cerqueira, R., L. O. Salles, e M. V. Vieira. 1989. Habitat and reproduction of *Rhipidomys cearanus* (Rodentia: Cricetidae). Ciência e Cultura, Rio de Janeiro 41: 1009-13.

Cerqueira, R., F. A. S. Fernandez, e M. F. Q. S. Nunes. 1990. Mamíferos da Restinga de Barra de Maricá. Papeis Avulsos de Zoologia 37: 141-157.

Cerqueira, R., R. Gentile, F. A. S. Fernandez, e P. S. D'Andrea. 1993. A five-year population study of an assemblage of small mammals Southeastern Brazil. Mammalia 57: 507-517.

Cerqueira, R. 2000a. Biogeografia das restingas. Páginas 65-75 in F. A. Esteves e L. D. Lacerda, editores. Ecologia de restingas e lagoas costeiras. Computer & Publishing Gráfica, Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé, Universidade do Rio de Janeiro, Macaé, Brasil.

Cerqueira, R. 2000b. Ecologia funcional de mamíferos numa restinga do Estado do Rio de Janeiro. Páginas 189-212 in F.A. Esteves e L.D. Lacerda, editores. Ecologia de restingas e lagoas costeiras. Computer & Publishing Gráfica, Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé, Universidade do Rio de Janeiro, Macaé, RJ.

Cerqueira, R. 2005. Fatores ambientais e a reprodução de marsupiais e roedores no leste do Brasil. Arquivos do Museu Nacional 63: 29-39.

Cooch, E., e G. White. 2011. Program Mark "A gentle introduction". 951p., 11a. ed. Colorado State University, Fort Collins, CO.

D'Andrea, P. S., R. Gentile, L. S. Maroja, F. A. Fernandes, R. Coura, e R. Cerqueira. 2007. Small mammal populations of an agroecosystem in the Atlantic Forest domain, southeastern Brazil. Brazilian Journal of Biology 67: 179-186.

DeBlase A.F. e R. E. Martin. 1981. A manual of mammalogy with keys to families of the World. 432p. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, IO.

Ernest, K. A., e M. A. Mares. 1986. Ecology of *Nectomys squamipes*, the neotropical water-rat in Central Brazil: Home range, habitat selection, reproduction and behaviour. Jounal of Zoology 210: 599-612.

Feliciano, B. R., F. A. S. Fernandez, D. Freitas, e M. S. L. Figueiredo. 2002. Population dynamics of small rodents in a grassland between fragments of Atlantic Forest in south-eastern Brazil. Mammalian Biology 67: 304-314.

Fernandes, F. A., G. P. Fernández-Stolz, C. M. Lopes, e T. R. O. Freitas. 2007. The conservation status of the tuco-tucos, genus *Ctenomys* (Rodentia: Ctenomyidae), in southern Brazil. Brazilian Journal of Biology 67: 839-47.

Fonseca, G. A. B. e M. C. M. Kierulff. 1989. Biology and natural history of Brazilian Atlantic Forest small mammals. Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences 34: 99-152.

Galindo-Leal, C. e I. Câmara. 2005. Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese. Páginas 3-11 in C. Galindo-Leal, e I. G. Câmara, editores. Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas. Fundação SOS Mata Atlântica, Conservação Internacional, Belo Horizonte, MG.

Gentile, R., e F. A. S. Fernandez. 1999. Influence of habitat structure on a streamside

small mammal community in a Brazilian rural area. Mammalia 63: 29-40.

Gentile, R., S. F. Costa-Neto, M. M. L. Gonçalves, S. T. Bonecker, F. A. Fernandes, J. S. Garcia, M. G. M. Barreto, M. S. Soares, P. S. D'Andrea, J. M. Peralta, e L. Rey. 2006. An ecological field study of the water rat *Nectomys squamipes* as a wild reservoir indicator of *Schistosoma mansoni* transmission in an endemic area. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 101: 111-117.

Gentile, R., P. S. D'Andrea, R. Cerqueira, e L. S. Maroja. 2000. Population dynamics and reproduction of marsupials and rodents in a Brazilian rural area: a five-year study. Studies on Neotropical Fauna & Environment 35: 1-9.

Grenha, V., M. V. D. Macedo, e R. F. Monteiro. 2008. Seed predation on *Allagoptera arenaria* (Gomes) O'Kuntze (Arecaceae) by *Pachymerus nucleorum* Fabricius (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae). Revista Brasileira de Entomologia 52: 50-56.

Grenha, V., M. V. Macedo, A. S. Pires, e R. F. Monteiro. 2010. The Role of *Cerradomys subflavus* (Rodentia, Cricetidae) as seed predator and disperser of the palm *Allagoptera arenaria.* Mastozoología Neotropical 17: 61-68.

Harris, D. B., e D. W. Macdonald. 2007. Population ecology of the endemic rodent *Nesoryzomys swarthy* in the tropical desert of the Galápagos Islands. Journal of Mammalogy 88: 208-219.

Jolly, G. M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration - Stochastic model. Biometrika 52: 225-247.

Kenagy, G. J., e G. A. Bartholomew. 1985. Seasonal reproductive patterns in five coexisting California desert rodent species. Ecological Monographs 55: 372-396.

Krebs, C. J. 1998. Ecological Methodology 581p., 2a. ed. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc., New York, NY.

Lorenzi H., H. M. Souza, L. S. C. Cerqueira, J. T. Medeiros-Costa, e E. Ferreira. 2004. Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas. 416p., Ed. Plantarum, Nova Odessa, MG.

Martins-Hatano, F., T. T. L. Ribeiro, N. Jucá, D. P. Costa, M. Baptista, e H. G. Bergallo. 2001. Post-natal development under laboratory conditions of *Nectomys squamipes* (Brants, 1827) and *Oryzomys* gr. *subflavus* (Wagner, 1842) (Rodentia, Muridae). Revista Brasileira de Zoociências 3: 243-252.

Martins-Hatano, F., D. S. Raíces, G. S. Gazeta, N. M. Serra-Freire, D. Gettinger, e H. G. Bergallo. 2011. Community composition of laelapine mites (Acari: Laelapidae) associated with the nests and fur of *Cerradomys subflavus* (Wagner, 1842). Journal of Natural History 45:1679-88.

Moraes R., M. 1996. *Allagoptera* (Palmae). Flora Neotropica 73: 1-34.

Pacheco, M., M. Kajin, R. Gentile, P. L. Zangrandi, M. V. Vieira, e R. Cerqueira. 2013. A comparison of abundance estimators for small mammal populations. Zoologia (Curitiba) 30: 182-190.

Pessôa, L. M., W. C. Tavares, e P. R. Gonçalves. 2010. Mamíferos das Restingas do Macrocompartimento Litorâneo da Bacia de Campos, Rio de Janeiro. Páginas 56–78 in L. M. Pessoa, W. C. Tavares, e S. Siciliano, organizadores. Mamíferos de restingas e manguezais da Brasil. 1ª edição. Sociedade Brasileira de Mastozoologia/Museu Nacional, Rio de Janeiro, RJ.

Previtali, M. A., M. Lima, P. L. Meserve, D. A. Kelt, e J. R. Gutiérrez. 2009. Population dynamics of two sympatric rodents in a variable environment: rainfall, resource availability, and predation. Ecology 90: 1996-2006.

R Core Team. 2014. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Available from: http://www.r-project.org.

Raíces, D., e H. Bergallo. 2010. Diet and seed dispersion of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) in Restinga de Jurubatiba National Park, Rio de Janeiro State, Brazil. Neotropical Biology and Conservation 5: 24-30.

Rocha, C. F. D., H, G. Bergallo, M. A. S. Alves, e M. Van Sluys. 2004. A Restinga de Jurubatiba e a conservação dos ambientes de restinga do Estado do Rio de Janeiro. Páginas 341–352 in C. F. D. Rocha, F. A. Esteves, e F. R. Scarano, editores. Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba – Ecologia, história natural e conservação. RiMa, São Carlos, SP.

Rocha, C. F. D., H. G. Bergallo, M. Van Sluys, M. A. S. Alves, e C. E. Jamel. 2007. The

remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: Habitat loss and risk of disappearance. Brazilian Journal of Biology 67: 263-273.

Seber, G. A. F. 1965. A note on the multiple recapture census. Biometrika 52: 249-259.

Sobral, G., e J. A. Oliveira. 2004. Annual age structure and reproduction in the Caatinga red-nosed mouse, *Wiedomys pyrrhorhinos* (Rodentia, Sigmodontinae). Therya 5: 509-534.

Suguio, K., e M. G. Tessler. 1984. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. Páginas 15-25 in L. D. Lacerda, D. S. D. Araújo, R. Cerqueira e B. Turcq, editores, Restingas: origem, estrutura, processos. CEUFF, Niterói, RJ.

Tavares, W. C., L. M. Pessôa, e P. R. Gonçalves. 2011. New species of *Cerradomys* from coastal sandy plains of southeastern Brazil (Cricetidae: Sigmodontinae). Journal of Mammalogy 92: 645-658.

Venables, W. N., e B. D. Ripley. 2002. Modern Applied Statistics with S. 504p., 4a. ed. Springer, New York, NY,

Zaluar, H. L. T. e F. R. Scarano. 2000. Facilitação em restingas de moitas: Um século de buscas por espécies focais. Páginas 03–23 in F. A. Esteves, e L. D. Lacerda, editores. Ecologia de restingas e Lagoas Costeiras. Computer & Publishing Gráfica, Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé, Universidade do Rio de Janeiro, Macaé, RJ.

Submetido em 04/07/2014
Aceito em 13/04/2015