



Programa de Pós-Graduação em Ecologia.

Efeito da suplementação alimentar no uso do espaço pelo marsupial *Gracilinanus agilis* em fragmentos de cerrado no Brasil central

Nayara Yoshie Sano

Orientador: Prof. Dr. Emerson Monteiro Vieira

Brasília, abril de 2017.

NAYARA YOSHIE SANO

Efeito da suplementação alimentar no uso do espaço pelo marsupial *Gracilinanus agilis* em fragmentos de cerrado no Brasil central

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Dr. Emerson Monteiro Vieira

Brasília – DF
Abril, 2017

Agradecimentos

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UnB, bem como o Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília pela estrutura e aos professores do programa por todos os ensinamentos, tanto acadêmicos quanto de vida. Em especial, ao Professor Dr. Emerson M. Vieira pelos cinco anos de valiosa orientação.

Ao Guilherme Reis, pelos auxílios no campo noturno, que mesmo não tendo sido considerados nessa dissertação, deram um trabalho danado. Ao grupo de apoio da Pós-Graduação do laboratório (Já Elphis): Anna Carla, Daniela Behs e Thaiz Armond (e ao Elphis) – vocês estão na maioria das minhas lembranças engraçadas do campo. Sem vocês eu não teria sobrevivido a esse mestrado com a devida sanidade mental.

Aos colegas de laboratório, especialmente Nicholas Camargo, André Mendonça, Priscilla Zangrandi e Juliana Ribeiro, por me ajudarem com discussões a respeito dos meus dados e com análises. Aos estagiários da graduação que foram e voltaram desse laboratório: Andrea, Glabis, Vitor, Letícia, Paulo e Vitória – poucos de vocês sobraram, mas saibam que cada um fez uma diferença nesse lab.

A todos os amigos que eu fiz nessa breve jornada. Em especial à Bárbara Leão, que foi nossa colega-professora, à Elba, pelo jeito leve de levar a vida, à Emayre, que me acompanha desde a graduação e à Laura, pelas poesias, desenhos (ainda vai sair aquele quadrinho, não se preocupe!) e pela ajuda em campo. Vocês fizeram desse mestrado uma pós-graduação muito mais leve e colorida.

Aos professores da UCB, em especial às Dras. Bárbara Fonseca, Débora Silvano e Raquel Ribeiro, por sempre acreditarem no meu trabalho e me darem oportunidade de me aprimorar o máximo que eu poderia. Eu não tenho como agradecer as experiências, oportunidades e conhecimentos que vocês me ofereceram! Se hoje eu cheguei até aqui, boa parte foi por ajuda de vocês. Também devo agradecer ao professor Dr. João Alexandre Ribeiro Gonçalves Barbosa, que foi meu primeiro orientador e me ofereceu minha primeira experiência com um grupo de pesquisa, que me ensinou a programar em computador, o que foi muito útil nesse mestrado!

Aos dois amigos que também me acompanham desde a graduação: Jônatas Cunha e Davi Lacerda. Mesmo não trabalhando nas mesmas áreas, trabalhamos muito bem juntos! E me ensinaram que trabalho em grupo pode sim ser eficiente!

Às pessoas que me alimentaram, me acompanharam no café e nos papos sobre a vida, o universo e tudo mais (muitas das quais já citadas aqui).

Em especial às pessoas que tiveram que aguentar o psicológico de uma mestrandia ansiosa mais de perto: minha mãe, Sueli Matiko Sano, que passou pela sua “segunda” pós-graduação na UnB (sendo uma o doutorado dela há uns quinze anos e a outra esse meu mestrado). Não teve que escrever trabalho final, mas teve que sofrer as mesmas crises psicológicas daquela época; Ao meu cachorro, Shiro, que era o único que me fazia parar tudo que eu tivesse fazendo só para passear um pouco (o que foi muito bom, porque resfriava a cabeça e aprumava os pensamentos); À Emilia Uema, pelos 20 anos (dos 26 que eu tenho atualmente) de amizade; E ao namorado Paulo ETC Filho, que se manteve calmo e compreensivo durante todo o processo, além de fornecer cafés, lanchinhos, jogos e quadrinhos para me distrair quando a coisa tava feia e por sempre acreditar que eu consigo fazer mais e melhor (mesmo que às vezes eu não consiga).

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado e ao Centro Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo fomento aplicado nessa pesquisa de longa duração.

Sumário

Introdução	10
Material e métodos	13
<i>Área de estudo</i>	13
<i>Coleta de dados</i>	16
<i>Oferta de recurso</i>	17
Resultados	22
Discussão	28
Referências bibliográficas	33
Material suplementar	41

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização da área de estudo em região de Cerrado do Brasil central. Destacado em cinza está a APA Gama Cabeça de Veado e os pontos cinza são referentes às áreas em que tiveram adição de alimento (JB2 e JB4) e os pontos pretos são referentes às áreas onde não houve adição de alimento (FAL e JB1)..... 15
- Figura 2** – Esquema da distribuição dos comedouros nas duas grades de captura com introdução de alimento, em áreas de cerradão do Brasil central. Em cinza claro está ressaltada a grade externa, em cinza mais escuro está ressaltada o local onde eram instalados os comedouros. A grade em branco, a grade interna. As capturas foram realizadas apenas nas áreas em branco e em cinza mais escuro. As duas áreas controle apresentaram a estrutura da grade interna.. 19
- Figura 3** - Estrutura externa dos comedouros utilizados para a disponibilização de alimento adicional para os pequenos mamíferos em áreas naturais de cerradão. Os comedouros eram amarrados no estrato do sub-bosque com elástico. No centro da imagem é possível ver a fita dupla-face com pelos de pequenos mamíferos na entrada da estrutura, para posterior identificação.. 20
- Figura 4** - Densidade de indivíduos por área efetiva de amostragem em cada campanha nas quatro manchas amostradas de cerradão no Brasil central. As campanhas foram realizadas entre julho 2009 e março 2015. Em fundo cinza está destacado o período em que as áreas estavam com adição de alimento. As áreas que tiveram adição de alimento estão salientadas com linhas contínuas (JB2 e JB4) e as áreas controle (sem adição de alimento – JB1 e FAL) estão representadas pelas linhas pontilhadas. 24

Figura 5 - Área de uso de *G. agilis* em função do sexo e da introdução de alimento para cada área amostrada. Acima estão representadas as fêmeas (F) e abaixo os machos (M). O fundo branco representa o período anterior a introdução de alimento nas áreas. As áreas em cinza claro são referentes às áreas controle durante o período de suplementação alimentar. Em cinza escuro, são as áreas que efetivamente tiveram introdução de alimento. Os quadrados representam as médias e as barras representam o desvio padrão..... 25

Figura 6 – Porcentagem da sobreposição das áreas de uso dos indivíduos nas estações de seca. À esquerda estão as áreas que não tiveram adição de recurso alimentar (FAL e JB1) e à direita estão as áreas que tiveram (JB2 e JB4). O fundo em cinza mais claro refere-se às áreas controle (que não receberam suplementação alimentar), mas no período em que foi feita a adição de alimento. O fundo em cinza mais escuro é referente às áreas com suplementação alimentar. As linhas mais externas representam o mínimo e o máximo dos valores para cada área, o retângulo representa o primeiro e o terceiro quartil e a linha mais escura, ao centro, representa a mediana dos valores de sobreposição para cada área em cada período.. 25

Figura 7 – Média da intensidade do uso do solo por *G. agilis* antes da adição de alimento (Before) e depois da adição de alimento (After). À esquerda estão todas as áreas antes da introdução de alimento, e à direita em cinza claro as áreas controle (FAL e JB1) e em cinza escuro as áreas que receberam adição de alimento (JB2 e JB4). As barras indicam o erro padrão dos dados. Simbolizado com asterisco (*) estão representadas as áreas em que houve uma diminuição significativa do uso do solo..... **Erro! Indicador não definido.**

Resumo

A forma com que animais utilizam uma área proporciona diversas informações ecológicas. Eles utilizam o espaço para encontrar alimento, abrigo e para reprodução, mas estão sujeitos a sofrerem os efeitos de predação, competição e de outras interações bióticas. Estudos geralmente mostram que há uma associação negativa entre o uso do espaço e disponibilidade de recurso, mas poucos estudos neotropicais avaliam o efeito da introdução direta e contínua de alimento em populações naturais. O aumento na oferta de alimento pode causar um aumento da densidade populacional associado com uma diminuição da área de uso, devido a necessidade de se percorrer um menor espaço para conseguir alimento. Uma maior concentração de recurso em determinado estrato também pode direcionar a movimentação dos indivíduos escansoriais em uma escala vertical. Eu investiguei possíveis alterações no uso do espaço, pelo marsupial *Gracilinanus agilis*, causadas por uma introdução experimental contínua de alimento. Para isso, amostréi quatro áreas de cerrado usando grades de captura e armadilhas no estrato do solo e sub-bosque. Duas dessas áreas tiveram adição de alimento através de comedouros que restringiam a entrada de animais maiores do que as do porte de *G. agilis*. A área de uso média, estimada pelo método dos Mínimos Polígonos Convexos, foi de 0,202 ha \pm 0,02, similar ao encontrado por outros estudos com a espécie e com o gênero. A introdução de alimento não influenciou diretamente a área de uso nem a sobreposição destas entre indivíduos vizinhos. No entanto, essa suplementação alimentar levou a um aumento na densidade das populações e uma redução do uso do solo por esses marsupiais. Para *G. agilis*, o alimento parece não influenciar primariamente o uso do espaço horizontal. Esses pequenos marsupiais se alimentam principalmente de recursos adensados, o que poderia possibilitar a *G. agilis* não precisar se deslocar por um espaço muito grande para buscar alimento e levar a uma não-redução do mesmo em função da suplementação alimentar. Uma possível redução na área de uso possibilidade pela complementação alimentar pode ter sido compensada pela necessidade dos indivíduos de se deslocarem por uma área maior, devido ao aumento na densidade advindo dessa mesma complementação. Além disso, esses pequenos marsupiais são semélparos promíscuos, o que ressalta a importância da busca por parceiros, que pode ser mais determinante para o uso do espaço do que a busca por alimento.

Palavras-chave: Ecologia, Cerrado, Área de uso, Didelphimorphia, Suplementação alimentar

Abstract

The way animals use an area provides many ecological information. They use space to find food, shelter and mating partners, besides suffering from the effects of predation, competition, and other biotic interactions. Studies generally show that there is a negative association between home range and resource availability, but there are few studies in the neotropics evaluating the effect of direct and continuous food supplementation on natural populations. The increase in food supply can cause an increase in population densities associated with a decrease in the home range, caused by a reduction in the foraging area needed for obtaining the individual food requirements. A higher concentration of resource in a given stratum can also direct the movement of scansorial individuals on a vertical scale. I investigated possible changes in the use of space by marsupial *Gracilinanus agilis* caused by a continuous experimental introduction of food. To do so, I sampled four areas of dry woodland using capture grid and live traps in the ground and understory. Two of those areas had food supplementation through feeders which restrict access from bigger animals than *G. agilis*. The mean area of home range, estimated by the Minimum Convex Polygon method, was $0.202 \text{ ha} \pm 0.02$, similar to that found for congeneric species in other studies. The food supplementation did not directly influence home range size or the overlap of individuals' home range. This supplementation led to a decrease, however, in ground captures of these marsupials. For *G. agilis* the food supply did not seem to influence home range primarily. These small marsupials feed mainly on aggregated resources, which could enable *G. agilis* not to move through large distances when foraging and also resulting in a lack of home-range size reduction after food supplementation. A potential reduction in home-range size caused by the food complementation may have been compensated by the need for a larger foraging area caused by the increase in density caused by this same supplementation. In addition, these small marsupials are promiscuous semelparous, which highlights the importance of searching for partners, which may be more determinant for home range than searching for food.

Keywords: Ecology, Cerrado, home range, Didelphimorphia, food supply

Introdução

A utilização do espaço é a dimensão mais explorada para partição de recursos (Schoener 1974), sendo que a forma com que animais utilizam seus habitats proporciona diversas informações ecológicas. Indivíduos podem ser limitados a essas áreas por restrições fisiológicas e morfológicas (Ford and Krumme 1979), fazendo com que esses estudos sejam fundamentais para o entendimento de como os animais percebem o ambiente (Loretto and Vieira 2005). Um dos objetivos centrais em ecologia é determinar os fatores que influenciam o acesso e o uso de diferentes recursos por seres vivos e verificar a importância relativa dos mesmos (Wiens 2002), sendo considerada pela Sociedade Britânica de Ecologia como uma das 100 questões fundamentais da ecologia para ressaltar as prioridades para investimentos em pesquisas (Sutherland et al. 2013).

Um indivíduo utiliza determinada área com o objetivo de buscar alimento, obter parceiros para acasalamento, criar filhotes e encontrar abrigos adequados. Essa área foi definida como área de uso (“*home range*”) de um indivíduo (Burt 1943), que pode variar de acordo com o tamanho do animal e da disponibilidade de recursos. Muitos estudos têm mostrado uma associação negativa entre disponibilidade de recurso e uso do espaço (Fridell and Litvaitis 1991, Hubbs and Boonstra 1998, Lurz et al. 2000, Getz and McGuire 2008, Moorcroft and Barnett 2008, Willems and Hill 2009, Prevedello et al. 2013, Pillay et al. 2015). Em geral, espera-se que quanto maior a disponibilidade de recursos (e.g. abrigo, alimento), menor a área que o indivíduo precisaria percorrer para suprir seus requerimentos energéticos. Uma maior oferta de alimentos também pode alterar a dinâmica populacional aumentando as taxas de imigração (efeito a curto prazo) (Flowerdew 1972, Castellarini and Polop 2002) e/ou de natalidade ou recrutamento (efeito a médio/longo prazo) (Galindo-Leal and Krebs 1998, Karels et al. 2000).

Os trabalhos já realizados no Brasil sobre a relação entre disponibilidade de recursos e uso do espaço por mamíferos utilizaram experimentos naturais, ou seja, avaliaram a disponibilidade de recursos nos habitats dos animais (Adler 1998, Pires and Fernandez 1999, Leiner and Silva 2007, Ribeiro 2011). No entanto, há outras variáveis que podem influenciar no resultado e geralmente não são levadas em consideração por dificuldade de avaliá-las ou por aparente falta de ligação de causa e efeito com o fenômeno em questão (Gotelli and Ellison 2004). Com

isso, o uso de experimentos manipulativos atribui maior confiança a alguns tipos de análises (Castellarini and Polop 2002, Gotelli and Ellison 2004).

Experimentos manipulativos podem incluir a introdução de alimento no ambiente do animal. Ao se introduzir alimento constantemente em uma área, garante-se não só que o recurso alimentar esteja sempre disponível como também se abre a possibilidade de que haja áreas controle onde o alimento não seja adicionado. Com isso, pode-se avaliar com mais rigor a relação entre a disponibilidade de recursos e possíveis alterações nas populações e comunidades (Krebs 2013, Prevedello et al. 2013). A suplementação de recursos pode, por exemplo, fazer com que os indivíduos não precisem mais percorrer áreas extensas em busca de alimento, tendendo a diminuir o uso do espaço (Ims 1987, Guyer 1988, Broughton and Dickman 1991, Julien-Laferriere 1995, Emsens et al. 2012, Pillay et al. 2015). Além disso, uma maior quantidade de alimento pode aumentar a capacidade suporte da população, causando um aumento da densidade (Wolff 1985, Ims 1987, Fortier and Tamarin 1998, Pillay et al. 2015). Se o alimento for um recurso limitante para a espécie, a maior disponibilidade dele também diminui a competição intraespecífica, a qual, aliada a um aumento da densidade, pode aumentar a sobreposição de indivíduos (Ims 1987, Guyer 1988). Podem ainda haver respostas em outras formas de uso do espaço. Espécies que usam tanto o solo quanto os estratos arbóreos de florestas (i.e., escansoriais) podem variar o uso dos diferentes estratos de seu hábitat em função da maior disponibilidade de recursos e também de alterações nas densidades decorrentes dessa disponibilidade.

Populações e comunidades de pequenos mamíferos formam um grupo especialmente interessante para estudos com introdução de alimento (Hubbs and Boonstra 1998, Krebs 2013). Isso porque esses animais têm, geralmente, um ciclo de vida curto (cerca de 1 a 5 anos) e uma rápida renovação das populações, o que fornece respostas mais rápidas do que para outros grupos de mamíferos (Boonstra et al. 1998). Além disso, os pequenos mamíferos são localmente abundantes e representam cerca de 42% das espécies de mamíferos no Brasil (Paglia et al. 2012). Um grupo de pequenos mamíferos comumente encontrados nos neotrópicos são os marsupiais da ordem Didelphimorphia, que representam cerca de 8% dos mamíferos brasileiros (Emmons and Feer 1997, Paglia et al. 2012).

Essa ordem compreende a maioria dos marsupiais encontrados no continente americano. São caracterizados por animais de pequeno a médio porte (10 g a 3000 g) e geralmente de hábito noturno e arborícola (Emmons and Feer 1997). São recorrentemente estudados com relação ao uso do espaço, mas esses estudos se concentram principalmente na Mata Atlântica (Pires and Fernandez 1999, Moraes Junior and Chiarello 2005, Püttker et al. 2006, Leiner and Silva 2007) e com marsupiais de mais de 100 g (Sunquist et al. 1987, Sanches et al. 2012). Ainda há poucos estudos sobre esse tema em áreas de Cerrado no Brasil central (Prevedello et al. 2008, Ribeiro 2011).

Um dos marsupiais que ocorre no Cerrado é *Gracilinanus agilis*, um didelídeo pequeno (20 – 45 g) insetívoro-onívoro, que se alimenta principalmente de insetos como cupins e formigas, além de frutos de Melastomataceae e Solanaceae, funcionando como um potencial dispersor para esses grupos de planta (Martins et al. 2006b, Camargo 2011, Camargo et al. 2014). Trata-se de uma espécie que possui hábito arborícola (chegando a explorar o solo com alguma frequência) (Camargo 2015), solitário e noturno (Emmons and Feer 1997), sendo comum em formações florestais do Cerrado no Brasil central. Seus ninhos são construídos geralmente em troncos de árvores a partir de gramíneas e fibras vegetais (Emmons and Feer 1997). Sua estratégia reprodutiva é de semelparidade e são considerados promíscuos quanto à formação de casais (Martins et al. 2006c).

Um único estudo prévio avaliou que a área de uso do marsupial *Gracilinanus agilis* no Cerrado é de $0,20 \pm 0,02$ ha; sendo que os indivíduos apresentaram uma maior área de uso em épocas de amamentação (Ribeiro 2011), quando há um maior gasto energético e o indivíduo forrageia por áreas maiores. Em estudos com uma espécie congênera, *Gracilinanus microtarsus*, na Mata Atlântica Submontana, verificou-se uma área mínima de 0,05 e máxima de 1,10 ha, com as fêmeas tendendo a usar mais o dossel, principalmente na estação chuvosa (Püttker et al. 2006, Fernandes et al. 2010, Passamani and Rosa 2015).

Os estudos sobre uso do espaço, da forma como são feitos atualmente, apresentam algumas limitações. No caso de *G. agilis*, por ser um animal arborícola, usa o espaço em três dimensões. Essa característica, em geral, não é levada em consideração nos estudos de uso de hábitat que utilizam métodos baseados em captura-marcação-recaptura ou de telemetria. Ambas as técnicas geralmente são utilizadas na verificação da área de uso de indivíduos em um espaço bidimensional projetado em um solo plano (Lira and Fernandez 2009, Fernandes et al. 2010,

Sanches et al. 2012). No entanto, se a vegetação desse espaço apresenta uma maior complexidade de estratos verticais, o estudo da área de uso de um animal torna-se subestimado, pois há uma dimensão que o indivíduo explora que não está sendo considerada nessas análises.

No presente trabalho, investiguei os efeitos da adição continuada de recursos em populações naturais do marsupial *G. agilis*. Eu realizei uma avaliação do uso de espaço, horizontal e vertical, pela espécie *G. agilis* em áreas com introdução de alimento. Especificamente, eu pretendi verificar (i) se há variação entre a área de uso de *G. agilis* em áreas com e sem oferta de recurso alimentar e se essas alterações têm relação com as estações do ano e com o sexo, (ii) se há um aumento da sobreposição do espaço usado pelos indivíduos após a introdução contínua de alimento nas áreas e (iii) se há alteração no uso vertical do espaço de *G. agilis* em áreas que tiveram introdução de alimento e se esses variaram de acordo com as estações do ano e quanto ao sexo. Caso a área de uso de um animal seja determinada pela quantidade de recurso disponível, espero encontrar uma menor área de uso onde há oferta adicional de alimento (Pillay et al. 2015). Por serem maiores em tamanho corporal, espero que os machos apresentem uma área de uso maior do que das fêmeas, e que ambos os sexos apresentem uma área de uso maior durante o período da seca, quando há menor disponibilidade de recursos (Harestad and Bunnell 1979, Lindstedt et al. 1986, Vieira and De Almeida Cunha 2008). Em relação à sobreposição, espero que os indivíduos se sobreponham mais com a suplementação alimentar, devido à diminuição da competição intraspecífica por alimento. Espero também que *G. agilis* diminua o uso do solo nas áreas com introdução de alimento, pois utilizam esse estrato principalmente para forragear. O solo é um estrato em que estão mais vulneráveis a predação, já que são mais lentos e evita-lo pode ser vantajoso, se houver alimento suficiente no alto.

Material e métodos

Área de estudo

Meu estudo foi realizado no bioma Cerrado, que consiste em um mosaico de fitofisionomias variando desde formações abertas, savânicas até florestais e ocupa por volta de 23% do território brasileiro (Sano et al. 2008b).

Seu clima é tropical chuvoso (Aw segundo a classificação de Köppen) e tem como característica períodos bem definidos de seca (entre abril e setembro) e chuva (outubro e março) (Sano et al. 2008b), com temperaturas médias variando de 22° a 27°C e precipitação de 1500 mm (Sano et al. 2008b). Os principais fatores determinantes para a composição desse bioma são o solo, a dinâmica do fogo e a precipitação concentrada de 90% da pluviosidade anual no período da chuva (Ratter et al. 1997, Sano et al. 2008b). Esses fatores geram heterogeneidade ambiental e, conseqüentemente, uma alta diversidade de espécies (Ratter et al. 1997). Apesar disso, o Cerrado vem sendo degradado aceleradamente, e estima-se que 48,2% a 55% do seu território já foi transformado, principalmente para uso agrícola (Sano et al. 2008a). Esta acelerada perda de biodiversidade juntamente com o alto grau de endemismo e degradação caracteriza o bioma como um *hotspot* de biodiversidade, ressaltando sua importância (Myers et al. 2000). Concentrei minhas amostragens em áreas de cerradão, que são formações florestais muito visadas pela agricultura por ocorrem em manchas associadas a solos de alta qualidade (UNESCO 2003). Elas não possuem associação com cursos d'água, são caracterizadas pela presença de arbustos e herbáceas e por uma cobertura arbórea variando entre 50% e 90%, com dossel de 8 a 15m de altura (Ribeiro and Walter 2008). A flora do cerradão consiste em espécies vegetais comuns ao cerrado *sensu stricto* e à mata de galeria.

Desenvolvi o presente estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) Gama e Cabeça de Veado, que está localizada no Distrito Federal, dentro do bioma Cerrado. A Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília (EE-JBB) constitui 1/5 da área total da APA e possui grande representatividade de todas as fitofisionomias do bioma (Campo Limpo, Campo Sujo, Cerrado stricto sensu, Cerradão, Veredas e Mata de Galeria) (IBRAM 2015). As amostragens ocorreram em quatro áreas de cerradão. Utilizei duas áreas controle (JB1 – 15°51'46,3" S 47°49'46,5" W; FAL – 15°56'49,0" S 47°56'42,8"W), nas quais não houve oferta de recurso alimentar e duas áreas (JB2 – 15°55'32,8" S 47°49'58,4" W; JB4 – 15°52'12,0" S 47°49'33,6" W) (Figura 1) com introdução de recursos. Todos os métodos de campo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade de Brasília (44259/2012).

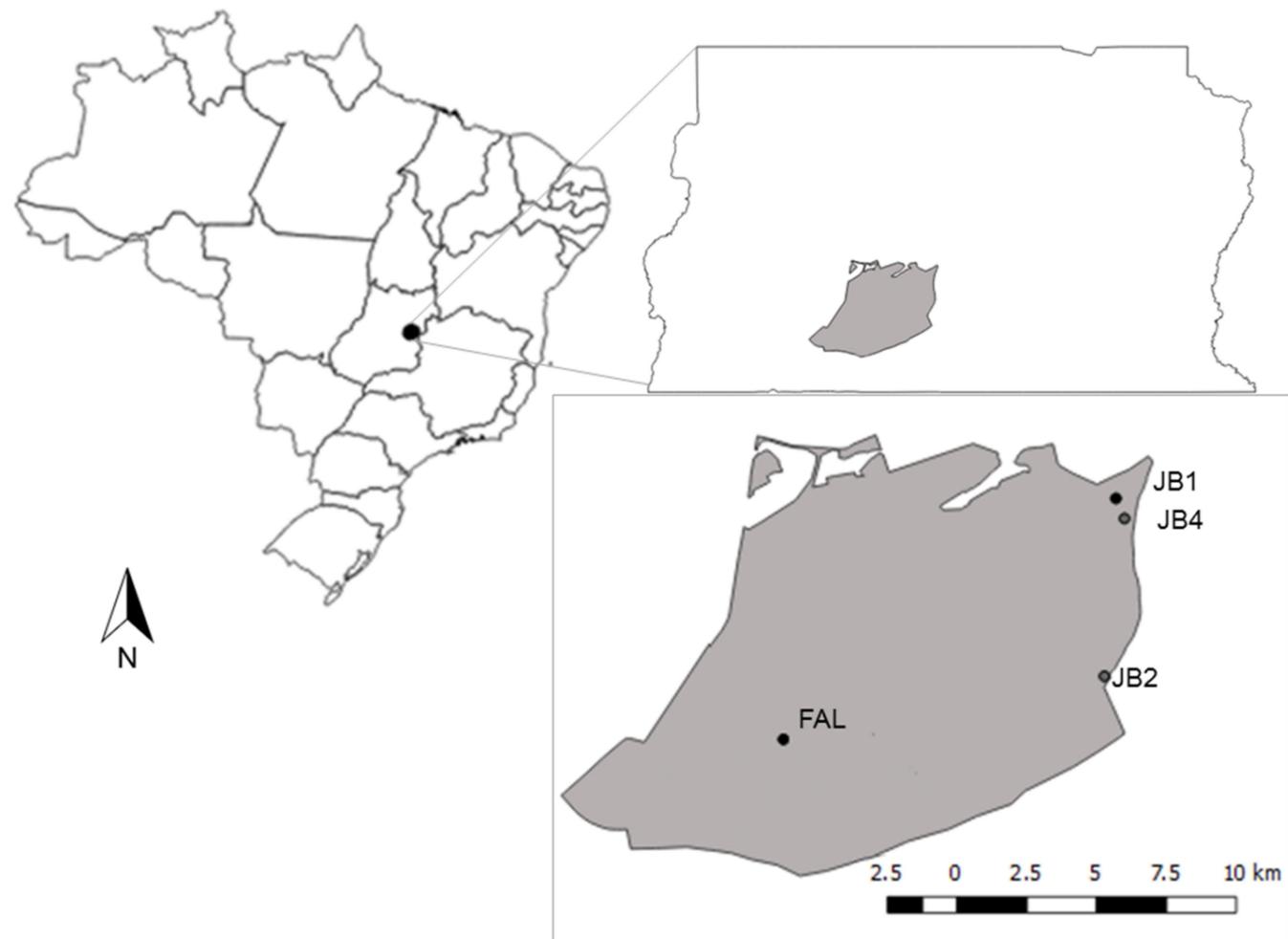


Figura 1 - Localização da área de estudo em região de Cerrado do Brasil central. Destacado em cinza está a APA Gama Cabeça de Veado e os pontos cinza são referentes às áreas em que tiveram adição de alimento (JB2 e JB4) e os pontos pretos são referentes às áreas onde não houve adição de alimento (FAL e JB1).

Coleta de dados

As campanhas de amostragem (i.e. seis noites consecutivas de amostragem) dessas áreas tiveram início em outubro de 2009, quando eram monitoradas as comunidades de pequenos mamíferos em quatro áreas na APA (FAL, JB1, JB2 e JB3). Em agosto de 2011, a área JB3 foi totalmente queimada e, conseqüentemente, descartada para este estudo. Por conta disso, em 2012 começamos a amostrar uma nova área (JB4). Até março de 2011, utilizávamos grades de 12 x 12 estações em todas as áreas. Depois disso passamos a amostrar grades de 9 x 9 estações de captura. As campanhas seguiram até abril de 2016, sem periodicidade fixa, com um esforço de 29.277 armadilhas/noite na época da chuva e 24.798 armadilhas/noite na época da seca. Apesar de estarem próximas (cerca de 2 km de distância), as áreas JB1 e JB4 não apresentaram troca de indivíduos ao longo de todo o período de amostragem (de 2012 a 2016), portanto nós consideramos as áreas como independentes espacialmente.

Durante o período de amostragem, em cada estação de captura, foram colocadas duas armadilhas *live trap* do tipo *Sherman*® (11 x 12,5 x 37 cm e 9 x 9,5 x 23 cm), uma ao nível do solo e outra na altura do sub-bosque (de 0,5m – 2m) e cada estação se encontrava equidistante 15 m das vizinhas. Para minimizar o efeito de aglomeração de indivíduos nas áreas com adição de recurso alimentar, abrimos duas linhas externas à grade para a instalação de alguns comedouros (entre 25 e 30, dependendo da disponibilidade de espaço em cada mancha). Essa grade externa também foi amostrada com armadilhas, na qual colocamos uma armadilha do tipo *Sherman*® na altura do sub-bosque e em cada ponto com comedouro. Em cada armadilha foi depositada, diariamente, uma isca atrativa composta de banana, pasta de amendoim, fubá, essência de baunilha e óleo de fígado de bacalhau. O esforço total desse estudo foi de 54.075 armadilhas/noite.

Todos os indivíduos capturados foram marcados com brincos numerados do tipo 1005-1 (National Band & Tags©, Newport, KY, USA) e registrados quanto ao sexo, estado reprodutivo, medidas corporais, peso e padrão de erupção dentária. Este último é utilizado como indicativo da classe etária de marsupiais didelfídeos (Tribe 1990,

Macedo et al. 2006).

Oferta de recurso

Para a introdução de recursos eu utilizei comedouros amarrados com elástico na altura correspondente ao sub-bosque (1,5 - 2,5 m acima do solo). Cada comedouro consiste em um vaso para planta de plástico número 2,5 (150 mm de diâmetro x 130 mm de profundidade), com o prato de mesmo material (número 20, com 195 mm de diâmetro) cobrindo a abertura superior. Possui uma abertura circular de 40 mm de diâmetro, de forma a permitir seletivamente a entrada de animais do porte da espécie estudada. Sua entrada é guiada através de um cano de PVC (150 x 40 mm, comprimento x diâmetro) até onde se encontra o alimento (Figura 3). Como alimento, era colocada ração para gatos (Golden® gatos sabor salmão 3,91 kcal g⁻¹; 31% proteína) moída e depositada em potes transparentes de plástico (110 ml). O pote, dentro do comedouro, foi cercado com pasta *Tanglefoot*® de forma a evitar a entrada de insetos rastejantes. Para verificação das espécies que usavam essa estrutura, uma fita dupla-face era aplicada na parte superior do cano de entrada, com intuito de coletar pelos das espécies para posterior identificação, além de certificar a utilização dos mesmos pelos indivíduos de *G. agilis*. Também foi verificado o uso dos comedouros por *G. agilis* através das fezes, que se diferenciam visualmente das de roedores por seu aspecto e formato e de outros marsupiais pelo seu tamanho.

Os comedouros foram uniformemente distribuídos pelas áreas de forma diagonal, sendo eles espaçados 45 m vertical e horizontalmente e cerca de 20 m de distância do próximo comedouro, na diagonal (Figura 2). Essas estruturas foram conferidas uma vez a cada duas ou três semanas, verificando-se a quantidade de ração restante em cada pote. A quantidade consumida era anotada de acordo com uma escala visual que variava de 1 a 9 na gradação decrescente de consumo da ração, na qual a gradação mais baixa é referente ao total consumo de ração daquele comedouro. A quantidade de ração restante era recolhida e levada ao laboratório para secagem até a estabilização do peso seco. A introdução de alimento vem ocorrendo na JB2 e JB4 desde o ano de 2014. Entre junho de 2014 e setembro de 2015 foram oferecidos cerca de 207 kg (JB2 = 120,4 kg; JB4 = 86,9), das quais 118,2 kg foram consumidos (JB2 = 72,5 kg; JB4 = 45,8 kg) por pequenos mamíferos em geral. Apenas o roedor *Rhipidomys macrurus*

e o marsupial *G.agilis* foram confirmados como visitantes. Também foi verificado o uso da estrutura dos comedouros como abrigo (Mendonça et al. 2017).

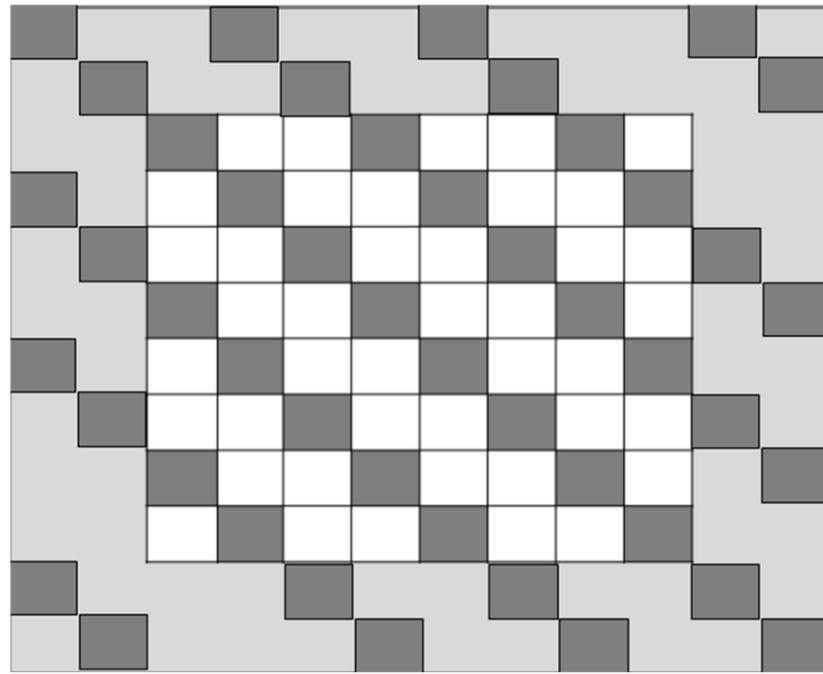


Figura 2 – Esquema da distribuição dos comedouros nas duas grades de captura com introdução de alimento, em áreas de cerradão do Brasil central. Em cinza claro está ressaltada a grade externa, em cinza mais escuro está ressaltada o local onde eram instalados os comedouros. A grade em branco, a grade interna. As capturas foram realizadas apenas nas áreas em branco e em cinza mais escuro. As duas áreas controle apresentaram a estrutura da grade interna.



Figura 3 - Estrutura externa dos comedouros utilizados para a disponibilização de alimento adicional para os pequenos mamíferos em áreas naturais de cerradão. Os comedouros eram amarrados no estrato do sub-bosque com elástico. No centro da imagem é possível ver a fita dupla-face com pelos de pequenos mamíferos na entrada da estrutura, para posterior identificação.

Análises estatísticas

Optei por utilizar análise de Mínimo Polígono Convexo (MPC) para avaliar o uso do espaço de *G. agilis* devido ao sucesso de captura em geral obtido em áreas de Cerrado (i.e. sucesso de capturas total deste trabalho foi de 4,1%). Além disso, indivíduos de *G. agilis* vivem apenas por um ano, o que limita a recaptura dos indivíduos. A utilização de MPC para verificar o uso do espaço é geralmente atrelada ao uso de Captura Marcação e Recaptura (CMR), visto que podem ser utilizados a partir de dados secundários de projetos conduzidos nas mesmas áreas (Hayne 1949, Prevedello et al. 2008).

Para comparação visual do tamanho das populações nas diferentes áreas, antes e depois da adição de alimento, utilizei os valores mensais de densidades estimados para a espécie em cada série de estimativas. Para isso, eu dividi o número de indivíduos capturados pela área efetiva de captura, ou seja, o tamanho total da grade amostrada, com a adição de metade do valor da área de uso encontrada para cada um dos quatro lados. Para testar a variação da área de uso em função da oferta de alimento, realizei uma Análise de Covariância (ANCOVA), utilizando o MPC como variável resposta e a introdução de alimento como fator fixo. A área de uso calculada através de MPC pode estar diretamente relacionada ao número de pontos (capturas) do indivíduo, principalmente se o número for pequeno (Hayne 1949, Worton 1987). Para minimizar esses efeitos, utilizei apenas indivíduos que foram capturados cinco vezes ou mais. Além disso, o número de capturas de cada indivíduo foi considerado como uma co-variável na análise. Os indivíduos para os quais não foi possível estimar uma área de uso (e.g. foram capturados sempre no mesmo ponto ou pontos em sequência, formando uma linha) não foram considerados. Fizemos todas as análises utilizando o software livre R versão 3.2.2 (R Core Team 2015), sendo que a análise de MPC foi realizada através do pacote *adehabitatHR* (Calenge 2006).

Para investigar a sobreposição no uso do espaço, usei o valor estimado da área de uso dos indivíduos para estabelecer um círculo com a mesma área e cujo centro era o mesmo do centroide do polígono estimado. Esse círculo passou a representar a área de uso de cada indivíduo (Haase 1995). Com isso, o efeito particular da forma de cada polígono foi minimizado, passando a ser representado por um círculo de área equivalente. O raio foi utilizado

como métrica diretamente relacionada à área de uso do indivíduo. Desta forma, calculei o diâmetro (D) e raio (r) dessa área de uso com área total igual àquela calculada para o indivíduo com o uso do MPC. Essa área de uso circular é uma avaliação conservadora da área de uso do animal e permite a avaliação da sobreposição potencial dessas áreas entre pares de indivíduos existentes na grade. Calculei essa sobreposição, para cada par de indivíduos, avaliando a distância entre os centroides das áreas de uso e verificando se a mesma era menor do que a soma dos raios entre os centróides ($D < (r_1 + r_2)$), onde r_1 e r_2 são os raios calculados para os indivíduos 1 e 2, respectivamente. Logo, o percentual de sobreposição para r_1 é: $d/r_1 * 100$; e r_2 : $d/r_2 * 100$, onde d (diferença) = D (distância) - $(r_1 + r_2)$. No caso de $d > 0$, não havia sobreposição entre os dois indivíduos considerados. Para essa análise, eu fiz os cálculos utilizando o pacote `PBSmapping` como auxílio (Schnut et al. 2015). Com esses valores de sobreposição, fiz uma comparação visual entre áreas que receberam e não receberam suplementação alimentar e antes e depois da adição.

Para avaliar o uso vertical do espaço usei dados coletados no campo para verificar a intensidade de uso do solo. Para isso, utilizei como variável resposta a proporção de capturas no solo, transformada para o arco seno de sua raiz quadrada (segundo proposto por ZAR [1999]). Optei por utilizar o estrato inferior, porque animais arborícolas raramente utilizam o solo. Porém, devido à característica de proporção dessa análise, o uso de estratos superiores pode ser alcançado utilizando o valor complementar.

Para verificar se haveria diferenças entre o uso do estrato vertical e horizontal entre machos e fêmeas e entre seca e chuva, e considerando as áreas com e sem introdução de alimento, eu realizei uma ANOVA por aleatorização, através do pacote “`agricolae`” (Mendiburu 2016). Nesse caso, eu utilizei como a variável resposta a área obtida através do MPC e a proporção de capturas no solo; o sexo e a estação do ano como fatores fixos; e a área como fator aleatório. A unidade amostral foi cada indivíduo, considerando apenas a primeira captura.

Resultados

No geral, obtive um sucesso de captura de 2,6% para *G. agilis*, capturando um total de 1.433 indivíduos em

todas as áreas. Para as análises de MPC, 294 indivíduos (158 fêmeas e 136 machos) foram capturados cinco ou mais vezes (média de 7,8 capturas por indivíduo) e puderam ser utilizados nas análises de uso horizontal do espaço. Para as análises de sobreposição de áreas de uso, eu avaliei 200 eventos de sobreposição das áreas de uso dos indivíduos.

Houve um aumento expressivo nas densidades populacionais estimadas das populações um ano após a introdução contínua de alimento (Figura 4). A área de uso média para todos os indivíduos avaliados foi de 0,20 ha, variando de 0,01 a 1,32 ha, (Figura 5). O uso do espaço variou entre os sexos ($F = 21,85$; $p < 0,001$), onde os machos apresentaram uma maior área de uso do que as fêmeas. A ANCOVA também mostrou que o número de capturas ($F = 0,390$; $p = 0,53$) e a introdução de alimento ($F = 0,209$; $p = 0,65$) não influenciaram significativamente a área de uso estimada e nem a interação entre elas ($F = 1,808$; $p = 0,18$).

A adição de comida aparentemente não influenciou a sobreposição de áreas de uso (Figura 6). Foi possível notar uma maior quantidade de indivíduos e de sobreposição na época da seca, no entanto, a baixa quantidade de recaptura dos indivíduos no período da chuva não permitiu um número suficiente para avaliar os dois períodos.

Os resultados indicaram um uso mais intenso do estrato superior em áreas com os comedouros ($F = 56,559$; $p < 0,001$) (Figura 7), fatores como estações do ano ($F = 1,107$; $p = 0,293$) e o sexo ($F = 1,777$; $p = 0,131$) não foram tão importantes isoladamente para determinar o uso do espaço vertical, mas a interação entre estação do ano e sexo ($F = 4,887$; $p < 0,05$).

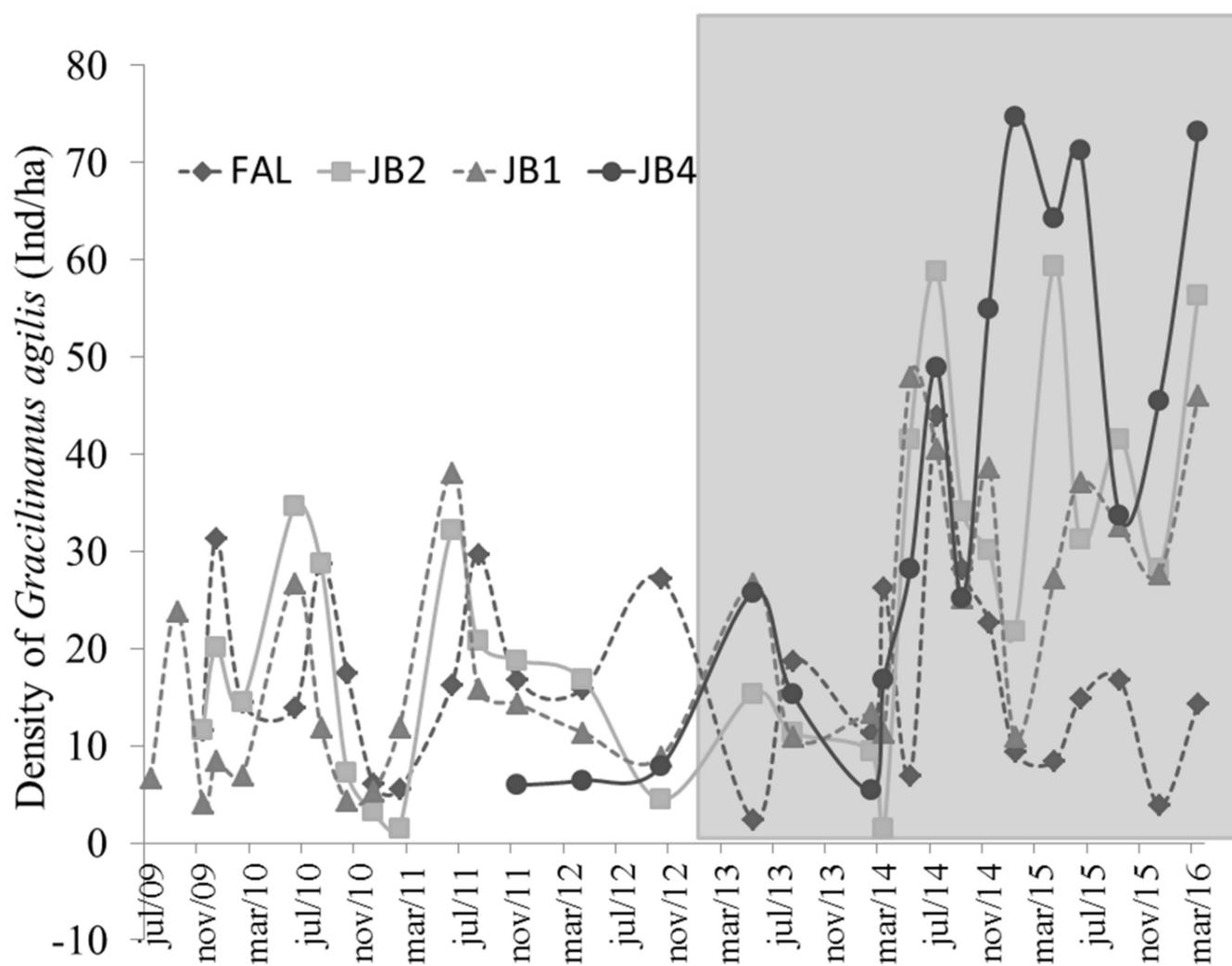


Figura 4 - Densidade de indivíduos por área efetiva de amostragem em cada campanha nas quatro manchas amostradas de cerrado no Brasil central. As campanhas foram realizadas entre julho 2009 e março 2015. Em fundo cinza está destacado o período em que as áreas estavam com adição de alimento. As áreas que tiveram adição de alimento estão salientadas com linhas contínuas (JB2 e JB4) e as áreas controle (sem adição de alimento – JB1 e FAL) estão representadas pelas linhas pontilhadas.

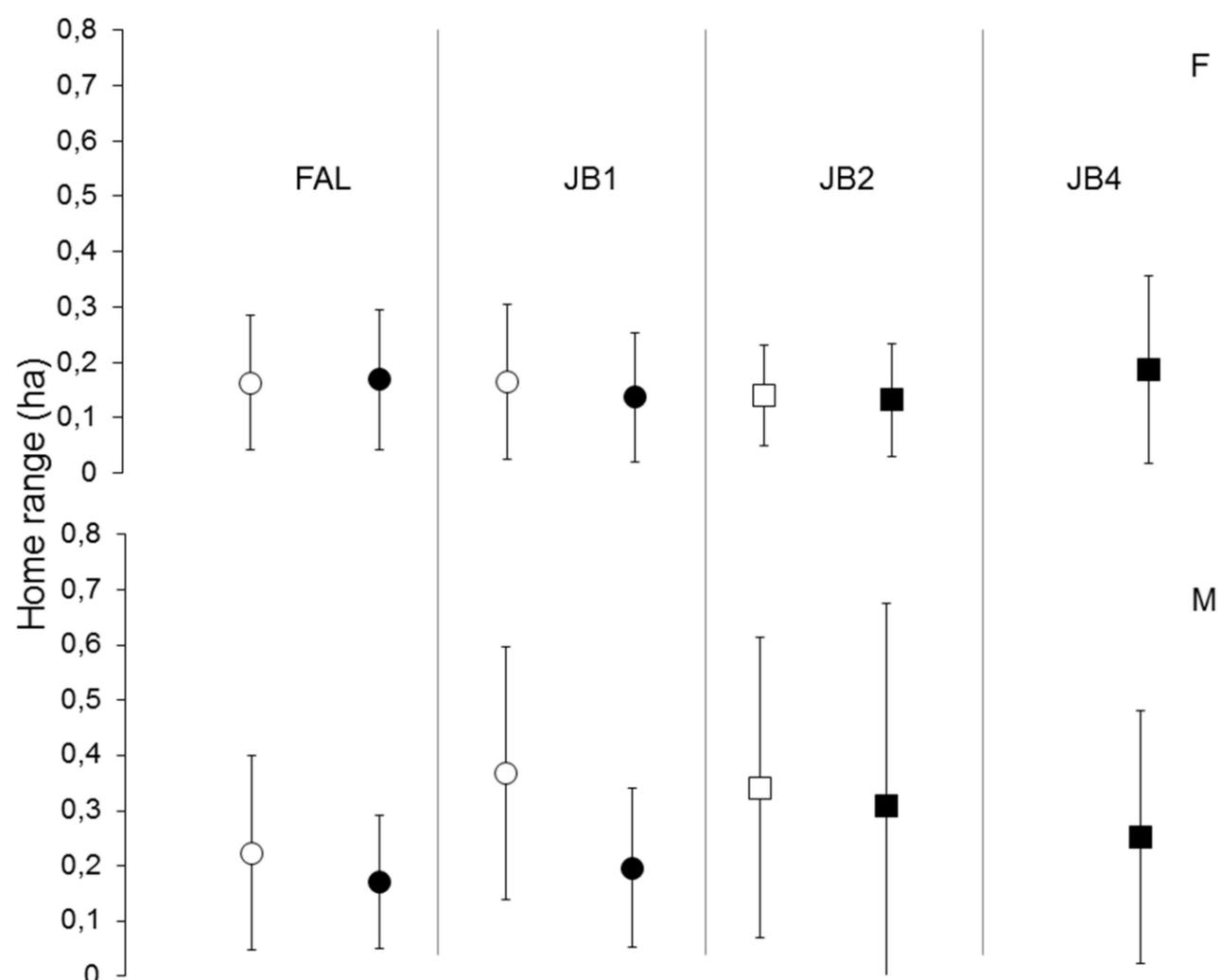


Figura 5 - Área de uso de *G. agilis* em função do sexo e da introdução de alimento para cada área amostrada. Acima estão representadas as fêmeas (F) e abaixo os machos (M). Os símbolos redondos representam as áreas controle, ou seja, sem adição de alimento, enquanto os símbolos quadrados são as áreas com suplementação alimentar. Os símbolos em branco representam as áreas antes da experimentação com a adição e os símbolos preenchidos representam as áreas durante o período da experimentação.

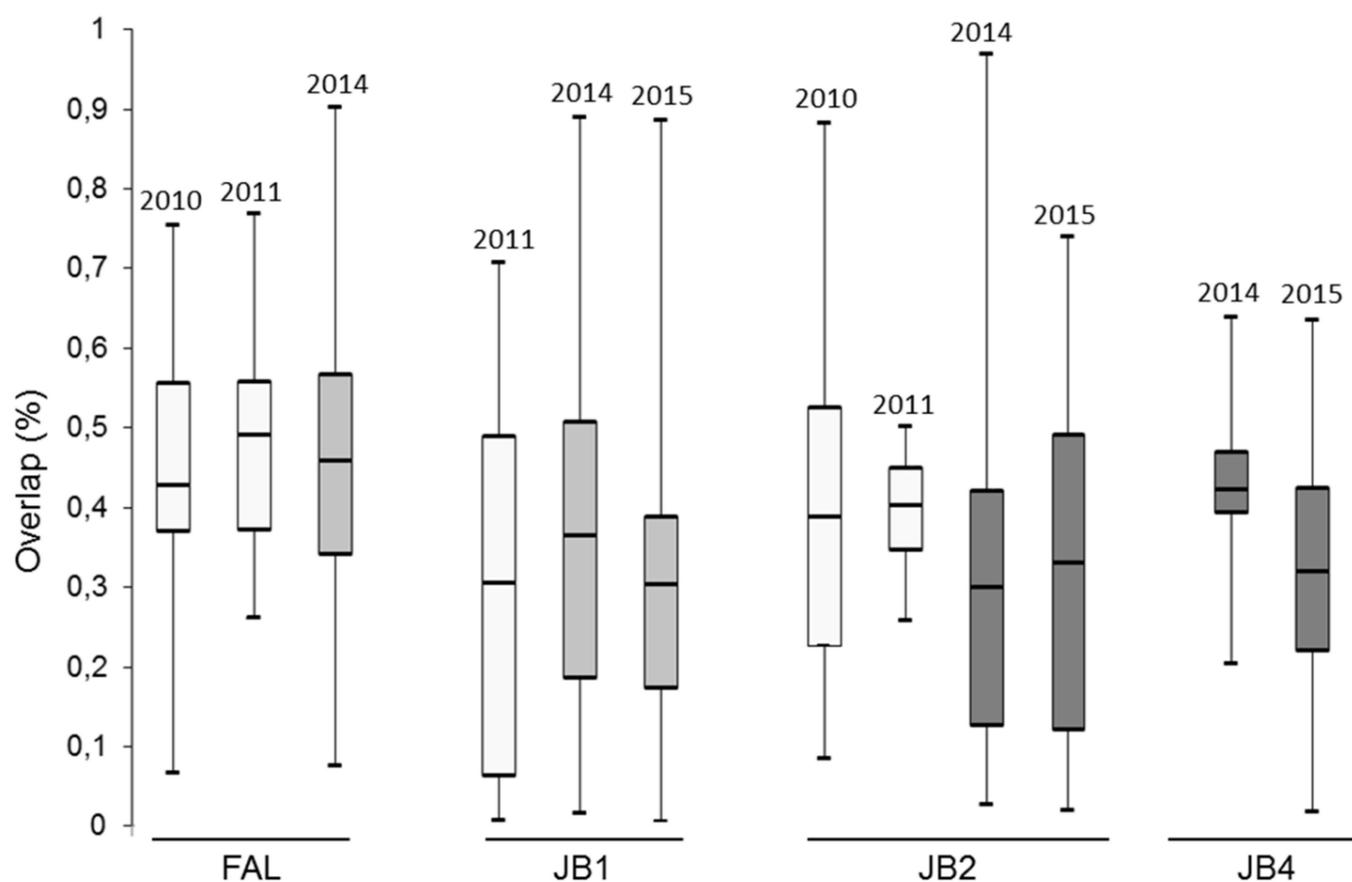


Figura 6 – Porcentagem de sobreposição das áreas de uso dos indivíduos nas estações de seca. À esquerda estão as áreas que não tiveram adição de recurso alimentar (FAL e JB1) e à direita estão as áreas que tiveram (JB2 e JB4). O fundo em cinza mais claro refere-se às áreas controle (que não receberam suplementação alimentar), mas no período em que foi feita a adição de alimento. O fundo em cinza mais escuro é referente às áreas com suplementação alimentar. As linhas mais externas representam o mínimo e o máximo dos valores para cada área, o retângulo representa o primeiro e o terceiro quartil e a linha mais escura, ao centro, representa a mediana dos valores de sobreposição para cada área em cada período.

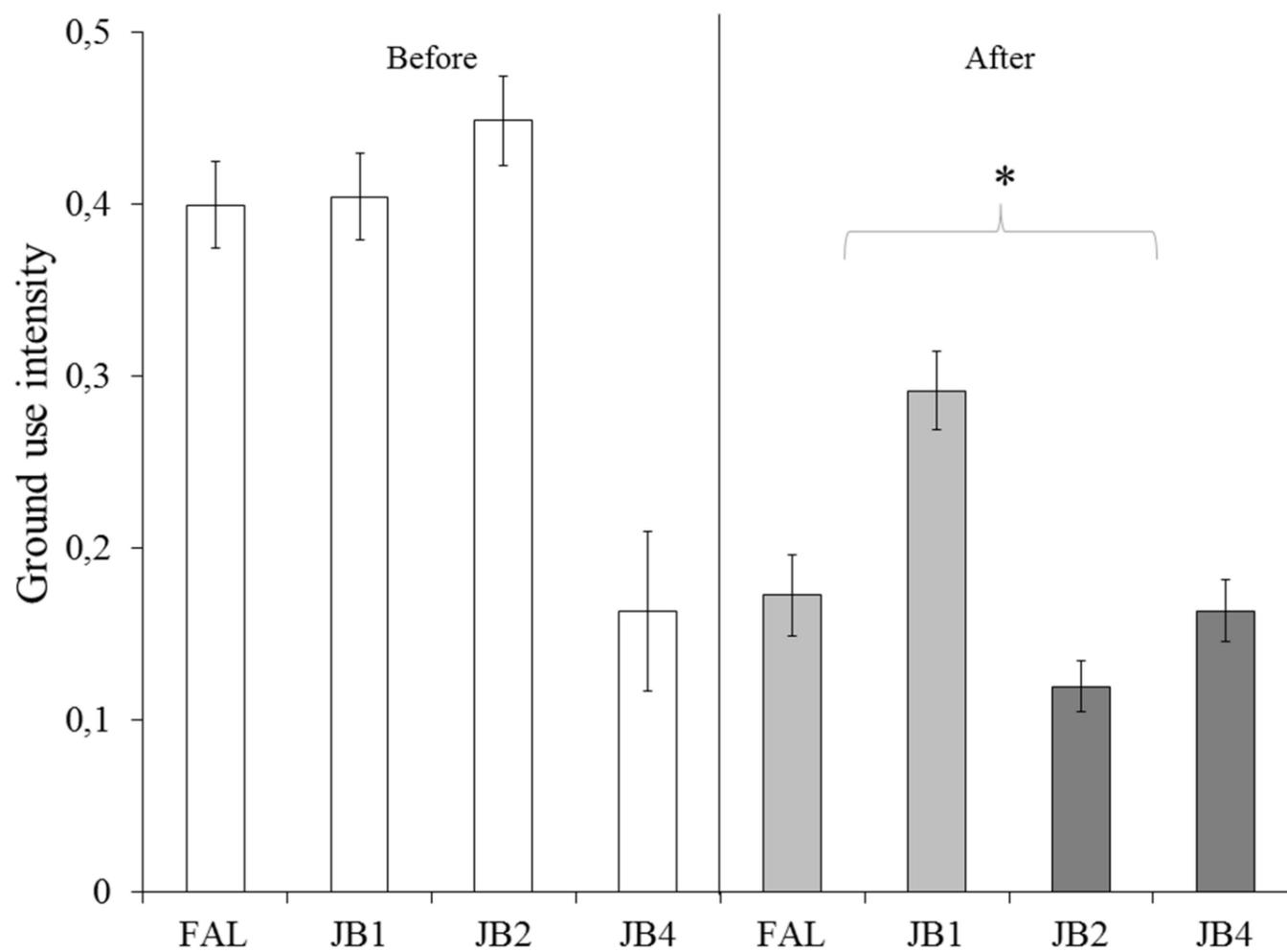


Figura 7 - Média da intensidade do uso do solo por *G. agilis* antes da adição de alimento (Before) e depois da adição de alimento (After). À esquerda estão todas as áreas antes da introdução de alimento, e à direita em cinza claro as áreas controle (FAL e JB1) e em cinza escuro as áreas que receberam adição de alimento (JB2 e JB4). As barras indicam o erro padrão dos dados. Simbolizado com asterisco (*) estão representadas as áreas em que houve uma diminuição significativa do uso do solo.

Discussão

Os resultados do meu estudo mostram que a adição de alimento no sistema afetou principalmente o aumento das populações. As áreas de uso e sobreposição das mesmas aparentemente não foram afetadas. Houve, no entanto, uma diminuição no uso do solo por esses animais, apesar de seu efeito não ser significativo quando considerado a área de uso horizontal de *G. agilis*. Isso indica que, apesar da população não ter, aparentemente, atingido a capacidade suporte com relação ao número de indivíduos, a busca por alimento parece não limitar o uso do espaço de *G. agilis*, e sim direcioná-lo, principalmente na dimensão verticalmente.

A área de uso encontrada não foi afetada pela adição de alimento e se manteve semelhante às áreas encontradas nos outros trabalhos com o gênero (Fernandes et al. 2010, Ribeiro 2011, Passamani and Rosa 2015). Considerando que a população como um todo não alterou o uso do espaço com a introdução de alimento, isso sugere que a adição de alimento não seja um fator relevante para a determinação da área de uso desse pequeno marsupial. Resultados similares também foram encontrados para roedores (Wolff 1985, Guyer 1988, Fortier and Tamarin 1998), que não apresentaram essa relação de adição de alimento e diminuição da área de uso.

Apesar da dieta generalista, é possível que *G. agilis* necessite de algum nutriente que não está contemplado na adição de ração e que obrigue os indivíduos a buscar outras fontes de alimento (Prevedello et al. 2013). Estudos mostram que há alguns nutrientes que determinam a área de uso de algumas espécies, principalmente as fêmeas, que necessitariam mais de certos nutrientes para alimentar seus filhotes na época reprodutiva (McNab 1979, DeGabriel et al. 2009, Camargo et al. 2014). Por conta disso, apesar da entrada de energia proveniente da adição alimentar, os indivíduos poderiam ainda continuar a forragear a procura de nutrientes mais específicos.

Assim como RIBEIRO (2011), encontrei que os sexos variaram sua área de uso em uma escala temporal reduzida, considerando as estações de seca e chuva. RIBEIRO (2011) sugeriu que essa diferença poderia ser devido à disponibilidade sazonal de alimento. Corroborando com esses resultados, meu estudo encontrou diferenças no uso do espaço para cada sexo e para cada estação, onde os machos apresentaram áreas de uso maiores do que as fêmeas e para ambos as áreas são maiores na seca do que na chuva. No entanto, nenhum desses fatores teve rela-

ção com a introdução de recurso alimentar.

G. agilis é um pequeno marsupial semélparo com ciclo de vida anual, logo, é possível inferir que essa diferença entre as áreas de uso também possam estar condicionadas à classe etária, que seguem o padrão da sazonalidade (Martins et al. 2006a, Fernandes et al. 2010). Durante o período da chuva a população apresenta indivíduos mais jovens e, conseqüentemente, menores, o que pode resultar em uma menor área de uso (Harestad and Bunnell 1979, Lindstedt et al. 1986, Kelt and Van Vuren 1999). No entanto, isso não foi avaliado diretamente em meu trabalho, pois optei por não separar as faixas etárias de cada indivíduo, a fim de maximizar o tamanho da minha amostra. Para avaliar esse aspecto, são necessários estudos posteriores com o uso de telemetria nas populações acompanhando o uso do espaço de várias gerações.

Outro fator que pode influenciar a área de uso de um indivíduo, sugerido por Burt (1943), é a reprodução. A busca por parceiros pode ser mais determinante para *G. agilis* do que a alimentação, como ocorre para algumas espécies de esquilos (Wauters and Dhondt 1992, Lurz et al. 2000). Devido às características de promiscuidade e semelparidade, os machos muitas vezes aumentam sua área de uso durante o período de acasalamento a fim de maximizar o número de fêmeas copuladas (Pires and Fernandez 1999, Loretto and Vieira 2005, Martins et al. 2006c). Com isso, a adição de alimento aumentaria a reserva de energia do indivíduo e o permitiria se deslocar por um espaço maior para aumentar seu sucesso copulatório, o que resultaria em um aumento da população (como foi observado) e não necessariamente em uma diminuição de área de uso (Krebs 2013). Além disso, o aumento de indivíduos que imigraram para as áreas com adição de recurso alimentar aumenta a densidade local e, em consequência, a competição intraespecífica por parceiros. Isso obrigaria os indivíduos a percorrer uma área maior. Essa necessidade poderia contrabalançar os efeitos do aumento de recursos disponíveis, resultando em áreas de uso similares às aquelas encontradas quando não há suplementação alimentar. Já as fêmeas, apresentam uma maior área de uso na época de amamentação, quando o gasto de energia é maior e elas devem buscar mais alimento (Wolff 1985, Ims 1987, Fortier and Tamarin 1998, Pillay et al. 2015). A adição de comida faria, então, com que mais filhotes conseguissem chegar à fase adulta, influenciando diretamente na taxa de sobrevivência (Krebs 2013) sem um efeito direto na área de uso do animal.

De acordo com meus resultados, as populações de *G. agilis* que tiveram suplementação alimentar só começaram a diferenciar das populações controle um ano depois da introdução do alimento. A demora dessa resposta pode estar relacionada com a estratégia reprodutiva de *G. agilis*, que de semélpara anual passaria a ser semi-semélpara. Sendo assim, haveria um primeiro evento reprodutivo mais intenso no primeiro ano seguido de um segundo evento, apresentado por uma menor proporção da população, no ano seguinte, como o constatado por Martins et al. (2006c) para uma espécie congênera. Isso indica que a suplementação alimentar estaria causando uma resposta intrínseca na população, ou seja, a população estaria se reproduzindo mais e seus indivíduos sobrevivendo por mais tempo, assim como acontece com lagartos *Norops humilis* (Guyer 1988). Essa resposta à adição de alimento difere da maioria dos trabalhos com pequenos mamíferos encontrados por Prevedello et al. (2013), onde o padrão geral mostra o aumento da densidade populacional via imigração, ou seja, tiveram um efeito a curto prazo.

Meus resultados mostraram que, apesar do aumento da densidade, não houve uma maior sobreposição nas áreas de uso dos indivíduos. Esse resultado foi similar ao encontrado para ursos pretos, onde as populações tiveram um aumento na densidade de indivíduos com a suplementação alimentar em uma escala maior, mas não houve necessariamente um aumento da sobreposição da área de uso dos indivíduos (Rogers 2013). O esperado para pequenos mamíferos, em geral, é que a suplementação alimentar diminua a área de uso dos indivíduos até certo tamanho e então há um aumento na sobreposição da área de uso dos indivíduos, podendo desencadear um aumento nos níveis de agressão e defesa de territórios (Wolff 1985, Ims 1987). Mesmo não apresentando resultados significativos, foi possível observar que há uma tendência de aumento da sobreposição das áreas de uso, principalmente na época da chuva. Essas diferenças podem não ter sido sensíveis o suficiente para as análises devido à baixa quantidade de indivíduos, estações e áreas utilizadas. De qualquer forma, a hipótese de que outros fatores que não alimento determinem o tamanho da área de uso e também a sobreposição destas não deve ser descartada e merece ser investigada em estudos futuros.

Os resultados que obtive indicaram que *G. agilis* modifica seu uso do espaço de forma mais intensa no eixo vertical do que na dimensão horizontal do seu ambiente quando há adição de alimento. Essa suplementação ali-

mentar leva a um menor uso proporcional do solo em relação ao estrato arbóreo. Esse padrão indica que o uso do solo pode estar atrelado ao forrageamento. *Gracilinanus agilis* é descrito como um marsupial de pequeno porte arborícola (Emmons and Feer 1997, Paglia et al. 2012), no entanto, meu estudo mostra que ele utiliza o solo em proporções maiores do que outras espécies consideradas arborícolas chegando a valores de até 60% de uso do solo, diferente de outros gêneros de didelfidos, como *Caluromys* (Julien-Laferriere 1995, Emmons and Feer 1997, Camargo 2015). Esse uso acentuado do solo pode estar relacionado com a busca por alimento. Camargo (2014) mostrou que essa espécie consome insetos como formigas e cupins principalmente na época da seca. Esses insetos são fontes de alimento ricos em água e disponíveis principalmente no solo, direcionando o uso desse estrato para forrageamento. Animais que capturam presas vivas costumam forragear mais frequentemente no solo em comparação com os estratos superiores das florestas, devido a limitações nos processos de perseguição, captura e subjugação de presas ao longo de galhos e ramos suspensos (Emmons 1995).

A redução do uso do solo em função de uma maior oferta de recursos pode estar relacionada com risco de predação. Uma vez que os animais precisem menos de buscar alimento (presas) no solo, podem reduzir o tempo em que permanecem nesse estrato. Com isso eles poderiam reduzir o risco potencial de predação, pois vários predadores potenciais de pequenos mamíferos forrageiam principal ou exclusivamente no solo (Bueno and Motta-junior 2006, Pedó et al. 2006, Paglia et al. 2012). A alteração de padrões de forrageamento por mamíferos em função do risco percebido (o chamado “landscape of fear”, ou cenário do medo) tem sido reportada em diversos estudos (Merwe and Brown 2008, Tolon et al. 2009, Laundré et al. 2010). O deslocamento em busca de alimentos com nutrientes específicos ou de parceiros para acasalamento poderiam ocorrer principalmente no estrato arbóreo.

Os animais utilizam o espaço para encontrar alimento, para reprodução e abrigo, mas enquanto realizam suas atividades também estão sujeitos à predação, competição e outras interações bióticas. Para *G. agilis*, o uso do espaço parece não estar relacionado somente com a busca por alimento. Esses pequenos marsupiais se alimentam principalmente de frutos (Melastomataceae e Solanaceae) e insetos coloniais (Isoptera e Hymenoptera), que podem ser considerados recursos de fonte adensados (McNab 1979, Camargo 2011, Camargo et al. 2014). Isso permite que *G. agilis* não precise se deslocar por áreas muito extensas para buscar alimento. Devido à estratégia re-

produtiva de promiscuidade e semelparidade anual (i.e. possuem um único evento reprodutivo ao ano), as fêmeas reprodutivas devem aumentar a área de uso de forma a incrementar a alimentação e direcionar a energia para o cuidado da prole durante um curto período de tempo enquanto os machos aumentam sua área de uso para copular com o maior número de fêmeas possível (Ribeiro 2011, Camargo et al. 2014). Isso faz com que a adição de alimento possivelmente aumente a competição intraespecífica por outros recursos, mascarando seus efeitos diretos no uso do espaço. Para confirmar esses pontos, novos estudos devem ser realizados para verificar como a dinâmica dessas populações é afetada com a adição de alimento.

Em suma, os resultados do presente estudo indicam que *G. agilis* não apresenta uma resposta individual direta de variação na dimensão horizontal da área de uso em resposta à suplementação de recursos alimentares. No entanto, os indivíduos respondem na dimensão vertical, reduzindo o uso do solo em áreas com suplementação alimentar. Isso pode estar relacionado a um relaxamento na necessidade de obtenção de recursos e consequente redução da atividade em locais com maior risco percebido (“landscape of fear”). Além disso, a espécie aparentemente apresenta uma resposta em nível populacional, com um aumento na densidade em áreas onde houve a oferta de recursos.

Referências bibliográficas

- Adler, G. H. 1998. Impacts of resource abundance on populations of a tropical forest rodent. *Ecology* 79:242–254.
- Boonstra, R., C. J. Krebs, and N. C. Stenseth. 1998. Population cycles in small mammals: the problem of explaining the low phase. *Ecology* 79:1479–1488.
- Broughton, S. K., and C. R. Dickman. 1991. The effect of supplementary food on home range of the southern brown bandicoot, *Isodon obesulus* (Marsupialia : Peramelidae). *Australian Journal of Ecology* 16:71–78.
- Bueno, A. A., and J. C. Motta-junior. 2006. Small mammal selection and functional response in the diet of the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Mammalia: Canidae) in Southeast Brazil. *Mastozoologia Neotropical* 13:11–19.
- Burt, W. H. 1943. Territoriality and Home Range Concepts as Applied to Mammals. *Journal of Mammalogy* 24:346–352.
- Calenge, C. 2006. The package adehabitat for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling* 197:516–519.
- Camargo, N. F. 2011. Frugivory and potential seed dispersal by the marsupial *Gracilinanus agilis* (Didelphidae : Didelphimorphia) in areas of Cerrado in central Brazil Frugivoria e potencial dispersão de sementes pelo marsupial *Gracilinanus agilis* (Didelphidae : Didelphimorphia) em áreas de Cerrado no Brasil central.
- Camargo, N. F. De. 2015. Uso dos estratos verticais por pequenos mamíferos em formações florestais do Cerrado brasileiro: padrões de diversidade, relação com a disponibilidade de recursos, seleção de hábitat e habilidade de locomoção arborícola das espécies. Universidade de Brasília.
- Camargo, N. F., J. F. Ribeiro, A. J. de Camargo, and E. M. Vieira. 2014. Diet of the gracile mouse opossum *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae) in a neotropical savanna: Intraspecific variation and resource selection. *Acta Theriologica* 59:183–191.

- Castellarini, F., and J. Polop. 2002. Effects of extra food on population fluctuation patterns of the muroid rodent *Calomys venustus*. *Austral Ecology* 27:273–283.
- DeGabriel, J. L., B. D. Moore, W. Foley, and C. N. Johnson. 2009. The effects of plant defensive chemistry on nutrient availability predict reproductive success in a mammal. *Ecology* 90:711–719.
- Emmons, L. H. 1995. Mammals of rain forest canopies. Pages 199–223 in M. Lowman and N. Nadkarni, editors. *Forest Canopies*. Academic Press, San Diego, California.
- Emmons, L. H., and F. Feer. 1997. *Neotropical Rainforest Mammals*. 2nd edition. The University of Chicago Press, Chicago.
- Emsens, W., L. Suselbeek, B. T. Hirsch, R. Kays, and A. J. S. Winkelhagen. 2012. Effects of Food Availability on Space and Refuge Use by a Neotropical Scatterhoarding Rodent. *Biotropica* 0:1–6.
- Fernandes, F. R., L. D. Cruz, E. G. Martins, and S. F. dos Reis. 2010. Growth and home range size of the gracile mouse opossum *Gracilinanus microtarsus* (Marsupialia: Didelphidae) in Brazilian cerrado. *Journal of Tropical Ecology* 26:185.
- Flowerdew, J. R. 1972. The effect of supplementary food on a population of wood mice (*Apodemus sylvaticus*). *Journal of Animal Ecology* 41:553–566.
- Ford, R. G., and D. W. Krumme. 1979. The analysis of space use patterns. *Journal of Theoretical Biology* 76:125–155.
- Fortier, G. M., and R. H. Tamarin. 1998. Movement of meadow voles in response to food and density manipulations: a test of the food-defense and pup-defense hypotheses. *Journal of Mammalogy* 79:337–345.
- Fridell, R. a., and J. a. Litvaitis. 1991. Influence of resource distribution and abundance on home-range characteristics of southern flying squirrels. *Canadian Journal of Zoology* 69:2589–2593.
- Galindo-Leal, C., and C. J. Krebs. 1998. Effects of food abundance on individuals and populations of the rock mouse (*Peromyscus difficilis*). *Journal of Mammalogy* 79:1131–1142.

- Getz, L. L., and B. McGuire. 2008. Factors Influencing Movement Distances and Home Ranges of the Short-tailed Shrew (*Blarina brevicauda*). *Northeastern Naturalist* 15:293–302.
- Gotelli, N. J., and A. M. Ellison. 2004. *A primer of Ecological Statistics*. Sinauer Associates, Inc, Sunderland.
- Guyer, C. 1988. Food Supplementation in a Tropical Mainland Anole , *Norops humilis* : Effects on Individuals. *Ecology* 69:362–369.
- Haase, P. 1995. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley ' s K -function : Introduction and methods of edge correction. *Journal of Vegetation Science* 6:575–582.
- Harestad, A. S., and F. L. Bunnell. 1979. Home Range and Body Weight--A Reevaluation. *Ecology* 60:389–402.
- Hayne, D. W. 1949. Calculation of Size of Home Range. *Journal of Mammalogy* 30:1–18.
- Hubbs, A. H., and R. Boonstra. 1998. Effects of food and predators on the home-range sizes of Arctic ground squirrel (*Spermophilus parryii*). *Canadian Journal of Zoology* 76:592–596.
- IBRAM. 2015. IBRAM. <http://www.ibram.df.gov.br/>.
- Ims, R. A. 1987. Responses in Spatial Organization and Behaviour to Manipulations of the Food Resource in the Vole *Clethrionomys rufocanus*. *Journal of Animal Ecology* 56:585–596.
- Julien-Laferrriere, D. 1995. Use of space by the woolly opossum *Caluromys philander* (Marsupialia , Didelphidae) in French Guiana. *Canadian Journal of Zoology* 1289:1280–1289.
- Karels, T. I. M. J., A. E. Byrom, R. Boonstra, and C. J. Krebs. 2000. The interactive effects of food and predators on reproduction and overwinter survival of arctic ground squirrels. *Journal of Animal Ecology* 69:235–247.
- Kelt, D. a., and D. H. Van Vuren. 1999. Energetic constraints and the relationship between body size and home ranges in mammals. *Ecology* 80:337–340.
- Krebs, C. J. 2013. *Population Fluctuation in Rodents*. University of Chicago Press, London & Chicago.
- Laundré, J. W., L. Hernández, and W. J. Ripple. 2010. The Landscape of Fear : Ecological Implications of Being Afraid. *The Open Ecology Journal* 3:1–7.

- Leiner, N. O., and W. R. Silva. 2007. Seasonal Variation in the Diet of the Brazilian Slender Opossum (*Marmosops paulensis*) in a Montane Atlantic Forest Area, Southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy* 88:158–164.
- Lindstedt, S. L., B. J. Miller, and S. W. Buskirk. 1986. Home Range, Time, and Body Size in Mammals. *Ecology* 67:413–418.
- Lira, P. K., and F. A. D. S. Fernandez. 2009. A comparison of trapping and radiotelemetry based estimates of home range of the neotropical opossum *Philander frenatus*. *Mammalian Biology* 74:1–8.
- Loretto, D., and M. V. Vieira. 2005. The effects of reproductive and climatic seasons on movements in the Black-Eared Opossum (*Didelphis aurita* Wied-Neuwied, 1826). *Journal of Mammalogy* 86:287–293.
- Lurz, P. W. W., P. J. Garson, and L. A. Wauters. 2000. Effects of temporal and spatial variations in food supply on the space and habitat use of red squirrels (*Sciurus vulgaris* L.).
- Martins, E. G., V. Bonato, C. Q. da-Silva, and S. F. dos Reis. 2006a. Seasonality in reproduction, age structure and density of the gracile mouse opossum *Gracilinanus microtarsus* (Marsupialia: Didelphidae) in a Brazilian cerrado. *Journal of Tropical Ecology* 22:461.
- Martins, E. G., V. Bonato, H. P. Pinheiro, and S. F. Reis. 2006b. Diet of the gracile mouse opossum (*Gracilinanus microtarsus*) (Didelphimorphia: Didelphidae) in a Brazilian cerrado: patterns of food consumption and intrapopulation variation 269:21–28.
- Martins, E. G., V. Bonato, C. Q. Silva, and S. F. Reis. 2006c. Partial Semelparity in the Neotropical Didelphid Marsupial *Gracilinanus microtarsus*. *Journal of Mammalogy* 87:915–920.
- McNab, B. K. 1979. The Influence of Body Size on the Energetics and Distribution of Fossorial and Burrowing Mammals. *Ecology* 60:1010–1021.
- Mendiburu, F. 2016. *agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*.
- Mendonça, A. F., T. Armond, A. C. L. Camargo, P. L. Zangrandi, and E. M. Vieira. 2017. Round-pot feeder: low-cost apparatus for field studies on food supplementation for arboreal small mammals. *Mammalia* 96:368–379.

- Merwe, M. Van Der, and J. S. Brown. 2008. Mapping the Landscape of Fear of the Cape Ground Squirrel (*Xerus inauris*). *Journal of Mammalogy* 89:1162–1169.
- Moorcroft, P. R., and A. Barnett. 2008. Mechanistic Home Range Models and Resource Selection Analysis: A Reconciliation and Unification. *Ecology* 89:1112–1119.
- Moraes Junior, E. a., and A. G. Chiarello. 2005. Sleeping sites of woolly mouse opossum *Micoureus demerarae* (Thomas) (Didelphimorphia, Didelphidae) in the Atlantic Forest of south-eastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22:839–843.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- Paglia, A. P., A. B. Rylands, G. Herrmann, L. M. S. Aguiar, A. G. Chiarello, Y. L. R. Leite, L. P. Costa, and S. Siciliano. 2012. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil. Occasional paper:76pp.
- Passamani, M., and C. A. Rosa. 2015. Use of space by the marsupials *Gracilinanus microtarsus* (Gardner and Creighton , 1989) and *Marmosops incanus* (Lund , 1840) in an Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Journal of Natural History* 49:1225–1234.
- Pedó, E., A. C. Tomazzoni, S. M. Hartz, and A. U. Christoff. 2006. Diet of crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Linnaeus) (Carnivora , Canidae), in a suburban area of southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23:637–641.
- Pillay, N., I. Schoepf, G. Schmohl, and K. Barbara. 2015. Manipulation of population density and food availability affects home range sizes of African striped mouse females. *Animal Behaviour* 99:53–60.
- Pires, A. D. S., and F. A. D. S. Fernandez. 1999. Use of space by the marsupial *Micoureus demerarae* in small Atlantic Forest fragments in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 15:279–290.
- Prevedello, J. A., C. R. Dickman, M. V. Vieira, and E. M. Vieira. 2013. Population responses of small mammals to food supply and predators : a global meta-analysis. *Journal of Animal Ecology*.
- Prevedello, J. a., A. F. Mendonça, and M. V. Vieira. 2008. Uso do espaço por pequenos mamíferos: uma análise dos

- estudos realizados no Brasil. *Oecologia brasiliensis* 12:610–625.
- Püttker, T., T. Püttker, Y. Meyer-Lucht, Y. Meyer-Lucht, S. Sommer, and S. Sommer. 2006. Movement distances of five rodent and two marsupial species in forest fragments of the coastal atlantic rainforest, brazil. *Ecotropica* 12:131–139.
- Ratter, J. A., J. F. Ribeiro, and S. Bridgewater. 1997. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Annals of Botany* 80:223–230.
- Ribeiro, J. F. 2011. Avaliação do uso do espaço pelo marsupial *Gracilinanus agilis* em área de cerrado no Brasil Central.
- Ribeiro, J. F., and B. M. T. Walter. 2008. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. Page 406 in S. M. Sano, S. P. Almeida, and J. F. Ribeiro, editors. *Cerrado Ecologia e Flora volume 1*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF.
- Rogers, L. 2013. Effects of Food Supply and Kinship on Social Behaviour, Moviments, and Population Growth of Black Bears in Northeastern Minnesota. *Wildlife Monographs*:3–72.
- Sanches, V. Q. A., M. M. D. A. Gomes, F. D. C. Passos, G. Graciolli, and A. C. D. A. Ribas. 2012. Home-range and space use by *Didelphis albiventris* (Lund 1840)(Marsupialia, Didelphidae) in Mutum Island, Paraná river, Brazil. *Biota Neotropica* 12:0–6.
- Sano, E. E., R. Rosa, J. L. S. Brito, and L. G. Ferreira. 2008a. Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado. Planaltina, DF.
- Sano, S. M., S. P. Almeida, and J. F. Ribeiro. 2008b. *Cerrado Ecologia e Flora*. Embrapa, Brasília, DF.
- Schnut, J. T., N. Boers, and R. Haigh. 2015. *PBSmapping: Mapping Fisheries Data and Spatial Analysis Tools*.
- Schoener, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185:27–39.
- Sunquist, M. E., S. N. Austad, and F. Sunquist. 1987. Movement Patterns and Home Range in the Common Opossum (*Didelphis marsupialis*). *Journal of Mammalogy* 68:173–176.

- Sutherland, W. J., R. P. Freckleton, H. C. J. Godfray, S. R. Beissinger, T. Benton, D. D. Cameron, Y. Carmel, D. a. Coomes, T. Coulson, M. C. Emmerson, R. S. Hails, G. C. Hays, D. J. Hodgson, M. J. Hutchings, D. Johnson, J. P. G. Jones, M. J. Keeling, H. Kokko, W. E. Kunin, X. Lambin, O. T. Lewis, Y. Malhi, N. Mieszkowska, E. J. Milner-Gulland, K. Norris, A. B. Phillimore, D. W. Purves, J. M. Reid, D. C. Reuman, K. Thompson, J. M. J. Travis, L. a. Turnbull, D. a. Wardle, and T. Wiegand. 2013. Identification of 100 fundamental ecological questions. *Journal of Ecology* 101:58–67.
- Team, R. C. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Tolon, V., S. Dray, A. Loison, A. Zeileis, C. Fischer, and E. Baubet. 2009. Responding to spatial and temporal variations in predation risk : space use of a game species in a changing landscape of fear. *Canadian Journal of Zoology* 1137:1129–1137.
- UNESCO. 2003. Subsídios ao zoneamento da APA Gama-Cabeça de Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado : caracterização e conflitos socioambientais. Page MAB. UNESCO, MAB, Brasilia, DF.
- Vieira, M. V., and A. De Almeida Cunha. 2008. Scaling body mass and use of space in three species of marsupials in the Atlantic Forest of Brazil. *Austral Ecology* 33:872–879.
- Wauters, L., and A. A. Dhondt. 1992. Spacing behaviour of red squirrels, *Sciurus vulgaris* : variation between habitats and the sexes. *Animal Behaviour* 43:297–311.
- Wiens, J. A. 2002. Predicting species occurrences: progress, problems, and prospects. Pages 739–749 in J. M. Scott, P. J. Heglund, M. L. Morrison, J. B. Hafler, M. G. Raphael, W. A. Wall, and F. B. Samson, editors. *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*. Island Press, Washington, D.C.
- Willems, E. P., and R. A. Hill. 2009. Predator-specific landscapes of fear and resource distribution effects on spatial range use. *Ecology* 90:546–555.
- Wolff, J. O. 1985. The effects of density , food , and interspecific interference on home range size in *Peromyscus leucopus* and *Peromyscus maniculatus*. *Canadian Journal of Zoology* 63:2657–2662.

Worton, B. J. 1987. A review of models of home range for animal movement. *Ecological Modelling* 38:277–298.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall International, INC, United State of America.

Material suplementar

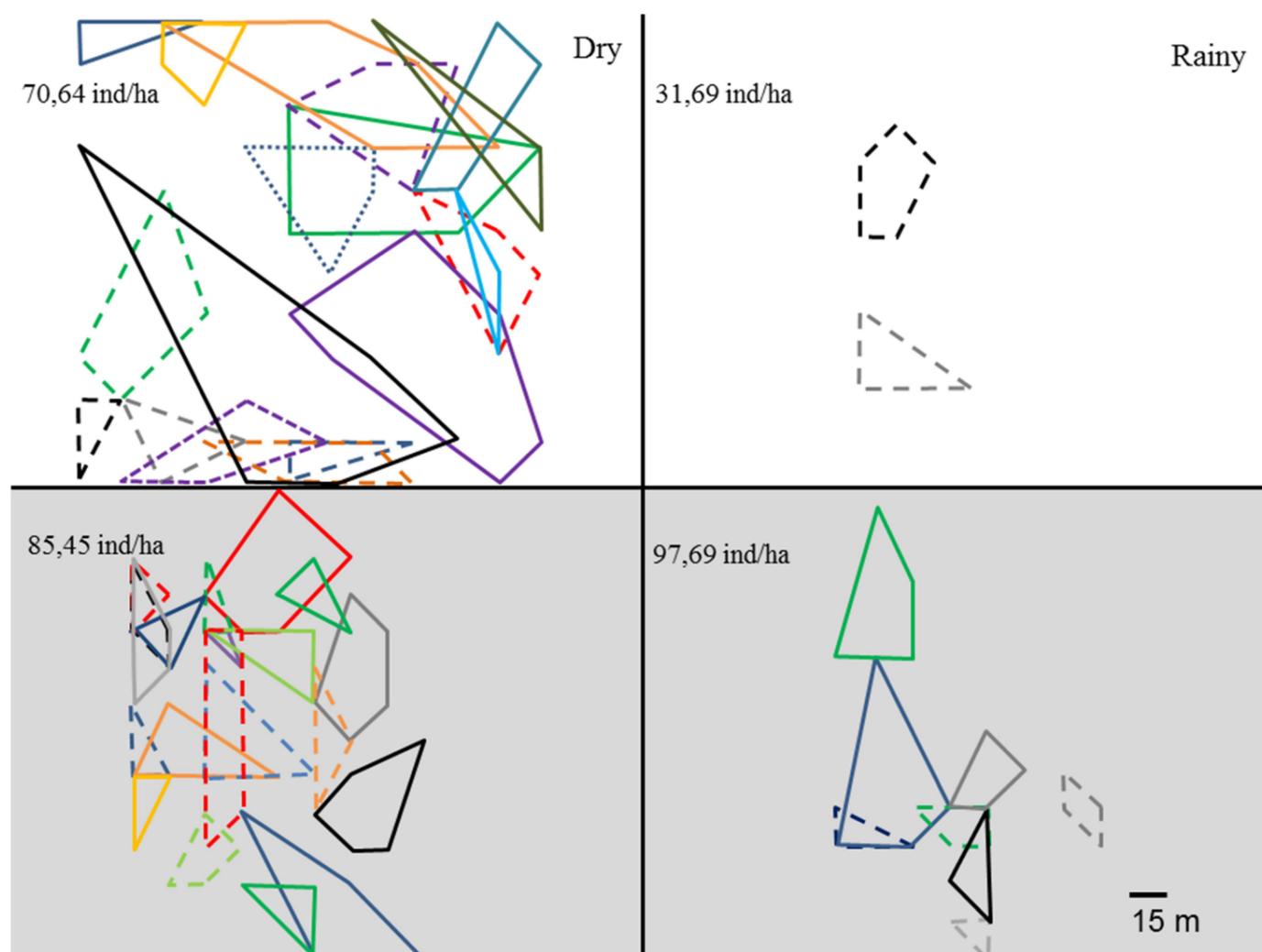


Figura 1– Distribuição dos mínimos polígonos convexos encontrados para *G. agilis* nas grades (JB2 – à cima; JB4 – à baixo) em cada estação e para cada tratamento. À esquerda estão exemplificadas as distribuições de polígonos no período da seca (Dry) e à direita estão a distribuição dos polígonos no período da chuva (Rainy). No canto superior esquerdoda imagem estão os valores de densidade de indivíduos nos momentos correspondentes. As distribuições acima (com fundo branco) representam a distribuição de polígonos sem a suplementação alimentar, e as distribuições abaixo (com fundo cinza) representam a distribuição com a suplementação alimentar. Os polígonos com traço contínuo representam indivíduos do sexo masculino e os tracejados e pontilhados representam os do sexo feminino.



Figura 2 – Foto de *G. agilis* em uma área de cerradão do Brasil Central.