



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Dieta de *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae)
em áreas de cerradão no Brasil central: variações intra-
específicas e o papel da espécie como potencial dispersor de
sementes**

Nícolas Ferreira de Camargo

Dissertação apresentada ao
programa de Pós-Graduação em
Ecologia como um dos requisitos
para a obtenção do título de Mestre
em Ecologia.

Orientador: Emerson Monteiro

Brasília,

2011

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

Ao Departamento de Ecologia e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia por conceder a oportunidade e a infra-estrutura para o desenvolvimento do estudo.

Ao Professor Emerson M. Vieira pela grande oportunidade e orientação.

À todas as pessoas que ajudaram em campo.

Ao Stefano Aires e à Professora Heloísa Miranda pelas dicas sobre germinação de sementes.

À Professora Cássia Munhoz e aos responsáveis pelo Herbário da UnB pela identificação das plantas.

Ao Leandro Corrêa pelas dicas estatísticas.

Ao Amábilio Camargo pela identificação dos insetos.

Aos amigos e familiares por todo apoio e compreensão.

Aos colegas e professores do curso pela convivência.

Sumário

Agradecimentos	ii
Sumário.....	iii
Índice de figuras	v
Índice de tabelas	viii
Resumo	ix
Abstract.....	xi
Introdução geral.....	1
Capítulo 1-Composição e variação intra-específica na dieta de <i>Gracilinanus agilis</i> (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de cerrado no Brasil central	3
Resumo	3
Abstract.....	4
1. Introdução.....	5
2. Materiais e métodos.....	7
2.1 Caracterização do Cerrado.....	7
2.2 Espécie estudada.....	7
2.3 Áreas de estudo.....	8
2.4 Coleta de dados.....	10
2.4.1 Captura de <i>Gracilinanus agilis</i>	10
2.4.2 Coleta das fezes e identificação dos itens alimentares	10
2.4.3 Abundância de artrópodes em cada área amostrada.....	11
2.5 Análises estatísticas	12
3. Resultados.....	13
3.1 Frequência total no consumo de itens.....	13
3.2 Abundância relativa dos itens alimentares consumidos	15
3.3 Variação intra-específica e sazonal na frequência das ordens de insetos mais consumidas	19
3.4 Seleção das ordens de insetos mais consumidos	24
4. Discussão	26
4.1 Frequência total no consumo de itens.....	26
4.2 Abundância relativa dos itens alimentares consumidos	28
4.3 Variação intra-específica e sazonal na frequência das ordens de insetos mais consumidas	29

4.4 Seleção das ordens de insetos mais consumidas	32
4.5 Conclusão	34
5. Referências Bibliográficas.....	34
Capítulo 2-Frugivoria e potencial dispersão de sementes pelo marsupial <i>Gracilinanus</i> <i>agilis</i> (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de Cerrado no Brasil central	40
Resumo	40
Abstract.....	41
1. Introdução.....	42
2. Material e métodos	45
2.1 Germinação.....	45
2.2 Disponibilidade de frutos	45
2.3 Análises Estatísticas	45
3. Resultados.....	47
3.1 Germinação.....	47
3.2 Variação intra-específica no consumo de frutos.....	50
3.3 Seleção de frutos.....	53
4. Discussão	55
4.1 Germinação.....	55
4.2 Consumos de frutos por <i>G. agilis</i>	56
4.3 Variação intra-específica no consumo de frutos.....	57
4.4 Seleção e frutos.....	59
4.5 Conclusão	59
5. Referências bibliográficas	60
Conclusão geral	66

Índice de figuras

Capítulo 1-Composição e variação intra-específica na dieta de *Gracilinanus agilis* (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de cerrado no Brasil central

Figura 1. Mapa contendo as localizações das duas áreas de estudo em Brasília, DF, no Brasil central, onde (A) representa a Fazenda Água Limpa e (B) o Jardim Botânico de Brasília. A área em cinza no mapa do Brasil representa a distribuição do bioma Cerrado. O círculo representa localização da grade da FAL, o quadrado, o triângulo e o losango representam as três grades localizadas no Jardim Botânico de Brasília (JB1, JB2 e JB3 respectivamente)..... 9

Figura 2. Abundância de itens alimentares consumidos por *Gracilinanus agilis* de acordo com sexo (a) e épocas do ano (b). As barras em cima das colunas indicam o erro padrão Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Letras distintas indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre categorias de acordo com o teste a *posteriori* de Tukey. 16

Figura 3. Comparação entre machos e fêmeas quanto à abundância dos itens alimentares consumidos por *Gracilinanus agilis* nas épocas seca e chuvosa. As barras em cima das colunas indicam o erro padrão. Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Letras distintas indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre categorias de acordo com o teste a *posteriori* de Tukey. 17

Figura 4. Comparação entre fêmeas reprodutivas e não reprodutivas quanto à abundância dos três itens alimentares consumidos por *Gracilinanus agilis*. As barras em cima das colunas indicam o erro padrão. Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Letras distintas indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre categorias de acordo com o teste a *posteriori* de Tukey..... 18

Figura 5. Comparação das freqüências relativas (%) das principais ordens de insetos consumidas por machos e fêmeas (A), e nas épocas seca e chuvosa (B) de *Gracilinanus agilis*. Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre as estações ($P < 0,05$) para cada ordem, de acordo com a regressão logística simples (ver resultados na Tabela 2). n.s = não significativo. 21

Figura 6. Comparação das freqüências relativas (%) das principais ordens de insetos consumidas por machos de *Gracilinanus agilis* nas épocas seca e chuvosa. Os

números em parênteses representam o total de 0 indivíduos analisados. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre as estações ($P < 0,05$) para cada ordem, de acordo com a regressão logística simples (ver resultados na Tabela 2). n.s = não significativo.

..... 22

Figura 7. Comparação das freqüências relativas (%) das principais ordens de insetos consumidas por fêmeas reprodutivas e não reprodutivas (A), e nas épocas seca e chuvosa (B) de *Gracilinanus agilis*. Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre as estações ($P < 0,05$) para cada ordem, de acordo com a regressão logística simples (ver resultados na Tabela 2). n.s = não significativo..... 23

Figura 8. Comparação entre a freqüência de ocorrência nas amostras de fezes das 4 Ordens de insetos mais comuns e a freqüência esperada de acordo com a disponibilidade das mesmas no ambiente (inferido pela biomassa relativa dos invertebrados capturados nas *pitfalls*). As comparações foram feitas independentemente nas duas épocas do ano (seca e chuvosa) e para ambos os sexos. Além disso, comparamos também entre fêmeas reprodutivas e não-reprodutivas da estação chuvosa. Os asteriscos representam valores significativos ($P < 0,05$) em comparações *a posteriori* entre pares de cada Ordem, realizadas quando a comparação geral foi significativa (teste do qui-quadrado). Código das Ordens: Hym = Hymenoptera, Iso = Isoptera, Hem = Hemiptera, Col = Coleoptera..... 25

Capítulo 2-Frugivoria e potencial dispersão de sementes pelo marsupial *Gracilinanus agilis* (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de Cerrado no Brasil central

Figura 1. Comparação entre machos e fêmeas nas épocas seca e chuvosa no número médio de sementes em geral encontradas nas amostras de fezes de *G. agilis*. As barras acima das colunas representam o erro padrão. Os números acima das barras indicam o número de indivíduos analisados. Letras distintas representam diferenças significativas ($P < 0,05$) de acordo com a ANOVA fatorial por reamostragem..... 52

Figura 2. Proporções de frutos em cada área amostrada de acordo com o encontrado nas fezes de *G. agilis* (observado) e a disponibilidade de acordo com a contagem de frutos em campo (esperado) nas épocas chuvosa e seca. * representam

diferenças significantes com $P < 0,05$ e ** com $P < 0,001$ entre o observado e o esperado.
n.s. indica resultados não significantes. 54

Índice de tabelas

Capítulo 1 - Composição e variação intra-específica na dieta de *Gracilinanus agilis* (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de cerrado no Brasil central

Tabela 1. Porcentagem do total de amostras analisadas (%) e frequência absoluta (N) de itens alimentares detectados em 422 amostras de fezes de *Gracilinanus agilis* em quatro áreas de Cerradão localizadas no Brasil central (Brasília, DF)..... 14

Tabela 2. Resultados das regressões logísticas avaliando o efeito dos fatores época do ano, sexo e condição reprodutiva (CR, somente para as fêmeas) na ocorrência das quatro Ordens de insetos mais consumidas por *G. agilis* em áreas de cerrado do Brasil Central (Brasília, DF). Os asteriscos indicam valores estatisticamente significativos ($P=0,05$). Estação = comparação entre épocas do ano (seca x chuvosa) agrupando-se os dados para ambos os sexos. Sexo = comparação entre machos e fêmeas agrupando-se os dados das duas épocas do ano. Também estão indicadas os resultados das comparações sazonais feitas independentemente para cada sexo..... 20

Capítulo 2 - Frugivoria e potencial dispersão de sementes pelo marsupial *Gracilinanus agilis* (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de Cerrado no Brasil central

Tabela 1. Frequência, hábito e família das espécies vegetais cujas sementes foram encontradas em 186 amostras fecais de *Gracilinanus agilis* obtidas em áreas de Cerrado no Brasil central. Também está indicada a época do ano em que encontramos frutos disponíveis dessas espécies nas áreas amostradas..... 48

Tabela 2. Resultados obtidos na comparação da germinação das sementes encontradas em amostras fecais de *G. agilis* e daquelas obtidas de frutos coletados nas áreas de Cerrado amostradas. 49

Tabela 3. Resultados obtidos para as comparações (teste- t por reamostragem) entre o número de sementes obtidos nas amostras de fezes de grupos de indivíduos de *G. agilis*. Fizemos as comparações para cada espécie de planta consumida pelo marsupial. Med = número médio de sementes encontradas nas amostras de fezes. EP = Erro padrão. N = Numero de amostras para cada grupo. 51

Resumo

Investigamos a composição e variação intra-populacional na dieta de *Gracilinanus agilis* em áreas de cerrado do Brasil central. Além disso, investigamos o consumo de frutos por meio de contagem direta das sementes encontradas nas fezes e viabilidade dessas após a passagem no trato gastrointestinal de *G. agilis*. Para tal, consideramos as variações específicas (sexo e condição reprodutiva) e sazonais (seca e chuva) na frequência e abundância relativa dos itens alimentares consumidos, bem como no número de sementes encontradas nas fezes. Também avaliamos se esse didelfídeo se alimenta de acordo com a disponibilidade de recursos no ambiente, ou se existe algum tipo de seleção dos itens alimentares detectados. Insetos, aranhas, pássaros e frutos foram detectados em 422 amostras fecais de *G. agilis*. Entretanto, insetos (Hymenoptera, Isoptera, Hemiptera e Coleoptera) e frutos foram os itens mais frequentes. Os resultados indicaram que machos e fêmeas tendem a se alimentar mais de cupins e percevejos na época seca. Já machos, na época chuvosa, consomem frequentemente formigas, enquanto fêmeas se alimentam de besouros e formigas. Fêmeas reprodutivas se alimentam com maior frequência de formigas e besouros em relação às não reprodutivas. Também, encontramos diferenças na seleção destas ordens, indicando que este marsupial se alimenta de forma qualitativa de acordo com as necessidades energéticas e nutricionais. Adicionalmente, foi verificado que machos se alimentam mais intensamente de insetos do que as fêmeas, assim como fêmeas reprodutivas se alimentam mais de insetos do que fêmeas não reprodutivas. Entretanto, a abundância de restos de frutos e de vertebrados presentes nas fezes não variou entre estações do ano, sexo ou condição reprodutiva. Já as análises realizadas por meio da contagem direta de sementes encontradas nas fezes de *G. agilis* indicaram que este mamífero se alimenta de plantas pioneiras da família Melastomataceae (*Miconia albicans*, *M. pohliana*, *M. ferruginata*, *M. cuspidata*, *M. pepericarpo* e *Ossaea congestiflora*), Solanaceae (uma espécie não identificada) e Viscaceae (erva-de-passarinho - *Phoradendron perrottetii*). Detectamos o maior índice de consumo de frutos já registrado para o gênero *Gracilinanus*, com cerca de 45% das fezes contendo sementes e 86% contendo itens derivados de frutos. Com exceção de *O. congestiflora*, o restante das sementes das espécies testadas não sofreram efeitos negativos na germinabilidade ao passarem pelo trato digestório deste marsupial. A avaliação da variação intra-específica no número total de sementes encontradas nas fezes indicou que

fêmeas de *G. agilis* defecam maior quantidade de sementes em comparação com os machos. O fator estação do ano também foi significativo e existiu interação entre sexo e sazonalidade. Tanto fêmeas como machos aumentaram o consumo de frutos com sementes pequenas na seca, contudo fêmeas apresentaram mais sementes nas fezes do que machos na estação chuvosa. Observamos um maior número de sementes defecadas de *Miconia* spp. por fêmeas em relação aos machos e também por fêmeas reprodutivas em relação a fêmeas não reprodutivas. Nossos dados indicaram que *G. agilis* selecionou positivamente espécies da família Melastomataceae, sugerindo um papel relevante dessas plantas relacionadas a demanda energética e de água, principalmente na época seca.

Palavras chave: Dieta, Didelphidae, insetos, seleção de recursos, sementes frugivoria.

Abstract

We investigated the composition and intra-population variation of *Gracilinanus agilis* diet in dry woodland areas (*i.e.* cerrado) in the Cerrado biome of central Brazil. Furthermore, we investigated fruit consumption through direct counting of seeds found in feces and viability of these after passing through the gut of *G. agilis*. For that, we evaluated intra-specific variation (sex and reproductive condition) and seasonal patterns (cool-dry and warm-wet season) in frequency and relative abundance of food items, as well as the number of seeds found in feces. We also evaluated whether this didelphid feeds on food sources according to their availability in the environment, or if there was some sort of selection of food items detected. Insects, spiders, birds, and fruits were detected in 422 faecal samples of *G. agilis*. Insects (Hymenoptera, Isoptera, Hemiptera and Coleoptera) and fruits were the most frequently consumed resources. The results indicated that males and females tended to feed more on termites and bugs in the dry season. However, males in the cool-dry season, often consume ants, while females feed on beetles and ants. Additionally, reproductive females feed more frequently on ants and beetles in relation to non-reproductive ones. We also found differences in the selection of insect orders, indicating that *G. agilis* feeds qualitatively in agreement with its energetic and nutritional requirements. Additionally, we detected that males feed more heavily on insects than females, whereas reproductive females feed more on insects than non-reproductive females. However, the abundance of fruits and vertebrates found in faecal samples did not vary between seasons, sex or reproductive condition. The analysis performed only by direct counting of seeds found in *G. agilis* faeces indicated that this mammal feeds on seeds of pioneer plant species of Melastomataceae (*Miconia albicans*, *M. pohliana*, *M. ferruginata*, *M. cuspidate*, *M. pepericarpo*, and *Ossaea congestiflora*), Solanaceae (one unidentified species), and Viscaceae (mistletoe - *Phoradendron perrottetii*). We recorded the highest reported rate of fruit consumption for the *Gracilinanus* genus, with about 45% of the scats containing seeds and 86% containing items derived from fruits. With the exception of *O. congestiflora*, the remaining seed species tested did not suffer negative effects on germination rates after passing through the marsupial guts. The analysis of intraspecific variation in the total number of seeds found in scats indicated that females defecate a significantly greater number of seeds than males. The factor season was also significant as well as the

interaction between sex and season. Both females and males increased their small-seeded fruit consumption in dry season, but in the rainy season females had more seeds than males in their faeces. We observed a higher number of *Miconia* seeds defecated by females than males and also by reproductive females compared to non-reproductive females. Our results indicated that *G. agilis* feeds selectively on melastomes, suggesting a relevant role of these plants related to energetic and water demands, mainly during the dry-cool season.

Key words: Diet, Didelphidae, insects, seeds, frugivory, resource selection.

Introdução geral

A Ordem Didelphimorphia é constituída pela maioria dos marsupiais americanos vivos, distribuídos desde o sudoeste do Canadá até o Sul da Argentina. A Ordem apresenta ocorrência desde grandes altitudes, como nos Andes peruanos (3500 m), até elevações mais baixas como na floresta amazônica (Nowak 1999). De acordo com Gayet *et al.* (1991), o fóssil mais antigo encontrado no continente Americano, na Bolívia, data do Paleoceno (cerca de 65 milhões de anos atrás). A família Didelphidae, composta por animais pequenos, noturnos e solitários, é atualmente a única desta ordem, sendo dividida em duas subfamílias: Didelphinae e Caluromyinae. Entretanto, um estudo filogenético baseado em dados moleculares conduzido por Jansa & Voss (2000) comprovam a monofilia de Didelphidae e Didelphinae, mas apontam a subfamília Caluromyinae como parafilética.

O Brasil apresenta a maior diversidade de mamíferos do mundo (Fonseca *et al.* 1996). Das 22 ordens mundialmente conhecidas, 11 são encontradas no país, representadas por 652 espécies (Reis *et al.* 2006). Para o Brasil, são confirmados atualmente 13 gêneros e 51 espécies da subfamília Didelphinae, e três gêneros e quatro espécies da subfamília Caluromyinae (Rossi *et al.* 2006). Para o Cerrado existem registrados até o momento pelo menos 159 espécies de mamíferos, sendo que dessas, 41 roedores e 14 marsupiais compõem os principais grupos de pequenos mamíferos não voadores (Vieira & Palma 2005)

Os marsupiais, em geral, apresentam uma dieta constituída de animais, matéria vegetal e fungos. Entretanto, são encontradas tanto espécies especialistas, como generalistas que consomem os itens alimentares em função da sua disponibilidade (Dickman & Vieira 2006). Estes animais são usualmente classificados como onívoros que incluem em sua dieta desde invertebrados, pequenos vertebrados, frutos (*e.g.* Leiner & Silva 2007; Lessa & Costa 2009) até, em alguns casos, néctar (Gribel 1988). Entretanto, de acordo com alguns autores (Cáceres *et al.* 2002; Vieira *et al.* 1991), a variação no comportamento alimentar deste grupo pode ocorrer de acordo com a disponibilidade dos recursos alimentares ou por variações intra-populacionais do animal estudado (Lessa & Costa 2009). Pela ausência de estudos mais detalhados, os didelfídeos têm sido generalizados como mamíferos tipicamente onívoros (Eisenberg 1981), ou seja, alimentam-se de proporcionalmente de matéria vegetal e animal de forma oportunística de acordo com a disponibilidade de alimento relacionados à

variação sazonal (Eisenberg 1981). Contudo, foi evidenciado que algumas espécies na verdade apresentam certa preferência por determinados itens alimentares, revelando, portanto, a importância do estudo mais detalhado destes animais (Cáceres 2004, 2005; Casella & Cáceres 2006).

O estudo da dieta dos marsupiais pode ser essencial para entender como interagem com o ambiente e exercem determinados papéis ecológicos, tais como controle biológico, polinização (Gribel 1989) e a dispersão de sementes (Lessa & Costa 2009). Alguns estudos, por exemplo, revelaram que marsupiais que constituem frutos em sua dieta são bons dispersores de sementes. Isto pode influenciar diretamente na dinâmica populacional de diversas plantas (Cáceres 2002; Lessa & Costa 2009; Cantor *et al.* 2010) e na regeneração de áreas degradadas (Lessa & Costa 2009), podendo até apresentar estreita relação mutualística (Amico & Aizen 2000).

Com isso, nosso estudo teve como principal objetivo avaliar a alimentação do marsupial *Gracilinanus agilis* (Burmeister, 1854), investigando principalmente, como este didelfídeo interage com a biota local de acordo com a disponibilidade de recursos, variações sazonais e variações intra-específicas da espécie. Além disso, com este estudo esperamos elucidar como a composição alimentar de *G. agilis* pode influenciar direta ou indiretamente o ambiente vivenciado.

Para tanto, este estudo foi estruturado de forma que pudéssemos avaliar a variação na composição e abundância dos itens alimentares consumidos por *G. agilis* (capítulo 1) e a variação no consumo de frutos e o papel potencial deste marsupial como dispersor de sementes de espécies do Cerrado (Capítulo 2). A metodologia básica descrita no capítulo 1, envolvendo a descrição da espécie estudada (seção 2.2), as áreas de amostragem (seção 2.3) e as metodologias de captura (seção 2.4.1) serve para ambos os capítulos desta dissertação. Metodologias específicas estarão descritas em cada capítulo quando necessário.

Capítulo 1

Composição e variação intra-específica na dieta de *Gracilinanus agilis* (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de cerrado no Brasil central

Resumo

Devido aos poucos estudos mais detalhados sobre a dieta de didelfídeos, estes marsupiais vêm sendo categorizados basicamente como generalistas. Um marsupial presente no Cerrado pouco estudado até o momento é o *Gracilinanus agilis*. Investigamos a composição e variação intra-populacional na dieta de *G. agilis* em áreas de cerrado do Brasil central. Insetos, aranhas, pássaros e frutos foram detectados nas fezes de *G. agilis*. Entretanto, insetos (Hymenoptera, Isoptera, Hemiptera e Coleoptera) e frutos foram os recursos mais frequentes. Os resultados indicaram que machos e fêmeas tendem a se alimentar mais de cupins e percevejos na época seca. Já machos, na época chuvosa, consomem frequentemente formigas, enquanto fêmeas se alimentam de besouros e formigas. Fêmeas reprodutivas se alimentam com maior frequência de formigas e besouros em relação às não reprodutivas. Também, encontramos diferenças na seleção destas ordens, indicando que este marsupial se alimenta de forma qualitativa de acordo com as necessidades energéticas e nutricionais. Adicionalmente, foi verificado que machos se alimentam mais intensamente de insetos do que as fêmeas, assim como fêmeas reprodutivas se alimentam mais de insetos do que fêmeas não reprodutivas. Entretanto, a abundância de frutos e vertebrados consumidos não variou entre estações do ano, sexo ou condição reprodutiva.

Palavras chave: Cerrado, dieta, Didelphidae, insetos, seleção de recursos, frugivoria.

Abstract

Because of the few detailed studies on the diet of didelphids, these marsupials have been categorized primarily as generalists. *Gracilinanus agilis* is, so far, one of the less studied marsupial species present in the Cerrado biome. We investigated the composition and intra-population variation of *G. agilis* diet in dry woodland areas (*i.e.* cerradão) in the Cerrado biome of central Brazil. Insects, spiders, birds, and fruits were detected in the faeces of *G. agilis*. Insects (Hymenoptera, Isoptera, Hemiptera and Coleoptera) and fruit were the most frequently consumed resources. The results indicated that males and females tended to feed more on termites and bugs in the dry season. However, males in the cool-dry season, often consume ants, while females feed on beetles and ants. Additionally, reproductive females feed more frequently on ants and beetles in relation to non-reproductive ones. We also we found differences in the selection of insect orders, indicating that *G. agilis* feeds qualitatively in agreement with its energetic and nutritional requirements. Additionally, we detected that males feeds more heavily on insects than females, whereas reproductive females feeds more on insects than non-reproductive females. However, the abundance of fruits and vertebrates consumed did not vary between seasons, sex or reproductive condition.

Key words: Cerrado, diet, Didelphidae, insects, resource selection, frugivory.

1. Introdução

A dieta das espécies é o resultado de uma série de fatores endógenos e exógenos tais como época reprodutiva, idade, sexo, variação sazonal e disponibilidade do alimento (Julien-Laferrière & Atramentowicz 1990). Portanto, o estudo relacionado à dieta alimentar consiste na descrição de padrões e na quantificação das variações no consumo dos itens alimentares, baseado em tais condições (Martins *et al.* 2006). Para tal, é necessário identificar se e quais destes fatores afetam diretamente no consumo dos itens alimentares de quaisquer espécies, uma vez que cada uma possui uma forma única de vivenciar o seu hábitat, nas escalas temporais e espaciais ao interagir com a biota local (Martins *et al.* 2006).

O conhecimento da dieta das espécies é extremamente importante para o entendimento da ecologia das populações como um todo, além de gerar conhecimento a cerca de questões evolutivas e embasar ações conservacionistas (Hawkins & Handasyde 2002; Leiner & Silva 2007; Lessa & Costa 2009; Martins *et al.* 2006). Desta forma, o conhecimento da dieta da fauna é crucial para entender e interpretar as relações de nicho, processos competitivos, coexistência, predação e as influências nos diferentes ecossistemas (Galetti *et al.* 2003).

Didelídeos de uma forma geral têm sido relatados como tipicamente onívoros, se alimentando amplamente de diversos itens alimentares, tais como insetos, frutos, vertebrados, néctar, flores e folhas (Rossi *et al.* 2006). Entretanto, estudos mais detalhados revelaram que alguns animais apresentam certo grau de preferências alimentares, sendo primariamente insetívoros (Cáceres 2004, 2005), frugívoros (Cáceres 2005; Casella & Cáceres 2006), insetívoro-onívoro (Cáceres 2005; Casella & Cáceres 2006) ou essencialmente carnívoros (Cáceres 2004).

Como um exemplo disto, Cáceres (2005) e Casella e Cáceres (2006) após investigarem a dieta de algumas espécies do gênero *Caluromys* Allen, 1900 verificaram uma dieta primariamente frugívora (Cáceres 2005; Casella & Cáceres 2006). Adicionalmente, *Metachirus nudicaudatus* (É. Geoffroy, 1803) (Cáceres, 2004), *Lutreolina crassicaudata* (Desmarest, 1804) e *Micoureus demerarae* (Thomas, 1905) (Cáceres 2005) foram classificados como primariamente insetívoros e *Micoureus paraguayanus* (Tate, 1931) (Casella & Cáceres 2006) como insetívoro-onívoro. Já em um estudo realizado por Cáceres (2004) foi identificada uma grande quantidade de vertebrados na dieta de *Philander frenatus* (Olfers, 1818).

Existem poucos estudos sobre dieta de marsupiais para os Neotrópicos e a maioria dos estudos realizados concentra-se tanto em áreas degradadas quanto em áreas preservadas de Mata Atlântica, com poucos registros detalhados para o Cerrado (Lessa & Costa 2009), um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo (Myers et al 2000). O estudo das espécies em diferentes biomas e ecossistemas é de extrema importância, pois pode evidenciar especificidades na dieta alimentar que variam de uma localidade para outra. No Cerrado, cuja sazonalidade é extremamente marcada (Eiten 1972), a disponibilidade de recursos pode ser um fator importante no consumo de itens alimentares pelos animais de uma forma geral. A abundância de insetos (Pinheiro 2002) e frutos (Batalha & Martins 2004), por exemplo, é consideravelmente maior na estação chuvosa, contudo poucos estudos avaliaram como a disponibilidade de recursos pode determinar o consumo de presas por marsupiais (Martins et al 2006).

Até o momento, pouco se sabe sobre a dieta do gênero *Gracilinanus* (Martins et al. 2006; Rossi et al.; 2006), que de forma geral também tem sido generalizada como onívora (Martins et al. 2006). Contudo, um dos estudos existentes sobre dieta de marsupiais foi conduzido por Martins et al. (2006) para *Gracilinanus microtarsus* em área de cerradão no estado de São Paulo. Os autores constataram uma dieta primariamente insetívora para a espécie, que se alimenta de forma generalista de acordo com a disponibilidade das ordens de insetos ao longo do ano, e relativamente pouco de frutos. Além disso, foi verificada para a espécie diferenças relacionadas ao dimorfismo sexual e condição reprodutiva.

A dieta da espécie cogenérica *Gracilinanus agilis* até o momento também tem sido pouco estudada. Os estudos já realizados constataram baixo consumo de frutos e uma dieta também basicamente constituída de cupins, formigas e besouros (Lessa & Costa 2009; Bocchiglieri et al. 2010). Entretanto, estes estudos ou foram realizados com um número baixo de indivíduos e/ou não avaliaram possíveis variações intra-populacionais e a relação dessas com sazonalidade, idade, estagio reprodutivo, sexo ou disponibilidade de recursos. Adicionalmente, somente o estudo de Bocchiglieri et al. (2010) foi realizado em cerradão, contudo com um número amostral limitado, o que dificulta análises mais detalhadas e inferências mais robustas sobre a dieta deste marsupial.

No presente estudo tivemos como objetivo avaliar os padrões de variação intra-específica do hábito alimentar do marsupial didelfídeo *Gracilinanus agilis*, ao longo de um ano, em áreas de cerradão localizadas no Distrito Federal. Esperamos que o

consumo de frutos seja maior na estação chuvosa, uma vez que a abundância de frutos aparentemente é maior nessa época do ano (Batalha & Martins 2004). Também esperamos variações sazonais na alimentação de *G. agilis* relacionadas ao sexo, como verificado por Martins *et al.* (2006) para a espécie cogenérica *G. microtarsus*. Machos se alimentariam mais de insetos na estação seca, devido ao maior deslocamento a procura de parceiras e conseqüentemente maior requerimentos energéticos. Já as fêmeas, se alimentariam mais de insetos na chuva, época em que estão reprodutivas e com maior demanda energética (Martins *et al.* 2006). Finalmente, esperamos que o consumo de insetos por *G. agilis* varie de acordo com a disponibilidade dos mesmos nos ambientes estudados.

2. Materiais e métodos

2.1 Caracterização do Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma Neotropical (2×10^6 km²), que inclui fitofisionomias savânicas, campestres e florestais reguladas por meio de características climáticas e edáficas do Plateau do Brasil Central (Eiten 1972). O bioma além de ser considerado um dos 34 *hotspots* mundiais (Mittermeier *et al.* 2004) também tem grande importância na dispersão zoogeográfica, uma vez que apresenta ecótonos com quase todos os outros biomas brasileiros (Redford & Fonseca 1986).

A variação sazonal no Cerrado é extremamente marcada, sendo representada por duas estações: seca e chuvosa. A estação chuvosa caracteriza-se por ser úmida e quente e ocorre de outubro a abril. Já os meses entre abril e setembro são secos e frios, evidenciando a estação seca (Eiten 1972). Além disso, o Cerrado apresenta alta heterogeneidade na vegetação, o que possibilita um padrão em mosaico que determina diferentes formações de hábitat para a fauna em geral. De acordo com Alho (1981), isto pode refletir na grande diversidade e variação morfológica das espécies.

2.2 Espécie estudada

Gracilinanus agilis distribui-se desde a fronteira do Panamá com a Colômbia até o nordeste, centro-oeste e sudeste do Brasil (Brown 2004), com a necessidade de confirmação para esta espécie nos estados do Paraná (Nicola *et al.* 1999) e Rio Grande do Sul (Vieira & Yob 2003). Este marsupial arborícola de pequeno porte apresenta um

peso de 20 a 30 g e comprimento de cabeça-corpo entre 90 e 106 mm (Emmons & Feer 1990). Está associado geralmente a formações florestais típicas do Cerrado, tais como mata de galeria e cerradão, podendo ser capturada ocasionalmente em cerrado sentido restrito e campo úmido (Emmons & Feer 1990; Rossi *et al.* 2006). A reprodução é extremamente marcada (Mares & Ernest 1995), acontecendo nas épocas de maior pluviosidade (Mares & Ernest 1995; Rossi *et al.* 2006). Um estudo de Mares & Ernest (1995) realizado no Brasil Central, demonstrou por meio de capturas de fêmeas lactantes e/ou com juvenis, que as épocas reprodutivas são nos meses de setembro a dezembro.

2.3 Áreas de estudo

Duas áreas foram definidas para este estudo: Jardim Botânico de Brasília (JB) e Fazenda Água Limpa (FAL) (Figura 1), ambas constituintes da Área de Proteção Ambiental (APA) Gama-Cabeça de Veado, abrangendo cerca de 10.000 ha de área protegida contínua (Câmara 2008; Fonseca & Silva Júnior 2003).

O JB Apresenta uma área de 4.429,63 ha (IBRAM 2009) e, de acordo com Fonseca & Silva Júnior (2003), situa-se nas coordenadas 15°52'21''S e 47°50'50''W, constituindo em média 1.056 m de altitude. Por apresentar muitas fitofisionomias do Cerrado em grandes extensões, a área é considerada de grande importância para a preservação. Segundo a classificação de Köppen, a área enquadra-se nos tipos “Tropical de savana” (AW) e “Temperado Chuvoso de Inverno Seco” (CWA). A precipitação média anual é de 1.600 mm, com temperaturas do ar que variam de 16° C a 22° C.

A FAL, estação ecológica e experimental pertencente à Universidade de Brasília, possui 2.340 ha (IBRAM 2009) protegidos e localiza-se a 15°56'S e 47°46'W e apresenta altitude de 1.100 m. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo AW, com pluviosidade média anual de 1.574 mm. A temperatura do ar varia de 12,0° C a 28,5° C (Felfili *et al.* 1999).

Foram amostradas áreas constituídas de cerradão, fitofisionomia do Cerrado cuja altura do estrato arbóreo varia entre 8 e 15 metros, com uma cobertura vegetal que oscila de 50% a 90%. O cerradão, apesar de fisionomicamente parecer uma floresta, possui espécies tanto de Cerrado sentido restrito quanto de matas, assemelhando-se floristicamente a um Cerrado (Ribeiro & Walter 1998).



Figura 1. Mapa contendo as localizações das duas áreas de estudo em Brasília, DF, no Brasil central, onde (A) representa a Fazenda Água Limpa e (B) o Jardim Botânico de Brasília. A área em cinza no mapa do Brasil representa a distribuição do bioma Cerrado. O círculo representa localização da grade da FAL, o quadrado, o triângulo e o losango representam as três grades localizadas no Jardim Botânico de Brasília (JB1, JB2 e JB3 respectivamente).

2.4 Coleta de dados

2.4.1 Captura de *Gracilinanus agilis*

Capturamos os animais entre setembro de 2009 e agosto de 2010 utilizando armadilhas do tipo Sherman de dois tamanhos (12,0 cm x 10,0 cm x 37,5 cm e 9,0 cm x 8,0 cm x 23,5 cm). Essas eram dispostas em grades de captura com 12 x 12 estações separadas de forma equidistante por 15 metros. No interior da grade eram selecionadas a cada sessão de captura, de forma aleatória, 80 estações de captura para colocação de armadilhas no solo e 80 para colocação de armadilhas no sub-bosque, totalizando 160 armadilhas por noite (40 de cada tamanho por estrato). Estabelecemos quatro grades distribuídas nas duas unidades amostradas: uma na Fazenda Água Limpa (FAL) e três no Jardim Botânico de Brasília (JB1, JB2 e JB3) (Figura 1). Cada grade foi amostrada três vezes em cada época do ano (seca e chuvosa) durante seis noites, totalizando 23.040 armadilhas/noite. A isca utilizada era composta de uma mistura de creme de amendoim, farinha de milho, banana, sardinha e essência de baunilha. Sempre que necessário, as iscas foram repostas.

Os indivíduos coletados foram anilhados e tiveram o registros a biometria, sexo, peso, estado reprodutivo, idade e estrato vertical de captura. A determinação dos sexos foi feita a partir da observação direta da genitália. As condições reprodutivas foram verificadas principalmente pelo inchaço das mamas nas fêmeas (Pinheiro *et al.* 2002a). Pela dificuldade de se estimar de forma confiável a condição reprodutiva dos machos, este critério não foi avaliado. A idade foi verificada de acordo com a erupção dos dentes segundo Pinheiro *et al.* (2002a).

2.4.2 Coleta das fezes e identificação dos itens alimentares

As fezes foram coletadas diretamente das armadilhas e/ou no momento de manipulação de cada indivíduo capturado. Uma vez que a isca utilizada apresenta uma coloração amarelada, optamos por coletar as fezes contendo conteúdo alimentar mais antigo (obtido antes do animal entrar na armadilha), cuja coloração era mais escurecida. Cada vez que um animal era capturado na armadilha, esta era limpa para não haver qualquer tipo de contaminação ao se coletar as fezes de outros indivíduos que caíssem

posteriormente. Após cada coleta, metade das fezes foram separadas e as sementes retiradas para identificação e germinação (ver capítulo 2). A outra metade foi acondicionada em geladeira para preservação e posterior triagem e identificação dos itens alimentares (Casella & Cáceres 2006; Martins *et al.* 2006; Talamoni *et al.* 2007). Para tanto, cada amostra fecal foi lavada em duas peneiras de diferentes malhas (0,1mm e 0,7mm) sobrepostas (Leiner & Silva 2007). Os itens alimentares foram categorizados da seguinte forma: artrópodes, frutos (sementes, polpa e fibra) e vertebrados. Para uma maior independência amostral (Leiner & Silva 2007) utilizamos apenas uma amostra por época do ano (seca e chuvosa) de cada indivíduo. A frequência dos itens alimentares foi determinada de acordo com a presença de cada item em relação ao total de amostras analisadas.

Para estimar a abundância relativa de cada item alimentar, utilizamos uma grade composta por quadrículos de 0,5 cm x 0,5 cm impressos em folha, posicionando-a em baixo de uma placa de Petri. Cada categoria de item alimentar que tocasse a intersecção dos quadrículos era contabilizada. A mesma placa de Petri foi utilizada durante todo o estudo para que desta forma os valores pudessem ser comparáveis.

Identificamos os itens alimentares com o auxílio de uma lupa estereoscópica binocular, até o menor nível taxonômico possível, utilizando chaves de identificação e/ou por meio de uma coleção de referência dos frutos e artrópodes coletados em cada área. Quando necessário, os itens alimentares foram enviados a especialistas para identificação.

2.4.3 Abundância de artrópodes em cada área amostrada

A utilização de armadilhas de interceptação e queda (*pitfalls*) é amplamente reconhecida como método para estimar a abundância de artrópodes terrestres (Leiner & Silva 2007; Pinheiro *et al.* 2002; Santos Filho *et al.* 2008). Para esta estimativa, foram dispostos 30 pitfalls a cada campanha ao longo do ano, utilizando copos plásticos de 200 ml preenchidos com 50 ml de uma solução de formol, detergente, água e sal enterrados no solo até a borda (Santos Filho *et al.* 2008). Colocamos as armadilhas durante as amostragens de cada grade e as retiramos após três dias de amostragem (Leiner & Silva 2007). Identificamos os artrópodes coletados até o nível de ordem, utilizando chaves de identificação caso necessário. Adicionalmente, medimos a

biomassa total (peso seco) por ordem de cada sessão de amostragem, para estimar a disponibilidade deste recurso.

2.5 Análises estatísticas

Para avaliarmos a frequência de artrópodes consumidos (Tabela 1) de acordo com os fatores sexo e estação, utilizamos uma regressão logística múltipla. Uma vez que condição reprodutiva só foi verificada para as fêmeas, somente para esse grupo comparamos a frequência de artrópodes consumidos pelos indivíduos reprodutivos e não reprodutivos por meio de uma regressão logística simples.

Como forma de avaliar se *G. agilis* se alimentava dos insetos de acordo com a disponibilidade dos mesmos, realizamos também um Qui-quadrado. Utilizamos a proporção do peso seco de cada ordem de insetos capturados nas *pitfalls* em relação ao total como o valor esperado do consumo das ordens. Além disso, utilizamos a proporção no consumo das ordens de insetos por *G. agilis*, levando em consideração as variações intra-específicas e variação sazonal, como o valor observado.

Para compararmos a abundância relativa dos itens alimentares consumidos, utilizamos uma MANOVA fatorial por reamostragem, utilizando os fatores sexo e estações do ano como variáveis dependentes e os itens consumidos como variáveis independentes. Além disso, para comparar a variação da abundância dos itens alimentares na dieta *G. agilis* de acordo com o fator condição reprodutiva, realizamos uma ANOVA fatorial por reamostragem. Em todas as análises realizadas para a comparação da dieta entre fêmeas reprodutivas e não reprodutivas, utilizamos somente indivíduos da época chuvosa (período de reprodução), como forma de retirar o efeito temporal dos dados. As análises foram realizadas no Statistica 7.0[®] (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA) e BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2007)

Optamos por realizar as análises agrupando todos os indivíduos de todas as áreas amostradas, uma vez que, ao realizarmos uma MANOVA fatorial, não observamos diferenças na disponibilidade geral de artrópodes entre áreas (g.l.=3; $F= 1,160$; $P=0,33$), campanhas (g.l.=5; $F=1,28$; $P=0,29$) e suas interações (g.l.=15; $F= 0,567$; $P=0,88$). Adicionalmente, por meio do teste *a posteriori* de Tukey, não verificamos diferenças na disponibilidade das diferentes ordens de insetos entre áreas.

3. Resultados

3.1 Frequência total no consumo de itens

De um total de 422 amostras de *G. agilis* analisadas de 337 indivíduos, três categorias de itens alimentares foram detectadas: artrópodes vertebrados e frutos. Artrópodes estavam presentes em 100% das amostras, sendo representadas por nove Ordens de insetos e uma de aracnídeo. As Ordens mais frequentes desse grupo foram Hymenoptera, Hemiptera, Isoptera e Coleoptera (Tabela 1). Todos os vertebrados consumidos por *G. agilis* foram identificados como aves, reconhecidas por meio de fragmentos de ossos, penugens e casca de ovos. Além disso, encontramos frequências consideravelmente altas de frutos nas fezes deste marsupial, pois 85,3% das amostras totais continham sementes, fibras ou polpa de três famílias de plantas (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem do total de amostras analisadas (%) e frequência absoluta (N) de itens alimentares detectados em 422 amostras de fezes de *Gracilinanus agilis* em quatro áreas de Cerradão localizadas no Brasil central (Brasília, DF).

Item alimentar	%	N
Frutos		
Melastomataceae	82,85	350
Solanaceae	15,59	66
Viscaceae	12,90	54
Artrópodes		
Arachnida		
Araneae	1,61	7
Insecta		
Hymenoptera	60,96	257
Hemiptera	53,81	227
Isoptera	52,65	222
Coleoptera	8,54	36
Lepidoptera	5,31	22
Orthoptera	3,23	14
Odonata	0,92	4
Diptera	0,46	2
Vertebrados		
Ave	4,50	19

3.2 Abundância relativa dos itens alimentares consumidos

Ao avaliar a abundância de itens alimentares de acordo com os sexos e variação sazonal, verificamos que artrópodes foi o item mais abundante na dieta de *G. agilis*, seguido de frutos e vertebrados ($F=21,600$; $P<0,0001$). Machos se alimentaram significativamente mais de artrópodes do que fêmeas ($F=17,095$; $P<0,0001$), bem como a espécie como um todo se alimentou mais de artrópodes na época seca do que na chuvosa ($F=55,759$; $P<0,0001$). Além disso, por meio do teste a *posteriori* de Tukey, não encontramos diferenças significativas no consumo de frutos e vertebrados nas diferentes estações do ano, tanto entre machos como em fêmeas (Figura 2).

Adicionalmente, encontramos interação entre os sexos e estações do ano no consumo dos itens alimentares ($F=76,090$; $P<0,0001$). Enquanto machos se alimentam mais de artrópodes na seca em relação à chuva, fêmeas de uma forma geral tendem a manter o consumo de forma constante nas duas estações (Figura 3). Entretanto, ao compararmos a abundância dos itens consumidos por fêmeas reprodutivas e não reprodutivas, verificamos que fêmeas reprodutivas se alimentam mais intensamente de artrópodes ($F=1429$; $P<0,0001$) (Figura 4). O restante dos itens alimentares (frutos e vertebrados) não diferiu entre fêmeas reprodutivas e não reprodutivas (Figura 4).

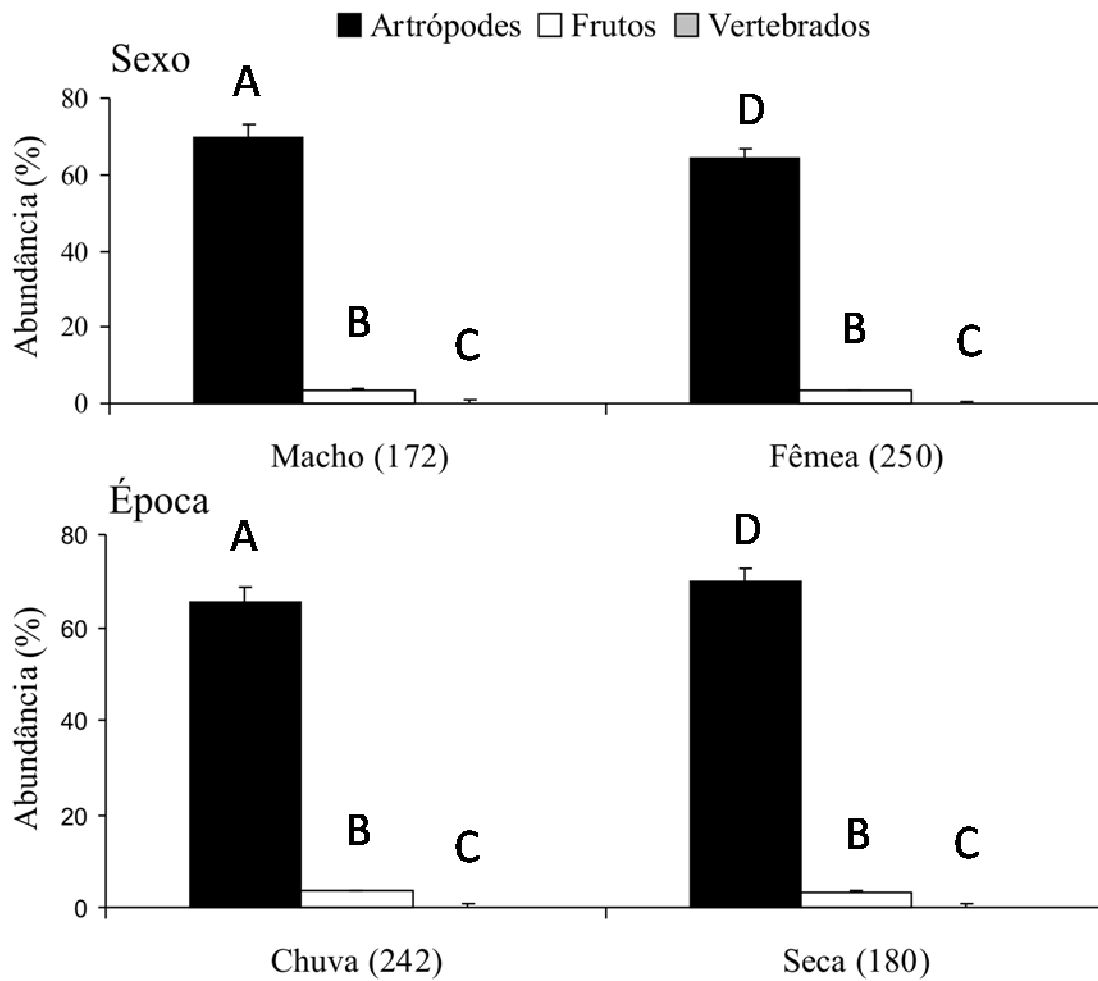


Figura 2. Abundância de itens alimentares consumidos por *Gracilinanus agilis* de acordo com sexo e épocas do ano. As barras em cima das colunas indicam o erro padrão. Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Letras distintas indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre categorias de acordo com o teste a posteriori de Tukey.

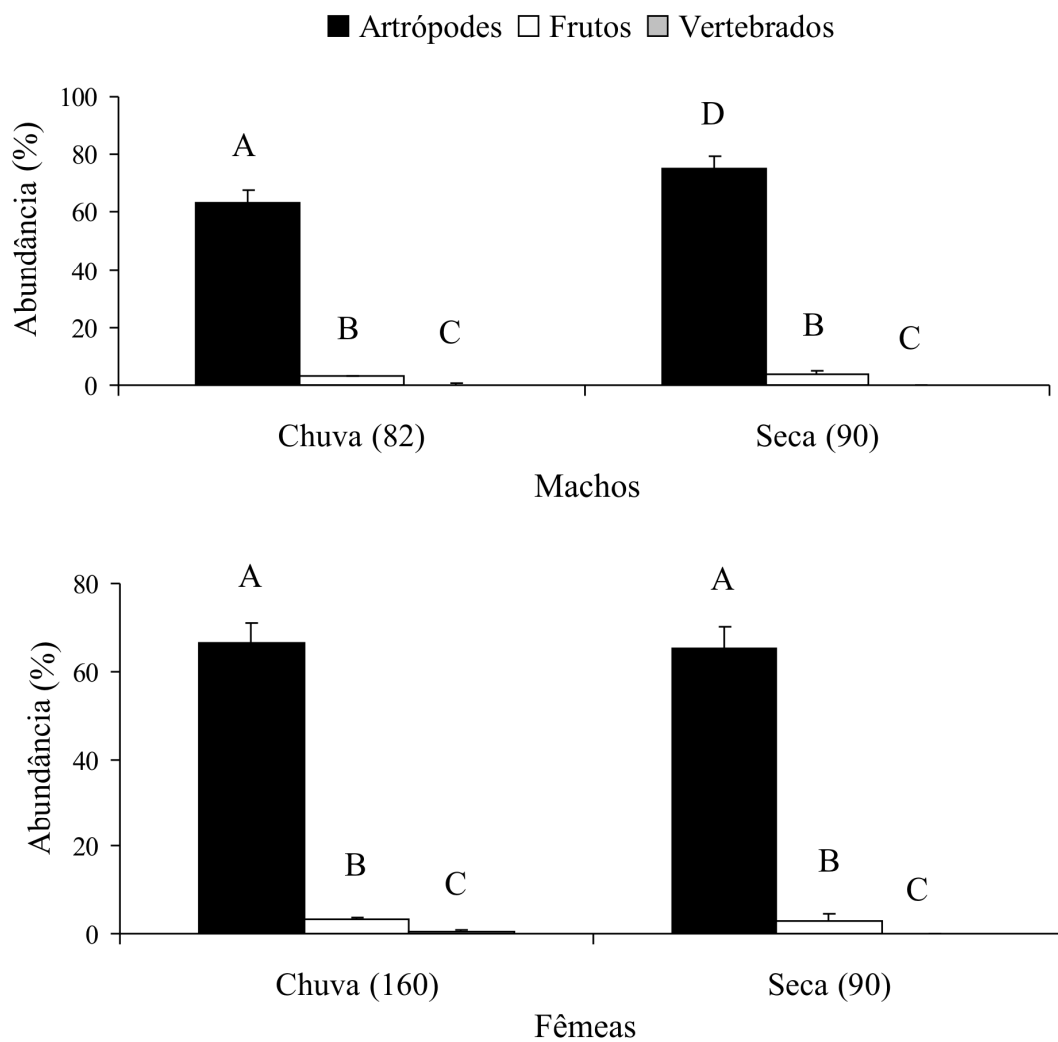


Figura 3. Comparação entre machos e fêmeas quanto à abundância dos itens alimentares consumidos por *Gracilinanus agilis* nas épocas seca e chuvosa. As barras em cima das colunas indicam o erro padrão. Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Letras distintas indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre categorias de acordo com o teste *a posteriori* de Tukey.

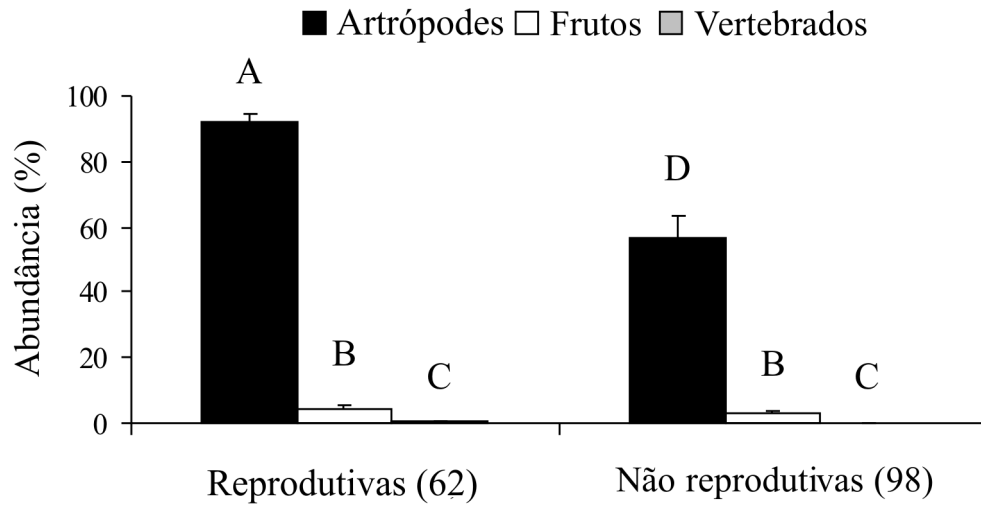


Figura 4. Comparação entre fêmeas reprodutivas e não reprodutivas quanto à abundância dos três itens alimentares consumidos por *Gracilinanus agilis*. As barras em cima das colunas indicam o erro padrão. Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Letras distintas indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre categorias de acordo com o teste *a posteriori* de Tukey.

3.3 Variação intra-específica e sazonal na frequência das ordens de insetos mais consumidas

Não encontramos diferença significativa entre os sexos em relação às ordens de insetos mais consumidas. No entanto, houve diferenças entre estações do ano (Tabela 2, Figura 5) e condição reprodutiva (Figura 7). Também constatamos diferenças na frequência de machos (Figura 6) e fêmeas (Figura 7) que consumiram as ordens de insetos analisadas nas diferentes estações do ano.

As ordens Hymenoptera e Coleoptera foram consumidas com maior frequência por *G. agilis* na estação chuvosa em comparação à seca. Já Isoptera e Hemiptera foram mais consumidas na estação seca em comparação à chuvosa. Adicionalmente, ao comparar de forma separada os sexos de acordo com as estações do ano, verificamos que um número maior tanto de machos como de fêmeas consumiram as ordens Isoptera e Hemiptera na estação da seca, e a ordem Hymenoptera na estação chuvosa. Além disso, o número de fêmeas reprodutivas que consumiram tanto formigas quanto besouros foi maior ao se comparar fêmeas não reprodutivas (Figura 7). Os resultados estatísticos das ordens de insetos mais consumidas de acordo com as variações sazonais e intra-específicas podem ser verificadas na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados das regressões logísticas avaliando o efeito dos fatores época do ano, sexo e condição reprodutiva (CR, somente para as fêmeas) na ocorrência das quatro Ordens de insetos mais consumidas por *G. agilis* em áreas de cerradão do Brasil Central (Brasília, DF). Os asteriscos indicam valores estatisticamente significativos ($P=0,05$). Estação = comparação entre épocas do ano (seca x chuvosa) agrupando-se os dados para ambos os sexos. Sexo = comparação entre machos e fêmeas agrupando-se os dados das duas épocas do ano. Também estão indicadas os resultados das comparações sazonais feitas independentemente para cada sexo.

Táxon	Fator	χ^2	Odds ratio	Coeficiente	g.l.	P
Hymenoptera						
	Estação	18,844	2,427	0,886	2	<0,0001*
	Sexo		0,761	-0,277		0,197
	Seca x Chuvosa (Machos)	5,256	2,081	0,733	1	0,023*
	Seca x Chuvosa (Fêmeas)	13,779	2,700	0,991	1	0,0002*
	CR	4,075	2,064	0,724	1	0,043*
Isoptera						
	Estação	82,982	0,159	-1,835	2	<0,0001*
	Sexo		0,758	-0,276		0,211
	Seca x Chuvosa (Machos)	32,204	0,153	-1,871	1	<0,0001*
	Seca x Chuvosa (Fêmeas)	42,700	0,163	-1,809	1	<0,0001*
	CR	0,281	1,197	0,180	1	0,594
Hemiptera						
	Estação	279,774	0,008	-4,748	2	<0,0001*
	Sexo		0,895	-0,110		0,712
	Seca x Chuvosa (Machos)	119,009	0,006	-4,973	1	<0,0001*
	Seca x Chuvosa (Fêmeas)	150,346	0,010	-4,578	1	<0,0001*
	CR	0,071	1,107	0,102	1	0,788
Coleoptera						
	Estação	6,080	2,220	0,797	2	0,047*
	Sexo		1,404	0,339		0,372
	Seca x Chuvosa (Machos)	3,318	3,296	1,192	1	0,080
	Seca x Chuvosa (Fêmeas)	6,019	2,867	1,053	1	0,024*
	CR	6,364	3,383	1,218	1	0,012*

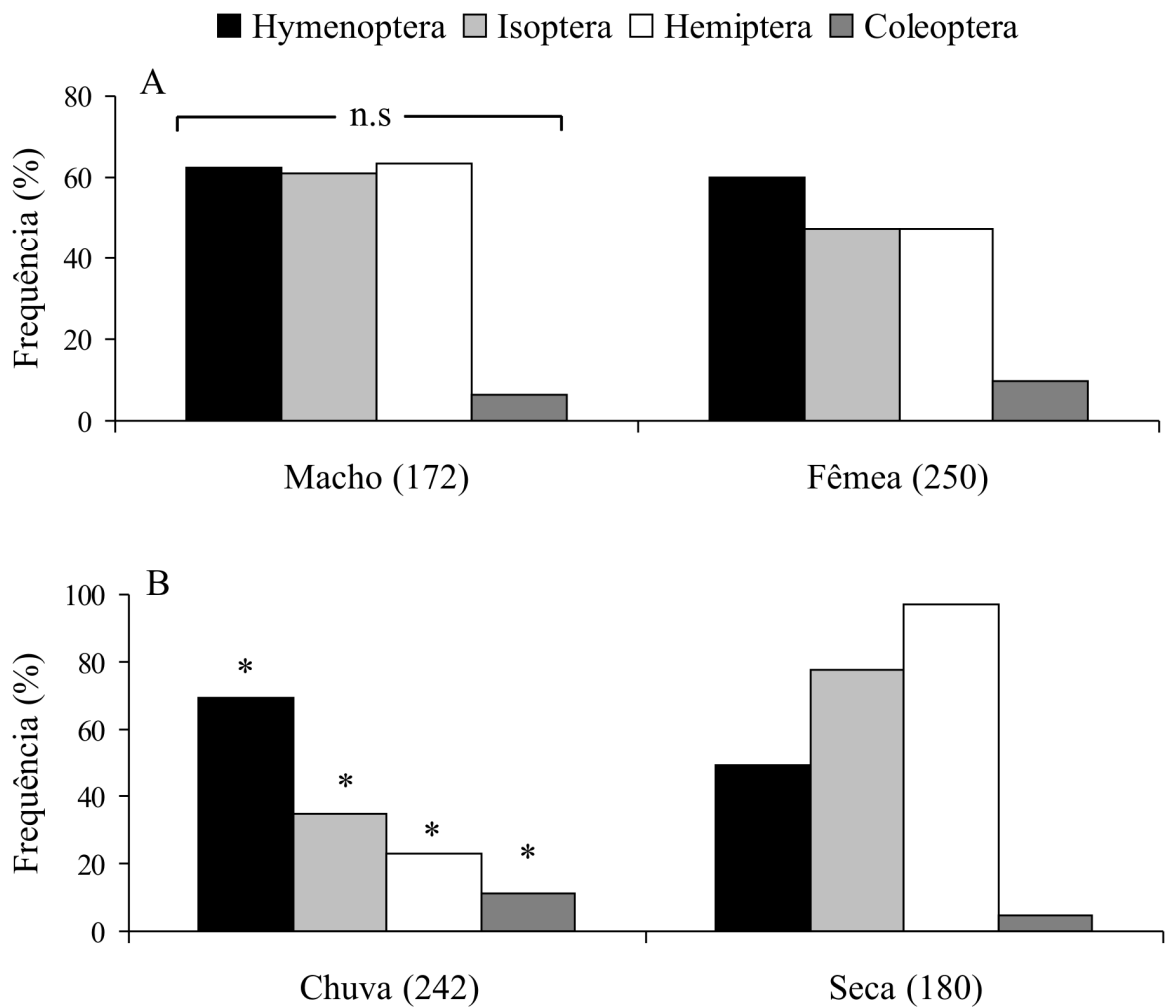


Figura 5. Comparação das frequências relativas (%) das principais ordens de insetos consumidas por machos e fêmeas (A), e nas épocas seca e chuvosa (B) de *Gracilinanus agilis*. Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre as estações ($P < 0,05$) para cada ordem, de acordo com a regressão logística simples (ver resultados na Tabela 2). n.s = não significativo.

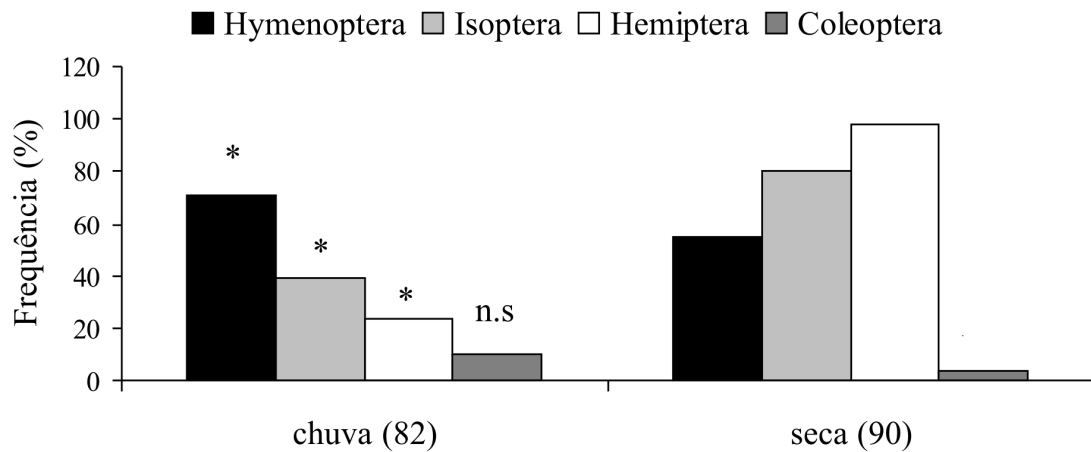


Figura 6. Comparação das freqüências relativas (%) das principais ordens de insetos consumidas por machos de *Gracilinanus agilis* nas épocas seca e chuvosa. Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre as estações ($P < 0,05$) para cada ordem, de acordo com a regressão logística simples (ver resultados na Tabela 2). n.s = não significativo.

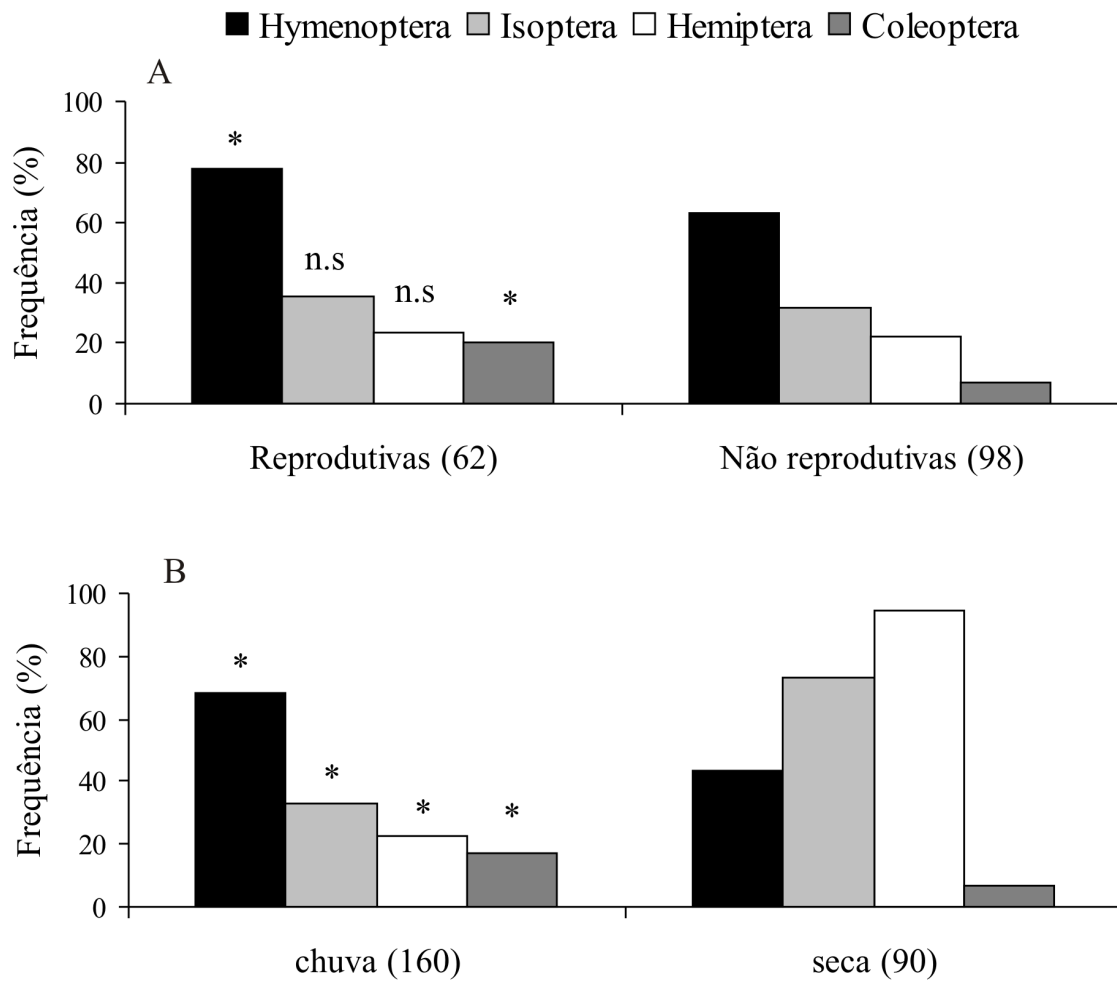


Figura 7. Comparação das frequências relativas (%) das principais ordens de insetos consumidas por fêmeas reprodutivas e não reprodutivas (A), e nas épocas seca e chuvosa (B) de *Gracilinanus agilis*. Os números em parênteses representam o total de indivíduos analisados. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre as estações ($P < 0,05$) para cada ordem, de acordo com a regressão logística simples (ver resultados na Tabela 2). n.s = não significativo.

3.4 Seleção das ordens de insetos mais consumidos

Nossos dados mostraram certo padrão de seleção de algumas ordens de insetos por *G. agilis*, de acordo com as variações entre épocas do ano e também intra-específicas. A comparação da disponibilidade das ordens de insetos mais consumidos (esperado) com as proporções de consumo (observado) indicou que tanto machos ($\chi^2=136,372$; g.l.=3; $P<0,0001$) como fêmeas ($\chi^2=135,183$; g.l.=3; $P<0,0001$), na estação seca, parecem selecionar as ordens Hemiptera e Isoptera positivamente, mas selecionam negativamente formigas. Contudo, na estação chuvosa, machos ($\chi^2=8,028$; g.l.=3; $P=0,045$) e fêmeas ($\chi^2=11,768$; g.l.=3; $P=0,008$) selecionam negativamente a ordem Coleoptera e não selecionam nenhuma das outras ordens testadas. Já fêmeas reprodutivas ($\chi^2=1,696$; g.l.=3; $P=0,637$) não selecionaram nenhuma das ordens analisadas, porém fêmeas não reprodutivas ($\chi^2=9,282$; g.l.=3; $P=0,025$) selecionam negativamente besouros (Figura 8).

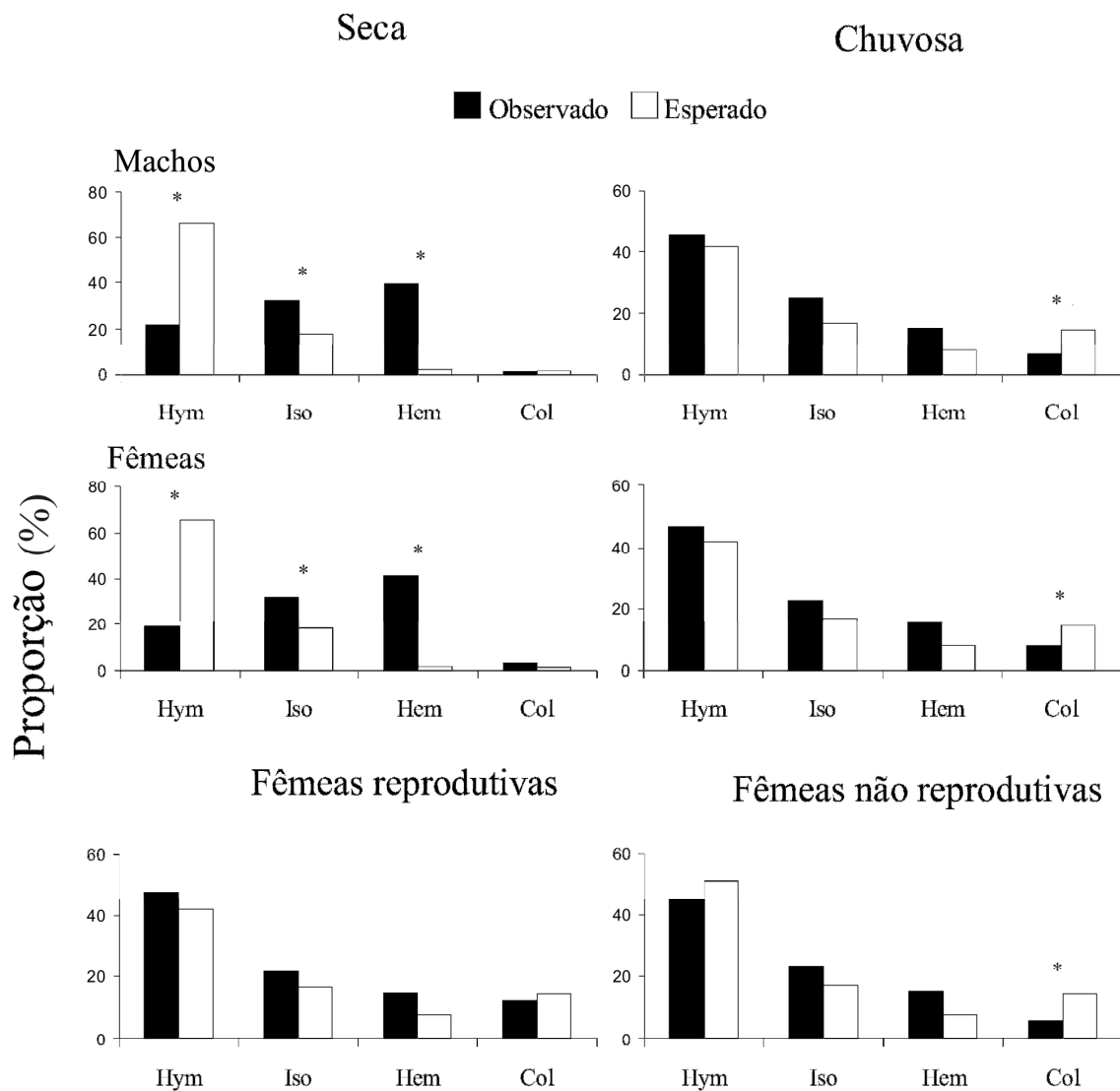


Figura 8. Comparação entre a frequência de ocorrência nas amostras de fezes das quatro Ordens de insetos mais comuns e a frequência esperada de acordo com a disponibilidade das mesmas no ambiente (inferido pela biomassa relativa dos invertebrados capturados nas *pitfalls*). As comparações foram feitas independentemente nas duas épocas do ano (seca e chuvosa) e para ambos os sexos. Além disso, comparamos também entre fêmeas reprodutivas e não-reprodutivas da estação chuvosa. Os asteriscos representam valores significativos ($P < 0,05$) em comparações *a posteriori* entre pares de cada Ordem, realizadas quando a comparação geral foi significativa (teste do qui-quadrado). Código das Ordens: Hym = Hymenoptera, Iso = Isoptera, Hem = Hemiptera, Col = Coleoptera.

4. Discussão

4.1 Frequência total no consumo de itens

De acordo com nossos dados, 100% dos indivíduos se alimentaram de artrópodes. Um outro estudo realizado por Bocchiglieri *et al.* (2010) em cerradão do Brasil central sobre a dieta de *G. agilis*, também revelou a mesma frequência. Entretanto, a frequência de algumas ordens consumidas diferiu de forma discrepante. Enquanto neste estudo detectamos cerca de 8% dos indivíduos se alimentando da ordem Coleoptera (Tabela 1), Bocchiglieri *et al.* (2010) verificaram a ocorrência dessa ordem em 76% das amostras de fezes. Já Lessa & Costa (2009) mostraram um valor mais similar ao nosso (14%), embora o estudo destes autores não tenha sido realizado na mesma fitofisionomia de cerrado que o nosso. Já o estudo de Martins *et al.* (2006) indicou um consumo de Coleoptera pela espécie congênica *G. microtarsus* de 53%. Baseando-se em nossos resultados de seleção dos artrópodes consumidos (Tabela 3), verificamos que esta ordem de insetos não foi selecionada. Portanto, talvez seja razoável imaginar que o consumo de besouros seja dependente da disponibilidade do grupo no ambiente.

Já a ordem Hemiptera foi consumida de forma freqüente (54%). Nenhum dos estudos realizados até o momento, tanto para *G. agilis* quanto para *G. microtarsus*, havia revelado uma frequência desta magnitude (Martins & Bonato 2004; Martins *et al.* 2006; Lessa & Costa 2009; Bocchiglieri *et al.* 2010). Apesar de não detectarmos grande quantidade de percevejos por meio de *pitfalls* (Tabela 3), acreditamos que esta ordem esteve particularmente abundante nas áreas na estação seca (ver seção 4.3). Já as ordens Isoptera e Hymenoptera foram amplamente consumidas, como esperado de acordo com os estudos realizados anteriormente para o gênero *Gracilinanus* (Martins & Bonato 2004; Martins *et al.* 2006; Lessa & Costa 2009; Bocchiglieri *et al.* 2010). Formigas e cupins são consideradas duas das ordens de insetos mais abundantes no Cerrado (Pinheiro *et al.* 2002), e a disponibilidade de presas e abundância podem ser uns dos fatores que determinam o consumo de presas na maioria dos mamíferos (Redford & Dorea 1989). Nossos dados parecem corroborar esse padrão, em que as ordens aparentemente mais abundantes estiveram entre as mais consumidas.

Frutos possuem altos valores energéticos para marsupiais (Atramentowicz 1988), sendo uma fonte direta de energia para esses animais. A proporção de frutos consumidos por *G. agilis* que detectamos no presente estudo também foi a maior já

registrada não só para esta espécie, mas como para o gênero. Cerca de 86% dos indivíduos analisados consumiram frutos, sendo a família Melastomataceae a mais consumida (83%) (também ver capítulo 2). Até o momento, frutos não tinham sido considerados parte importante na dieta deste gênero de marsupial, com estes se alimentando em baixas frequências deste item. Como exemplo disto, Martins & Bonato (2004) não encontraram vestígios de frutos ao avaliar a dieta de *G. microtarsus* em Mata Atlântica. Entretanto, Martins et. al. (2006) encontraram 7% dos indivíduos se alimentando do gênero *Miconia*, 6% de *Passiflora*, e 3% de *Solanum*. Já Bocchiglieri et al. (2010) e Lessa & consta (2009) encontram cerca 30% dos indivíduos se alimentando de frutos. Nossos resultados de frequência no consumo de frutos estão mais de acordo com estudos realizados em laboratório para esta espécie, em que foi verificado alto consumo de frutos (Astúa de Moraes et al. 2003, Santori & Astúa de Moraes 2006) (ver também capítulo 2).

Itens derivados de frutos podem ser subestimados pela alta digestibilidade da polpa (Caron et al. 1985; Astúa de Moraes et al. 2003) e o ato de cuspir as sementes (Leiner & Silva 2007). Entretanto, por meio de comparações de frutos consumidos por *G. agilis* coletados em campo, conseguimos identificar características da polpa, fibras e sementes que indicassem seguramente se os indivíduos consumiram frutos. Isto pode ter aumentado a nossa eficiência na detecção no consumo de frutos.

Em nosso estudo, revelamos a primeira ocorrência de vertebrados na dieta do gênero *Gracilinanus*. Ao verificar penas, ossos e casca de ovos remanescentes nas fezes deste marsupial, concluímos que estes só se alimentaram de pássaros jovens, uma vez que verificamos a ocorrência de penugens, e ossos em que a epífise ainda não estavam fusionadas à diáfise. Ao oferecer ovos de codorna para *G. agilis* em cativeiro para dois machos e duas fêmeas por uma semana, não verificamos este marsupial quebrando os ovos e se alimentando do conteúdo interno. Entretanto, ao quebrarmos a casca, os indivíduos consumiram os ovos. É possível que somente animais com porte maior possam quebrar e se alimentar deste item, ou que exista algum tipo de variação individual, dependente do aprendizado. Como encontramos fragmentos de ovos nas fezes de *G. agilis*, achamos que seja plausível que ao encontrar ovos, se alimentem do conteúdo interno, seja pássaros que não nasceram ou da gema e clara dos ovos. Contudo, não podemos excluir a possibilidade deste marsupial também se alimentar de indivíduos recém nascidos, uma vez que em alguns casos encontramos somente vestígios de penugens e ossos.

De acordo com nossos dados, acreditamos que, segundo a classificação de Eisenberg (1981), *G. agilis* deva ser categorizado como um marsupial insetívoro-onívoro. Por mais que nosso estudo tenha indicado um consumo consideravelmente alto de frutos, este animal não parece ser particularmente especializado em se alimentar deste item, embora frutos possam oferecer vantagens na obtenção de energia direta (ver capítulo 2). Isto fica mais evidente ao verificar que os estudos já realizados em campo para o gênero (Martins & Bonato 2004; Martins *et al.* 2006; Lessa & Costa 2009; Bocchiglieri *et al.* 2010), em que é visto como padrão um consumo frequente de insetos. Há contudo uma variação alta na incidência de vestígios que indiquem o consumo de frutos. Além disso, o consumo de pequenos vertebrados também reforça esta classificação.

4.2 Abundância relativa dos itens alimentares consumidos

De acordo com os testes realizados na abundância de itens alimentares consumidos por *G. agilis*, verificamos diferenças entre os fatores sexo e sazonalidade no consumo de artrópodes (Figura 2). Apesar dessas diferenças estatísticas terem sido verificadas, os valores médios são similares entre os grupos e não é possível afirmar se estes resultados podem apontar ou não implicações ecológicas. Contudo, machos tendem a se alimentar mais que fêmeas. Esta diferença parece ser devido ao fato de que machos se alimentam mais intensamente de insetos na estação seca (Figura 3). Este mesmo padrão foi constatado para *G. microtarsus* por Martins *et al.* (2006), que relacionou o padrão às maiores distâncias percorridas pelos machos nesta estação e conseqüentemente maior demanda energética. Além disso, apesar de fêmeas não terem diferenciado estatisticamente na intensidade no consumo de artrópodes entre as estações (Figura 3), verificamos que fêmeas reprodutivas se alimentaram mais de artrópodes do que fêmeas não reprodutivas (Figura 4). Mais uma vez isso pode indicar maiores requerimentos energéticos e nutricionais relacionadas à reprodução deste animal (*i.e.* formação do filhote e lactação).

Adicionalmente, não encontramos diferenças para nenhum dos fatores observados na abundância no consumo de frutos e vertebrados (Figuras 2, 3 e 4). Nossos dados revelam que frutos foram freqüentes na dieta deste marsupial. Contudo o fato de não termos encontrado diferenças intra-específicas no consumo deste item, e serem relativamente baixos quantitativamente, pode ser devido à alta taxa de digestão

da polpa (Caron *et al.* 1985; Astúa de Moraes *et al.* 2003), à baixa abundância de fibras que indiquem o consumo de frutos, e o possível ato destes marsupiais cuspirem sementes (Leiner & Silva 2007). Desta forma, acreditamos que a melhor maneira de se avaliar as diferenças no consumo deste item, seja pela contagem direta das sementes defecadas por esse animal (ver capítulo 2).

Já a baixa abundância de vertebrados pode estar relacionada ao fato de que esses marsupiais consomem eventualmente este item alimentar de acordo com o encontro de ninhos. Nossos dados sugerem que *G. agilis* se alimenta de vertebrados oportunisticamente. Por ser um animal que utiliza o estrato arbóreo com frequência, não é incomum que encontrem eventualmente ovos de pássaros em ninhos.

4.3 Variação intra-específica e sazonal na frequência das ordens de insetos mais consumidas

Ao verificarmos diferenças na frequência dos artrópodes mais consumidos por *G. agilis* relacionadas à sazonalidade e sexo, verificamos que os indivíduos desta espécie de marsupial se alimentam mais de formigas e besouros na época chuvosa (Figura 5). Embora besouros sejam considerados abundantes assim como formigas e cupins nesta época do ano (Pinheiro *et al.* 2002), os indivíduos de *G. agilis* se alimentaram mais de formigas que besouros. Isto pode ser explicado pelo fato de que, de acordo com o teste a *posteriori* de Tukey, verificamos que a ordem Hymenoptera foi a mais abundante nas duas estações do ano avaliadas, seguidas de Isoptera, Coleoptera e Hemiptera, sendo que estes dois últimos grupos não diferiram entre si em termos de peso seco.

Apesar de nenhuma das ordens de insetos ter diferido estatisticamente na disponibilidade entre estações do ano, besouros apresentaram uma tendência a uma maior abundância na época chuvosa. É provável que não tenhamos detectado diferenças mais expressivas na abundância desta ordem, pela falta de utilização de outros métodos de captura de artrópodes além das *pitfalls* (Pinheiro *et al.* 2002). Entretanto, mesmo assim é provável que a abundância desta ordem de insetos ainda estivesse baixa comparada a cupins e formigas, já que somente 8% dos indivíduos de *G. agilis* se alimentaram de besouros (Tabela 1). O maior consumo de coleópteros nesta época do ano provavelmente está relacionado ao fato de que fêmeas reprodutivas se alimentaram oportunisticamente (ver seleção de artrópodes – Tabela 3), mais desta ordem de insetos

em comparação às fêmeas não reprodutivas (Figura 7). O eventual encontro e consumo de besouros pode ser extremamente vantajoso para fêmeas reprodutivas, uma vez que podem fornecer ao mesmo tempo quantidades expressivas de gordura e proteína para estes animais (Ramos-Elorduy *et al.* 2006). Este mesmo padrão foi encontrado para fêmeas de *G. microtarsus* na época da chuva (Martins *et al.* 2006)

Já na estação seca, as frequências no consumo das ordens de insetos analisados foram maiores para Isoptera e Hemiptera (Figura 5). De acordo com Martins *et al.* (2006), *G. microtarsus* também aumentou a frequência de consumo de cupins na época seca. A ordem Isoptera está entre as que apresentam maior quantidade de gordura em termos nutricionais (Defoliart 1992). O acúmulo de gordura nesta época pode ser extremamente importante para machos que deslocam maiores distâncias à procura de fêmeas, e para fêmeas que estarão grávidas no final desta época de ano, e lactantes até o meio do período chuvoso (Martins *et al.* 2006). Além disso, cupins apresentam quantidades consideravelmente expressivas de água em sua constituição (Cooper & Whitters 2004), o que pode ser vantajoso na época seca, principalmente em ambientes de cerrado que não apresentam cursos de água associados (Ribeiro & Walter *et al.* 1998). Isto pode ser reforçado também pelo fato de não verificarmos diferenças na disponibilidade de cupins entre as épocas seca e chuvosa (teste de Tukey). Além disso, Pinheiro *et al.* (2002) revelam que no Cerrado, cupins possuem o pico de abundância na chuva, época do ano em que esta ordem de inseto é menos consumida por *G. agilis*.

Adicionalmente, a maior ingestão de gordura no período seco pode ser particularmente vantajosa, uma vez que as temperaturas podem ser baixas durante a noite (período de atividade de *G. agilis*). De fato, verificamos que nas áreas amostradas, a temperatura da época chuvosa variou de 12,5° C a 34° C. Já no período da seca, registramos uma temperatura mínima de 5° C a noite. Deste modo, a regulação da temperatura corporal pode demandar um requerimento energético adicional nesta época do ano (Bonzinovic *et al.* 2007), e o consumo de cupins pode ser uma potencial fonte de energia para este marsupial.

O nosso estudo foi o único até o momento que verificou tal magnitude no consumo de percevejos na época seca pelo gênero *Gracilinanus*. Embora Pinheiro *et al.* (2002) tenham verificado uma maior abundância desta ordem de inseto no período chuvoso, e não tenhamos verificado mudanças na abundância de percevejos entre épocas do ano (de acordo com o teste a *posteriori* de Tukey), acreditamos que na verdade este inseto estava particularmente mais abundante na seca. Cem por cento dos

animais consumiram somente uma espécie de Hemiptera nesta época do ano (*Euschistus heros* [Fabricius, 1794]). Esta espécie de percevejo é considerada uma praga, sendo dentro do complexo de percevejos sugadores o mais abundante, podendo causar danos expressivos (até 30% - Gallo *et al.* 2002) na qualidade e produção de soja (Nunes & Corrêa-Ferreira 2002).

É possível que após a colheita da soja em áreas próximas à de estudo, estes insetos tenham se deslocado para as áreas naturais, aumentando a abundância local de Hemiptera. Como estes animais são fitófagos, permanecendo basicamente em folhas, é natural que não tenhamos detectado quantidades expressivas deste percevejo por meio de *pitfalls*. Considerando que todos os indivíduos se alimentaram desta espécie de percevejo na estação da seca, é razoável considerar que *G. agilis* poderia contribuir para o controle biológico de *E. heros*. Assim como cupins foram mais frequentemente consumidos por *G. agilis* na estação seca, devido a um maior potencial em adquirir maiores quantidades de gordura, *E. heros* pode ser também uma fonte importante tanto de proteína como de gordura (Ramos-Elorduy *et al.* 1997). Uma vez que este hemíptero possivelmente esteve mais disponível no ambiente nesta época do ano, pode ser extremamente vantajoso serem consumidos por *G. agilis*.

Apesar de não encontrarmos diferenças de uma forma geral, entre sexos (Figura 5) na frequência no consumo das ordens de insetos, observamos que machos se alimentaram mais frequentemente de formigas na época chuvosa (Figura 6), enquanto fêmeas consumiram tanto formigas quanto besouros neste período ano (Figura 7). Isto provavelmente também foi reflexo do maior número de fêmeas reprodutivas se alimentando desta ordem de inseto. Já tanto machos como fêmeas tiveram o mesmo padrão no aumento da frequência de consumo de cupins e percevejos na época seca (Figuras 6 e 7).

Nossos dados divergiram em relação ao estudo de Martins *et al.* (2006) para *G. microtarsus*, em que os autores encontraram maior frequência no consumo de formigas na época seca para os machos. No entanto, a ordem Isoptera sendo mais consumida tanto por machos como fêmeas na estação seca, e maior frequência para fêmeas se alimentando de formigas e besouros na época chuvosa está de acordo com os resultados de Martins *et al.* (2006). Os autores atribuíram este maior consumo de formigas por machos na seca, por consequência do aumento no consumo de itens alimentares de uma forma geral, já que machos deslocam maiores distâncias a procura de fêmeas e requerem maior demanda energética. Entretanto, nossos dados sugerem que, levando

em consideração que formigas estavam igualmente abundantes no período seco e chuvoso, estes animais selecionaram qualitativamente as ordens de forma diferencial nas distintas épocas do ano, possivelmente por motivos nutricionais. Além disso, a seleção de diferentes ordens em épocas sazonais distintas é reforçada pelo fato de que formigas tendem a apresentar dois picos de abundância ao longo do ano: um na época chuvosa e um na época seca (Pinheiro *et al.* 2002). Contudo, mesmo assim foram menos consumidos na estação seca.

4.4 Seleção das ordens de insetos mais consumidas

Os nossos resultados indicaram alguns padrões marcantes relacionados à seleção de artrópodes de acordo com a disponibilidade de recursos nos ambientes estudados nas duas épocas do ano. Apesar de *G. agilis* ter consumido as ordens de insetos mais abundantes, nossos dados mais uma vez indicam que existe seleção de determinadas ordens de insetos relacionadas a possíveis demandas energéticas e nutricionais. A seleção de Isoptera e Hemiptera na estação seca tanto por machos quanto por fêmeas (Tabela 3) pode ter ocorrido devido à necessidade de acúmulo de gordura e obtenção de água nesta época do ano.

Apesar de termos verificado um consumo de percevejos maior do que o esperado na seca, acreditamos que a disponibilidade deste recurso foi sub-amostrada devido ao hábito fitófago de diversas espécies (Schmidt & Barcellos 2007; Campos *et al.* 2009). Portanto, a maior abundância de percevejos possivelmente foi o motivo pelo qual *G. agilis* tenha se alimentado mais da ordem Hemiptera comparado a Coleoptera.

Formigas, na época seca, foram selecionadas negativamente (observado<esperado). Esta ordem de insetos apresenta mais quitina podendo fornecer maiores quantidades de proteína. Já cupins apesar de apresentarem quantidades expressivas de gordura (Defoliart 1992), possuem o exoesqueleto pouco esclerotinado (Nobre *et al.* 2009). Isto mais uma vez sugere uma maior importância em adquirir gordura ao invés de proteína neste período do ano. Desta forma, *G. agilis* parece se concentrar em se alimentar mais de cupins, mesmo quando formigas estão disponíveis.

Entretanto, apesar de não termos encontrado nenhuma seleção de formigas no período chuvoso, esta ordem não foi selecionada negativamente. Como o acúmulo de gordura parece não ser uma prioridade para esses marsupiais na época chuvosa, é possível que os animais comecem a se alimentar de acordo com a disponibilidade deste

recurso (observado não difere do esperado). Isto pode ser vantajoso principalmente para as fêmeas, uma vez que estão lactantes ou grávidas, e a ingestão de proteína pode auxiliar na formação do filhote e na produção de leite (Payne & Wheeler 1986; Green 1996; Metges 2001).

Verificamos também que besouros foram menos consumidos do que o esperado durante a época chuvosa por todos os grupos. Acreditamos que essa redução no consumo de besouros na estação chuvosa pode ser devido à presença no ambiente de besouros com maior porte, cujos valores altos de massa seca estavam concentrados em poucos indivíduos. Isto pode acarretar em uma menor chance dos indivíduos de *G. agilis* encontrarem coleópteros. Além disso, o consumo de insetos muito grandes por predadores pequenos, especialmente no caso de besouros que são extremamente esclerotinizados e coreáceos, pode dificultar o manuseio e o consumo destes insetos, não sendo vantajoso o consumo destes indivíduos maiores.

Na época chuvosa, nenhuma ordem de inseto foi selecionada positivamente. A ocorrência de maior disponibilidade de frutos nesse período (Batalha & Martins 2004) pode fazer com que os insetos sejam relativamente menos procurados, com os marsupiais passando a se utilizar dos mesmos na mesma proporção em que ocorrem no ambiente. Além disso, uma vez que verificamos fêmeas reprodutivas consumindo besouros de acordo com a disponibilidade no ambiente, e fêmeas não reprodutivas selecionando negativamente esta ordem de inseto, acreditamos que isto pode indicar que besouros apresentam considerável importância energética e nutricional quando estes marsupiais estão reprodutivos. Os resultados divergentes no consumo de besouros nos estudos realizados para o gênero *Gracilinanus* (Martins & Bonato 2004; Martins *et al.* 2006; Lessa & Costa 2009; Bocchiglieri *et al.* 2010), podem indicar de fato que estes marsupiais se alimentam de besouros de acordo com a disponibilidade no ambiente. Como exemplo disso, Bocchiglieri *et al.* (2010) investigaram a dieta de *G. agilis* em uma das áreas em que o nosso estudo foi realizado (Jardim Botânico de Brasília) e encontraram uma frequência de 75% no consumo de besouros. Isso pode indicar uma mudança temporal na abundância deste recurso, uma vez que o estudo de Bocchiglieri *et al.* (2010) foi conduzido oito anos antes do nosso.

4.5 Conclusão

Verificamos que *G. agilis* que é um animal insetívoro-onívoro. Por mais que este marsupial se alimente oportunisticamente das ordens de insetos mais abundantes, parece existir uma seleção de insetos na estação seca, enquanto na chuva o animal se alimenta de forma oportunística. Nosso estudo verificou que *G. agilis* se alimenta diferentemente das ordens de insetos de acordo com as estações do ano, possivelmente como reflexo da condição reprodutiva.

5. Referências Bibliográficas

- Alho, C.J.R. 1981. Small mammal populations of Brazilian Cerrado: the dependence of abundance and diversity on habitat complexity. **Revista Brasileira de Biologia** **41**: 223-230.
- Amico, G. & Aizen, M.A. 2000. Mistletoe seed dispersal by a marsupial. **Nature** **408**: 929-930.
- Astúa de Moraes, D. & Santori, R.T. 2003. Nutritional and fibre content of laboratory-established diets of Neotropical opossums (Didelphidae). In: (M. Jones, C. Dickman and M. Archer, eds.) **Predators with pouches: The biology of carnivorous marsupials**. CSIRO Publishing, Australia. pp. 229–237.
- Atramentowics, M. 1988. La frugivorie opportuniste de trois marsupiaux didelphidés de Guyane. **Revue d'Ecologie (Terre et Vie)** **43**: 47-57.
- Batalha, M.A. & Martins, F.R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). **Australian Journal of Botany** **52**: 149 – 161.
- Ayres, M., Ayres Jr, M.; Ayres, D.L., dos Santos, A.S. 2007. **BioEstat 5.0 - aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém, Sociedade Civil Mamirauá, 364 p.
- Bocchiglieri, A., Mendonça, A.F. & Campos, J.B. 2010. Diet composition of *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia, Didelphidae) in dry woodland areas of Cerrado in central Brazil. **Mammalia** **74**: 225–227.
- Bonzinovic F., Muñoz, J.L.P, Naya, D.E., Cruz-Neto, A.P. 2007. Adjusting energy expenditures to energy supply: food availability regulates torpor use and

- organ size in the Chilean mouse-opossum *Thylamys elegans*. **Journal of comparative Physiology-B** 177:393-400.
- Cáceres, N.C. 2005. Comparative lengths of digestive tracts of seven didelphid marsupials (Mammalia) in relation to diet. **Revista Brasileira de Zoologia** 22: 181-185.
- Cáceres, N.C. 2004. Diet of three didelphid marsupials (Mammalia, Didelphimorphia) in southern Brazil. **Mammalian Biology** 69: 430-433.
- Câmara, P.A.S. 2008. Musgos acrocárpicos das Matas de Galeria da Reserva Ecológica do IBGE, RECOR, Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 22: 1027-1035.
- Campos, L.A., Bertolin, T.B.P., Teixeira, R.A. & Martins, F.S. 2009. Diversidade de Pentatomoidea (Hemiptera, Heteroptera) em três fragmentos de Mata Atlântica no sul de Santa Catarina. **Iheringia, Série Zoologia** 99: 165-171.
- Cantor, M., Ferreira, L.A., Silva, W.R. & Setz, E.Z.F. 2010. Potential seed dispersal by *Didelphis albiventris* (Marsupialia, Didelphidae) in highly disturbed environment. **Biota Neotropica** 10: 45-51.
- Caron, L., Garant, Y. & Bergeron, J.M. 1985. The effect of digestibility values of resources on the reliability of food-habit studies from fecal analyses. **Canadian Journal of Zoology** 63: 2183–2186.
- Casella, J. & Cáceres, N.C., 2006. Diet of four small mammals species from Atlantic forest patches in south Brazilian. **Neotropical Biology Conservation** 1: 5–11.
- Cooper, C.E & Whether, P.C. Termite digestibility and water and energy contents determine the water economy index of numbats (*Myrmecobius fasciatus*) and other myrmecophages. **Physiological Biochemical Zoology** 77: 541-650
- DeFoliart, G. 1992. Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. **Crop Protection** 11: 395-399.
- Dickman, C.R. & Vieira, E.M. 2006. Ecology and life histories. In: Armati, P.J., Dickman, C.R., Hume, I. (Orgs.). **Marsupials**. Cambridge, Inglaterra Cambridge University Press, p. 199-228.
- Eisenberg, J.F. 1981. **The Mammalian Radiation: an analysis of trends in evolution, adaptation and behavior**. Chicago, Univ. Chicago Press, 610p.
- Eiten, G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review** 38: 201-341.

- Emmons, L.H. & Feer, F. 1990. **Neotropical rainforest mammals: a field guide**. The University of Chicago Press, Chicago. 307 p.
- Felfili, J.M., Silva Júnior, M.C., Dias, B.J. & Rezende, A. V. 1999. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado sensu stricto da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **22**: 83-90.
- Fonseca, G.A.B, Hermann, G., Leite, Y.L.R., Mittermeier, R.A., Rylands, A.B., Patton, J.L. 1996. Lista anotada de mamíferos do Brasil. **Occasional Paper** **4**: 1-38.
- Fonseca, M.S., Silva Júnior, M.C. 2004. Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. **Acta Botanica Brasilica** **18**: 19-29.
- Galetti, M., Pizo, M.A. & Morellato, P.C. 2003. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. *In*: CULLEN JR, L., Rudran, R., Valladares-Padua, C. (org.), **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba, UFPR/Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 667 p.
- Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S, Carvalho, R.P.L, De batista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alvez, S.B., Vendramim, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S. & Omoto, C. **Entomologia Agrícola**. FEALQ, Piracicaba. 902 p.
- Gayet, M., Marshall, L.G. & Sempere, T. 1991. The Mesozoic and Paleocene vertebrates of Bolivia and their stratigraphic context: A review. **Revista Técnica YPF** **12**: 393-433.
- Gribel, R. 1988. A probable case of pollination by marsupials in Central Brazil. **Biotropica** **20**: 344-347.
- IBRAM. Estações ecológicas. Disponível em: <
http://www.ibram.df.gov.br/005/00502001.asp?ttCD_CHAVE=13131>.
 Acessado em: jan. 2011
- Jansa, S. A. & Voss, R. S. 2000. Phylogenetic Studies on Didelphid Marsupials I. Introduction and Preliminary Results from Nuclear IRBP Gene Sequences. **Journal of Mammalian Evolution** **7**: 43-77.
- Julien-Laferrrière, D. & Atramentowicz, M. 1990. Feeding and reproduction of three didelphid marsupials in two neotropical Forest (French Guiana). **Biotropica** **22**: 404-415.

- Leiner, N.O. & Silva, W. R. 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.
- Lessa, L.G. & Costa, F.N. 2009. Diet and seed dispersal by five marsupials (Didelphimorphia: Didelphidae) in a Brazilian cerrado reserve. **Mammal Biology** **75**: 10-16.
- Mares, M.A. & Ernest, K.A. 1995. Population and community ecology of small mammals in a gallery forest of central Brazil. **Journal of Mammalogy** **76**: 750-768.
- Martins, E.G. & Bonato, V. 2004. On the diet of *Gracilinanus microtarsus* (Marsupialia, Didelphidae) in an Atlantic rainforest fragment in southeastern Brazil. **Mammalian Biology** **69**: 58–60.
- Martins, E.G., Bonato, V., Pinheiro, H. P. & Reis, S.F. 2006. Diet of the gracile mouse opossum (*Gracilinanus microtarsus*) (Didelphimorphia: Didelphidae) in a Brazilian Cerrado: patterns of food consumption and intra-population variation. **Journal of Zoology** **269**: 21–28.
- Metges, C.C. 2001. Does dietary early life affect the development of adiposity in mammals? **Journal of Nutrition** **131**: 2062-2066
- Mittermeier, R.A., Robles Gil, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J., & da Fonseca, G.A.B. 2004. **Hotspots Revisited. Mexico: CEMEX.**
- Nicola, P.A., Silva, C.B.X., Pereira, L.C.M. 1999. Primeira ocorrência de *Gracilinanus agilis* (Burmeister, 1854) (Didelphidae – Marsupialia) no estado do Paraná, Brasil. **Estudos de Biologia** **44**: 29-37.
- Nobre, T., Nunes, L. & Bignell, D. E. 2009. Survey of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) in a managed silvicultural plantation in Portugal, using a line-intersection method (LIS). **Bulletin of Entomology. Research** **99**: 11-21.
- Nowak, R.M. 1999. **Walker's mammals of the world.** The Johns Hopkins University press, Baltimore, V.1.
- Nunes, M.C. & Corrêa-Ferreira, B.S. 2002. Danos Causados à Soja por Adultos de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae), Sadios e Parasitados por *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae). **Neotropical Entomology** **31**: 109-113.

- Payne, P.R. & Wheeler, E.F. 1986. Comparative nutrition in pregnancy and lactation. **Symposium Proceedings 27**:129-138.
- Pinheiro, F., Diniz, I. R., Coelho, D. & Bandeira, M. P. S. 2002. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian Cerrado. **Austral Ecology 27**: 132-136.
- Pinheiro, P.S., Carvalho, F.M.V., Fernandez, F. A. S., Nessimian, J. L. 2002a. Diet of the Marsupial *Micoureus demerarae* in Small Fragments of Atlantic Forest in Southeastern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment 37**: 213–218.
- Ramos-Elorduy, J., Moreno, J.M.P., Prado E. E., Perez, M.A., Otero, J.A. & Guevara, O.L. 1997. Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. **Journal of Food Composition and Analysis 10**: 142–157
- Ramos-Elorduy, J., Costa neto, M., Santos, E.F., Jéssica, F.S., Moreno, J.M.P., Landero-Torres, I., Sergio C., Campos, A & Pérez, A.G. 2006. Estudio comparativo del valor nutritivo de varios coleoptera comestibles de México y *Pachymerus nucleorum* (FABRICIUS, 1792) (BRUCHIDAE) de Brasil. **INCI 31**: 512-516.
- Rawlins, D.R. & Handasyde, K.A. (2002). The feeding ecology of the striped possum *Dactylopsila trivirgata* (Marsupialia: Petauridae) in far north Queensland, **Australian Journal of Zoology 257**: 195–206.
- Redford, K.H & Fonseca, G.A.B. 1986. The role of gallery forests in the zoogeography of the Cerrado's non-volant mammalian fauna. **Biotropica 18**: 126-35.
- Redford, K.H. & Dorea, J.G. 1984. The nutritional value of invertebrates with emphasis on ants and termites as food for mammals. **Journal of Zoology 203**: 385–395.
- Reis, N.R., Shibatta, O.A., Peracchi, A.L., Pedro, W.A. & Lima, I.P. 2006. Sobre os mamíferos do Brasil. In: Reis, N. R., Peracchi, A. L., Pedro, W. A., Lima, I. P. (Eds). **Mamíferos do Brasil**. Imprensa da UEL, Londrina, p. 17-25.
- Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do Cerrado. In: Sano, S. M., Almeida, S. P (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina-DF: EMBRAPA-CPAC, p. 87-166.
- Rose, K.D. 1987. Climbing adaptations in the early eocene mammal *Chriacus* and the origin of artiodactyla. **Science 236**: 314-316.

- Rossi, R. V., Bianconi, G. V. & Pedro, W. A. 2006. Ordem Didelphimorphia. In: Reis, N. R., Peracchi, A. L., Pedro, W. A., Lima, I. P. (Eds). **Mamíferos do Brasil**. Imprensa da UEL, Londrina, p. 27-66.
- Santori, R.T., Astúa de Moraes, D. & Cerqueira, R. 2004. Comparative gross morphology of the digestive tract in ten Didelphidae marsupial species. **Mammalia 68**: 27-36.
- Santos Filho, M., Silva, D.J. & Sanaiotti, T.M. 2008. Variação sazonal na riqueza e na abundância de pequenos mamíferos, na estrutura da floresta e na disponibilidade de artrópodes em fragmentos florestais no Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica 8**: 115-121.
- Schmidt, L. S. & Barcellos, A. 2007. Abundância e riqueza de Heteroptera (Hemiptera) do Parque Estadual do Turvo, sul do Brasil: Pentatomoidea. **Iheringia, Série Zoologia 97**: 73-79.
- Talamoni, S.A., Couto, D., Cordeiro Júnior, D.A., Diniz, F.M. 2007. Diet of some species of Neotropical small mammals. **Mammalian Biology 73**: 337-341.
- Vieira, E., Yob, G. Marsupiais. In: Fontana, C.S., Bencke, G.A., Reis, R.E. 2003. **Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul**. EDIPUCRS, Porto Alegre. p. 507-533.
- Vieira, E.M. & Palma, A.R.T. 2005. Pequenos mamíferos de cerrado: distribuição dos gêneros e estrutura das comunidades nos diferentes habitats. In: Scariot, A., Sousa Filho, J.C., Felfili, J.M. (Eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. pp. 267-282.

Capítulo 2

Frugivoria e potencial dispersão de sementes pelo marsupial *Gracilinanus agilis* (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de Cerrado no Brasil central

Resumo

No presente estudo investigamos o consumo de frutos e viabilidade de sementes consumidas pelo marsupial *Gracilinanus agilis* em quatro áreas de cerrado do Brasil central. Análises fecais indicaram que este mamífero se alimenta de plantas pioneiras da família Melastomataceae (*Miconia albicans*, *M. pohliana*, *M. ferruginata*, *M. cuspidata*, *M. pepericarpo* e *Ossaea congestiflora*), Solanaceae (uma espécie não identificada) e Viscaceae (erva-de-passarinho - *Phoradendron perrottetii*). Detectamos o maior índice de consumo de frutos já registrado para o gênero *Gracilinanus*, com cerca de 45% das fezes contendo sementes e 86% contendo itens derivados de frutos (N=422). Com exceção de *O. congestiflora*, o restante das sementes das espécies testadas não sofreram efeitos negativos na germinabilidade ao passarem pelo trato digestório deste marsupial. A avaliação da variação intraspecífica no número total de sementes encontradas nas fezes indicou que fêmeas de *G. agilis* defecam maior quantidade de sementes (média \pm EP: $20,4 \pm 3,1$) em comparação com os machos ($18,2 \pm 4,6$) ($F=37,71$; $P<0,0001$). O fator estação do ano também foi significativo ($F=870,10$; $P<0,0001$) e existiu interação entre sexo e sazonalidade ($F=47,62$; $P<0,0001$). Tanto fêmeas como machos aumentaram o consumo de frutos com sementes na seca. Contudo, fêmeas apresentaram mais sementes nas fezes do que machos na estação chuvosa. Observamos um maior número de sementes defecadas de *Miconia* spp. por fêmeas (média \pm erro padrão: $17,3 \pm 3,3$) em relação aos machos ($5,8 \pm 1,5$) ($P=0,048$) e também por fêmeas reprodutivas ($24,7 \pm 6,6$) em relação a fêmeas não reprodutivas ($12,9 \pm 2,8$) ($P=0,031$). Nossos dados indicaram que *G. agilis* selecionou positivamente espécies da família Melastomataceae, sugerindo um papel relevante dessas plantas relacionadas a demanda energética e de água, principalmente na época seca.

Palavras chave: Cerrado, frutos, germinação, marsupial, Melastomataceae.

Abstract

In the present study we investigated patterns of fruit consumption and viability of seeds consumed by the marsupial *Gracilinanus agilis* in four dry woodland areas (*i.e.* cerrado) in central Brazil. Faecal analysis indicated that this mammal feeds on seeds of pioneer plant species of Melastomataceae (*Miconia albicans*, *M. pohliana*, *M. ferruginata*, *M. cuspidate*, *M. pepericarpo*, and *Ossaea congestiflora*), Solanaceae (one unidentified species), and Viscaceae (mistletoe - *Phoradendron perrottetii*). We recorded the highest reported rate of fruit consumption for the *Gracilinanus* genus, with about 45% of the scats containing seeds and 86% containing items derived from fruits (N = 422). With the exception of *O. congestiflora*, the remaining seed species tested did not suffer negative effects on germination rates after passing through the marsupial guts. The analysis of intraspecific variation in the total number of seeds found in scats indicated that females defecate a significantly greater number of seeds (mean \pm EP: 20,4 \pm 3,1) than males (18,2 \pm 4,6) ($F=37,71$; $P<0,0001$). The factor season was also significant as well as the interaction between sex and season. Both females and males increased their fruit consumption in dry season, but in the rainy season females had more seeds than males in their faeces. We observed a higher number of *Miconia* seeds defecated by females (mean \pm SD: 17.3 seeds \pm 3.3) than males (5.8 \pm 1.5) ($P = 0.048$) and also by reproductive females (24.7 \pm 6.6) compared to non-reproductive females (12.9 \pm 2.8) ($P = 0.031$). Our results indicated that *G. agilis* feeds selectively on melastomes, suggesting a relevant role of these plants related to energetic and water demands, mainly during the dry-cool season.

Key words: Cerrado, fruits, germination, marsupial, Melastomataceae.

1. Introdução

As interações mutualísticas entre plantas e animais que se alimentam de frutos propiciam a dispersão das primeiras (Van Der Pijl 1982). Geralmente os frutos possuem como características serem nutritivos e carnosos, atraindo de forma mais eficiente o seu dispersor (Van Der Pijl 1982). O valor adaptativo desta relação mutualística pode ser inferido pela prevalência na natureza de animais e plantas envolvidos. Wilson (1993) estimou que 50 a 75% das árvores de florestas tropicais são dispersas por animais. Como estratégia, algumas plantas também tendem a investir em maior quantidade de sementes por fruto, aumentando assim a probabilidade absoluta de sucesso das mesmas (Wiesbauer *et al.* 2008). Espécies que apresentam essas características geralmente são plantas de estádios iniciais de sucessão (pioneiras) e apresentam síndrome de dispersão zoocórica mista, realizada tanto por aves quanto mamíferos (Wiesbauer 2008).

O processo de dispersão zoocórica possibilita o aumento da aptidão da planta ao propiciar o deslocamento do propágulo para longe da planta matriz, o que reduz a competição por recursos locais e a taxa de predação potencial por insetos ou roedores (Janzen 1970; Connell 1971; Howe *et al.* 1985). Além disso, a dispersão aumenta a probabilidade do encontro de novos ambientes mais propícios para a germinação das sementes e estabelecimento da plântula. As sementes consumidas pelos animais dispersores muitas vezes estão intactas no estômago e fezes, facilitando a germinação *a posteriori* (Cantor, 2010). A germinabilidade das sementes pode aumentar potencialmente ao entrar em contato com o trato gastrointestinal do animal, podendo ocorrer a escarificação térmica, física ou química, quebrando a dormência das sementes (Clergeau 1992).

Recentemente, alguns integrantes do grupo dos pequenos mamíferos vêm sendo reportados como bons dispersores de sementes (ver Wilson 1993; Medellín, 1994; Vander Wall 2002; Pimentel & Tabarelli 2004; Cassela & Cáceres 2006; Lessa & Costa 2009). Apesar de alguns roedores atuarem como dispersores (Smythe 1978; Dubost 1988; Forget 1993; Theimer 2001), geralmente agem mais como predadores (Price & Jenkins 1986). Para os marsupiais, no entanto, o hábito de frugivoria tem indicado um papel mais relevante na dispersão em comparação com a predação das sementes (ver Ballardie & Whelan 1986; Cowan 1990; Amico 2000; Dungan *et al.* 2002; Dennis 2003).

Nos Neotrópicos, a dispersão por marsupiais didelfídeos tem sido relatada em alguns estudos (Amico 2000; Cassela & Cáceres 2006; Lessa & Costa 2009; Cantor *et al.* 2010), mesmo que o grau de frugivoria varie entre espécies. Apesar de existirem registros de espécies de marsupiais se alimentando de frutos, poucos são os estudos que avaliam estes animais como potencial dispersores de sementes (ver porém Grelle & Garcia 1999; Cáceres & Monteiro-Filho 2000; Cáceres 2002; Lessa & Costa 2009). Contudo, alguns estudos revelaram que as sementes consumidas por algumas espécies apresentam maior grau de germinação após a passagem pelo trato digestório (e.g. Cáceres 2002; Lessa & Costa 2009; Cantor *et al.* 2010). Esses trabalhos apontam para a possível relevância destes animais como engenheiros ambientais (Lawton 1994), uma vez que podem influenciar diretamente na dinâmica populacional das plantas locais por meio da dispersão (Lessa & Costa 2009).

Os marsupiais podem ser importantes dispersores potenciais, especialmente de espécies de plantas pioneiras (Medellín 1994, Lessa & Costa 2009), apesar de suas especificidades em termos de preferências alimentares. Um dos grupos de marsupiais neotropicais que se alimentam de frutos são os representantes do gênero *Gracilinanus* Gardner & Vreighton, 1989. Até o presente, no entanto, poucos são os estudos publicados que tenham avaliado a dieta de espécies desse gênero. O estudo mais detalhado até o momento foi conduzido por Martins *et al.* (2006), investigando a espécie *G. microtarus* (Wagner, 1854). Apesar dos autores terem registrado o animal consumindo representantes de três gêneros de planta (*Miconia*, *Passiflora* e *Solanum*), não foi avaliado o potencial deste animal como dispersor. Até o momento, somente um estudo, realizado por Lessa e Costa (2009), investigou a potencialidade de um representante do gênero - *Gracilinanus agilis* (Burmeister, 1854), como dispersor de sementes após o consumo de frutos em Cerradão, no estado de Minas Gerais. Além disso, este foi o único estudo sobre possível dispersão de sementes por marsupiais conduzido no bioma Cerrado. Esse bioma é rico em espécies de mamíferos (Marinho-Filho *et al.* 2002) e também considerado um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo (Meyers 2000).

O estudo de Lessa & Costa (2009) não abrangeu tópicos relevantes na diferença do consumo dos itens alimentares, associadas a fatores tais como sexo, época reprodutiva e sazonalidade. Estudos desta natureza são importantes para explicar como a espécie pode apresentar diferentes papéis ecológicos. Por exemplo, Martins *et al.* (2006) verificaram que *G. microtarsus* apresenta diferenças entre machos e fêmeas em

relação ao consumo de insetos. Entretanto, ainda não foi realizado um estudo que avalie tal variação intraespecífica no consumo de frutos para qualquer espécie do gênero *Gracilinanus*.

Um possível motivo para a escassez de estudos referentes ao papel de pequenos marsupiais como dispersores pode ser a constatação do pouco consumo de frutos por estes animais (Martins *et al.* 2006; Lessa & Costa 2009). No entanto, dois possíveis fatores podem fazer com que o consumo de frutos por esses animais seja subestimado: a alta taxa de digestão da polpa (Caron *et al.* 1985; Astúa de Moraes *et al.* 2003) e o ato de cuspir as sementes (Leiner & Silva 2007). Uma possível avaliação incorreta da importância de frutos na dieta de *Gracilinanus* foi corroborada por dados obtidos em laboratório, que indicaram um consumo de frutos por *G. agilis*, relativamente alto (Astúa de Moraes *et al.* 2003, Santori & Astúa 2006). Com base nesses dados, Santori & Astúa (2006) caracterizam esse marsupial como frugívoro-onívoro. Uma forma de se avaliar, de forma indireta, o consumo de frutos utilizando dados de campo, é a contagem de sementes encontradas em amostras fecais.

No presente estudo, investigamos o possível papel de *G. agilis* como dispersor de espécies de cerradão no Brasil central. Os nossos objetivos foram: 1) verificar a viabilidade das sementes encontradas nas fezes de *G. agilis* comparando-as com sementes retiradas diretamente dos frutos; 2) avaliar a variação intraespecífica (*i.e.* sexo, condição reprodutiva) e sazonal (*i.e.* estação seca e chuvosa) no consumo de frutos; 3) verificar se esse marsupial seleciona determinadas espécies de frutos para consumo ou se alimenta de acordo a disponibilidade dos mesmos. Diante disso, nós esperamos que: 1) As sementes das espécies de plantas consumidas por *G. agilis* apresentem maior germinabilidade ao se comparar com sementes retiradas diretamente dos frutos (como verificado por Lessa & Costa 2009); 2) O consumo de frutos seja maior na estação chuvosa, uma vez que a abundância de frutos aparentemente também é maior nessa época do ano (Batalha & Martins 2004); 3) Fêmeas se alimentem mais de frutos em comparação aos machos, como reflexo da maior demanda energética quando estas estão reprodutivas; 4) Fêmeas reprodutivas se alimentem mais de frutos em relação às não reprodutivas, uma vez que demanda energética destas é maior, e frutos possuem quantidades relevantes de açúcar (fonte direta de energia para o organismo); 5) Esse marsupial se alimenta dos frutos na mesma proporção em que eles ocorrem na natureza, uma vez que de acordo com estudos existentes (Martins *et al.* 2006; Lessa & Costa 2009) trata-se de um frugívoro aparentemente generalista.

2. Material e métodos

2.1 Germinação

Nós testamos a germinação das sementes após a passagem pelo trato digestivo de *G. agilis*. Para isso, as sementes separadas das amostras de fezes foram colocadas em placas de Petri contendo algodão umedecido. Simultaneamente, sementes retiradas diretamente dos frutos das mesmas espécies encontradas nas fezes foram colocadas para germinação de forma idêntica, como grupo controle (Lessa & Costa 2009). Quando possível, uma proporção de 10 sementes do controle, para cada semente encontrada nas fezes foi utilizada como padrão.

Submetemos as sementes de cada tratamento contidas nas placas de Petri à luz artificial proveniente de lâmpadas incandescentes (40 W) em intervalos de 12:12 horas. Utilizamos um *timer* programado para acender as lâmpadas de 6:00 h as 18:00 h. A cada dois dias contabilizávamos as sementes germinadas, por um período de dois meses consecutivos.

2.2 Disponibilidade de frutos

Para estimar a disponibilidade dos frutos ao longo do ano, dispusemos aleatoriamente, em cada grade de captura, oito transecções de 20 m x 5 m. Em cada sessão de captura, contabilizamos o número de frutos produzidos por cada indivíduo reprodutivo. Adicionalmente, como forma de obter uma coleção de referência, os frutos de cada área foram coletados e as sementes devidamente limpas, identificadas e acondicionadas em potes.

2.3 Análises Estatísticas

Para verificar possíveis diferenças entre a germinação das sementes retiradas das amostras fecais e das sementes retiradas diretamente dos frutos, realizamos um teste de Qui-quadrado. Realizamos este teste para espécie de plantas encontradas nas fezes bem como para o conjunto total de sementes. Os valores obtidos de germinabilidade (*i.e.* o número de sementes germinadas e o número total de sementes por tratamento) foram agrupados por espécie de planta, pois todas foram submetidas à mesma metodologia durante todo o período do estudo.

Quando possível, avaliamos diferenças intra-específicas (sexo e condição reprodutiva) e sazonais (estação chuvosa e seca), no consumo de frutos por *G. agilis*.

Para tal, realizamos um Teste-*t* por reamostragem com 10.000 repetições, utilizando o número de sementes encontradas nas fezes de cada espécie de planta. Também utilizamos uma ANOVA fatorial por reamostragem para avaliarmos as variações sazonais, entre sexos e as respectivas interações entre estes fatores, utilizando o consumo total de sementes de todas as espécies de plantas. Uma vez que fêmeas reprodutivas só foram capturadas na estação chuvosa, e pela dificuldade em se verificar a condição reprodutiva dos machos, não foi possível avaliar a interação entre época do ano, sexo e condição reprodutiva. Portanto, comparamos o a quantidade de sementes nas fezes de fêmeas reprodutivas e não reprodutivas separadamente por meio de um Teste-*t* por reamostragem. Além disso, as análises estatísticas comparando fêmeas reprodutivas com fêmeas não reprodutivas ou machos, foram realizadas somente com indivíduos da época chuvosa para retirar qualquer efeito temporal na disponibilidade de recursos. Tanto para o teste-*t* como para a ANOVA fatorial por reamostragem, o número total de sementes por amostra foi utilizado como variável dependente, e os fatores intra-específicos e sazonais utilizados como variáveis independentes.

Também verificamos se *G. agilis* consumia os frutos na mesma proporção em que os mesmos ocorriam no ambiente ou se a espécie estaria selecionando determinados frutos. Como nossos dados preliminares indicaram a ocorrência frequente de frutos de Melastomataceae nas fezes comparadas às outras famílias de plantas, optamos por realizar um teste de Qui-quadrado, utilizando como valor esperado a proporção desses dois grupos de plantas contabilizadas em campo. Como forma de obter os valores observados de acordo com as variações intra-específicas e sazonais, utilizamos a proporção de consumo por *G. agilis* de Melastomataceae e outras famílias de plantas.

Ao realizarmos uma ANOVA fatorial utilizando como variável dependente o número de frutos, e áreas e campanhas como variável independente, não verificamos diferença entre áreas (g.l.=3; $F= 1,00$; $P=0,392$) ou entre campanhas (g.l.=5; $F= 1,949$; $P=0,083$). Contudo, verificamos interação significativa entre áreas e campanhas (g.l.=15; $F=1,843$; $P=0,025$). Desta forma, optamos por realizar o teste de Qui-quadrado para investigar o consumo de frutos, de acordo com a disponibilidade, para cada área amostrada separadamente (FAL, JB1, JB2 e JB3 – Fig. 1).

3. Resultados

3.1 Germinação

Encontramos oito espécies de plantas em um total de 186 amostras de fezes (44,07% das amostras totais). Dessas espécies, cinco eram de Melastomataceae, uma não identificada de Solanaceae e uma de Viscaceae. O gênero *Miconia* foi o mais frequentemente encontrado nas fezes (Tabela 1).

Os testes de germinação comparativos foram realizados para *Miconia* spp (*M. albicans*, *M. ferruginata* e *M. pohliana*), *M. cuspidata*, *O. congestiflora* e *P. perrottetii* (Tabela 2). Uma vez que nem sempre foi possível identificar em nível de espécie as sementes de *Miconia* spp., já que algumas vezes turgidez e coloração variavam após a passagem pelo trato digestório do animal, optamos por realizar o teste utilizando como controle uma mistura das sementes destas espécies postas para germinar. O teste de germinação não foi realizado para *M. pepericarpa*, uma vez que não foi obtido um número satisfatório de sementes nas fezes dos animais (N=2). Apesar de ter sido encontrada uma quantidade representativa de sementes da espécie de Solanaceae (N=71), as sementes não foram encontradas nas áreas de estudo.

Não encontramos diferenças estatísticas na germinação entre as sementes do controle e as sementes encontradas nas fezes de *G. agilis* para *Miconia* spp, *Phoradendron perrottetii* e *Miconia cuspidata*. Entretanto, obtivemos uma maior germinabilidade das sementes do controle de *O. congestiflora* (Tabela 2).

Tabela 1. Freqüência, hábito e família das espécies vegetais cujas sementes foram encontradas em 186 amostras fecais de *Gracilinanus agilis* obtidas em áreas de Cerrado no Brasil central. Também está indicada a época do ano em que encontramos frutos disponíveis dessas espécies nas áreas amostradas.

Espécie	Frequência (%)	Forma de vida	Frutificação	Família
<i>Miconia</i> spp*	44,28	Arbusto	Chuva	Melastomataceae
<i>Miconia cuspidata</i>	23,12	Árvore	Seca	Melastomataceae
<i>Miconia pepericarpa</i>	1,08	Árvore	Seca	Melastomataceae
<i>Ossaea congestiflora</i>	3,03	Arbusto	Chuva	Melastomataceae
Solanaceae	12,90	-	Chuva	Solanaceae
<i>Phoradendron perrottetii</i>	15,59	parasita	Chuva	Viscaceae

**M. albicans*, *M. ferruginata*, *M. pohliana*.

Tabela 2. Resultados obtidos na comparação da germinação das sementes encontradas em amostras fecais de *G. agilis* e daquelas obtidas de frutos coletados nas áreas de Cerrado amostradas.

Espécie	Fezes		Controle		χ^2	g.l.	P
	Sementes testadas	Germinação (%)	Sementes testadas	Germinação (%)			
<i>Miconia</i> spp	87	23,00	870	24,02	0,046	1	0,829
<i>Miconia cuspidata</i>	222	16,21	2220	20,63	2,437	1	0,118
<i>Ossaea congestiflora</i>	29	10,34	290	63,10	30,186	1	<0,0001*
<i>Phoradendron perrottetii</i>	110	50,90	850	51,88	0,037	1	0,847
Todas as sementes	448	25,67	4230	30,52	0,558	1	0,455

*Resultado significativo ($P < 0,05$)

3.2 Variação intra-específica no consumo de frutos

Os testes realizados com objetivo de verificar potenciais variações intra-específicas para *G. agilis* em relação ao consumo e potencial dispersão de sementes foram realizados para quatro espécies de plantas: *P. perrottetii*, *Solanaceae sp.*, *M. cuspidata* e *Miconia* spp. O baixo número de indivíduos de *G. agilis* que consumiram *M. pepericarpo* (N=2) e *Ossaea congestiflora* (N=6) não permitiu uma análise intra-específica para essas espécies.

Não encontramos diferenças estatísticas no consumo de frutos entre machos e fêmeas de *P. perrottetii*, *Solanaceae sp.* e *Miconia cuspidata*. Contudo, fêmeas apresentaram maior quantidade de sementes nas fezes de *Miconia* spp. do que os machos. Além disso, não foi detectada diferenças na presença de sementes entre fêmeas reprodutivas e não reprodutivas para a espécie de *Solanaceae*. Porém, o consumo de sementes por fêmeas reprodutivas foi maior para *Miconia* spp. A comparação entre sexo e condição reprodutiva não foi realizada para todas as espécies de plantas, uma vez que não obtivemos número de indivíduos suficientes para comparações estatísticas. Além disso, a comparação no consumo de frutos por *G. agilis* por espécie de planta consumida, não foi realizada por estação do ano, pois as espécies não frutificaram em ambas as estações consideradas (Tabela 1). Os valores estatísticos e médias no consumo de sementes por espécie podem ser verificadas na Tabela 3.

A avaliação da variação intra-específica no número total de sementes encontradas nas fezes indicou que fêmeas de *G. agilis* defecaram maior quantidade de sementes (media \pm EP = 20,4 \pm 3,1) em comparação com os machos (18,2 \pm 4,6) ($F=37,709$; $P<0,0001$). O fator estação do ano também foi significativo ($F=870,10$; $P<0,0001$) e existiu interação entre sexo e sazonalidade ($F=47,616$; $P<0,0001$). Tanto fêmeas como machos parecem aumentar o consumo de frutos na seca, contudo, fêmeas apresentam mais sementes nas fezes do que machos na estação chuvosa (Fig. 2). O teste *a posteriori* de Tukey indicou que o consumo entre machos e fêmeas não diferiu significativamente na estação da seca porém diferiu na época chuvosa. Não verificamos diferenças entre fêmeas reprodutivas (20,4 \pm 5,6) e não reprodutivas (16,7 \pm 3,5) ($P=0,112$).

Tabela 3. Resultados obtidos para as comparações (teste-*t* por reamostragem) entre o número de sementes obtidos nas amostras de fezes de grupos de indivíduos de *G. agilis*. Fizemos as comparações para cada espécie de planta consumida pelo marsupial. Med = número médio de sementes encontradas nas amostras de fezes. EP = Erro padrão. N = Numero de amostras para cada grupo.

Taxon	Comparação	Med	EP	N	P
<i>Miconia</i> spp					
	Machos	5,8	1,5	21	0,048*
	Fêmeas	17,3	3,3	66	
	Fêmeas reprodutivas	24,7	6,6	28	0,031*
	Fêmeas não reprodutivas	13,0	2,8	38	
	Machos	5,8	1,5	21	0,077
	Fêmeas não reprodutivas	13,0	2,8	38	
	Machos	5,8	1,5	21	0,021*
	Fêmeas reprodutivas	24,7	6,6	28	
<i>Miconia cuspidata</i>					
	Machos	35,1	10,6	21	0,070
	Fêmeas	24,3	10,8	22	
Solanaceae					
	Machos	1,7	1,1	7	0,175
	Fêmeas	3,3	3,2	19	
	Fêmeas reprodutivas	4,4	4,0	12	0,147
	Fêmeas não reprodutivas	2,5	2,5	7	
<i>Phoradendron perrottetii</i>					
	Machos	12,6	4,1	9	0,199
	Fêmeas	30,0	9,4	10	

* Resultado significativo ($P < 0,05$)

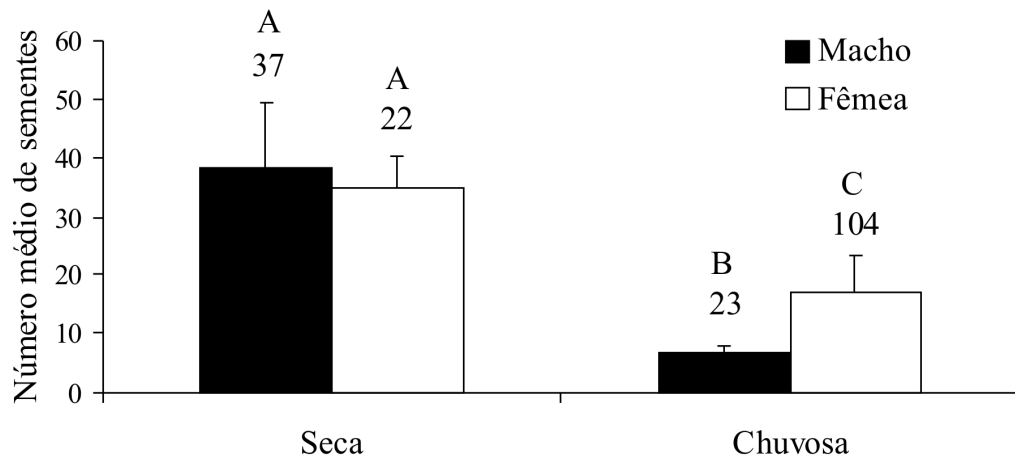


Figura 1. Comparação entre machos e fêmeas nas épocas seca e chuvosa no número médio de sementes em geral encontradas nas amostras de fezes de *G. agilis*. As barras acima das colunas representam o erro padrão. Os números acima das barras indicam o número de indivíduos analisados. Letras distintas representam diferenças significativas ($P < 0,05$) de acordo com a ANOVA fatorial por reamostragem.

3.3 Seleção de frutos

De acordo com os testes realizados comparando a disponibilidade de frutos (esperado) e o consumo de frutos (observado) entre Melastomataceae e outras famílias, verificamos que na época chuvosa nas áreas JB1 ($\chi^2=31,484$; g.l.=1; $P<0,001$) e JB2 ($\chi^2=65,100$; g.l.=1; $P<0,001$) o observado é maior do que o esperado para Melastomataceae, e o esperado é maior que o observado para as outras famílias. Na época da seca a família Melastomataceae foi selecionada na FAL ($\chi^2=27,858$; g.l.=1; $P<0,0001$), e as outras famílias foram menos consumidas que o esperado nas áreas FAL, JB1 ($\chi^2=5,800$; g.l.=1; $P=0,001$) e JB2 ($\chi^2=6,507$; g.l.=1; $P=0,001$). As proporções observadas e esperadas podem ser visualizadas a partir da Fig. 3.

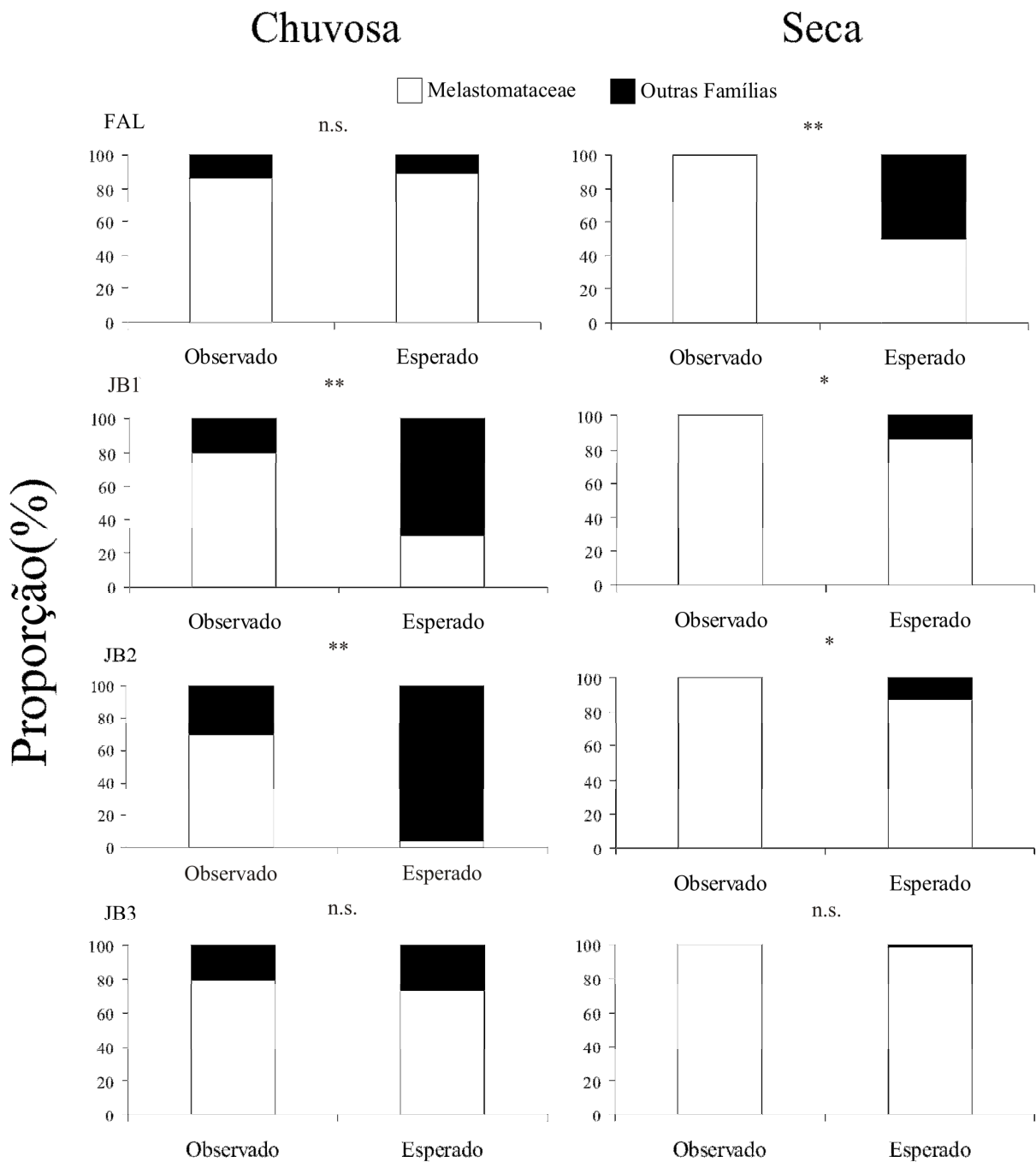


Figura 2. Proporções de frutos em cada área amostrada de acordo com o encontrado nas fezes de *G. agilis* (observado) e a disponibilidade de acordo com a contagem de frutos em campo (esperado) nas épocas chuvosa e seca. * representam diferenças significantes com $P < 0,05$ e ** com $P < 0,001$ entre o observado e o esperado. n.s. indica resultados não significantes.

4. Discussão

4.1 Germinação

Nossos dados mostraram que, de forma geral, as sementes dos frutos consumidos por *G. agilis* não apresentaram maior taxa de germinação após a passagem pelo trato digestório desse animal, em comparação com as sementes dos controles. Contudo, a espécie *Ossaea congestiflora* apresentou menor germinabilidade após o consumo dos frutos. É possível que as sementes dessa espécie por serem as menores encontradas neste estudo (0,35-0,5 mm; Silva & Romero 2008), apresentem maior chance de serem danificadas pelo ácido clorídrico e enzimas que compõe o suco gástrico de *G. agilis* (Van Der Pijl 1972; Murray et al. 1994). Parece improvável que as sementes tenham sido danificadas pelos dentes do animal ao consumir os frutos, uma vez que não encontramos nenhuma semente fragmentada desta espécie nas amostras fecais. As sementes de *Miconia* spp. encontradas neste estudo possuem tamanhos que variam de 0,5 a 1,5 mm. Lessa & Costa (2009) comentam o fato de que sementes com tamanho de ~1 mm tendem a permanecer aparentemente intactas quando consumidas por marsupiais de pequeno porte, como é o caso de *G. agilis*. Contudo, nossos dados sugerem que sementes muito pequenas também podem ser danificadas.

O aumento na germinação de sementes após o consumo de frutos por possíveis dispersores não é uma regra geral (Cantor 2010). Uma série de motivos pode ser responsável pela menor taxa de germinação ou até mesmo a inexistência de qualquer efeito na germinabilidade. O tipo de fruto, o tamanho das sementes, forma de vida da planta, zona climática em que as plantas ocorrem, condições experimentais ou o táxon do frugívoro podem ser as principais variáveis que influenciam na germinabilidade (Traveset & Verdú 2002). No nosso estudo, não encontramos indícios de que a passagem pelo trato digestório beneficia a germinabilidade de nenhuma das espécies testadas. Esses resultados divergem do estudo de Lessa & Costa (2009), que indica que sementes de duas melastomataceas (*Clidemia urceolata* DC. e uma espécie não identificada) encontradas nas fezes de *G. agilis* em Cerrado de São Paulo possuíam maior germinabilidade após a passagem pelo trato digestório do animal. Essa divergência pode ser devido às diferenças entre espécies consumidas ou então ter sido um artefato devido ao pequeno tamanho amostral dos experimentos de Lessa & Costa (número de sementes amostradas por tratamento variou de 10 a 45).

4.2 Consumos de frutos por *G. agilis*

Em comparação com outros estudos para o gênero *Gracilinanus* em Cerrado, nossos dados revelaram uma importância relativamente alta no consumo de frutos por *G. agilis*. Cerca de 45% das amostras totais de fezes continham sementes. Se levarmos em consideração outros itens tais como fibra e polpa derivados de frutos, a frequência aumenta para aproximadamente 86%. Da mesma forma, se consideramos a polpa e fibras derivadas dos frutos de Melastomataceae, cuja coloração é tipicamente azul-arroxeadada, a frequência de consumo para esta família aumenta para cerca de 82%. Esses são os maiores valores encontrados para frequência no consumo de frutos não só para a espécie *G. agilis*, mas como para este gênero de marsupial (ver Martins *et al.* 2006; Lessa & Costa 2009; Bocchiglieri *et al.* 2010). Nossos dados parecem estar mais de acordo com o estudo realizado por Astúa (2003) e Santori & Astúa (2006), que verificaram um alto consumo de frutos por *G. agilis* em laboratório.

Em relação aos frutos consumidos por *G. agilis*, verificamos que esse marsupial consome basicamente frutos de plantas pioneiras, as quais estiveram presentes em 84,4% das fezes que continham sementes. A família Melastomataceae, principalmente o gênero *Miconia*, parece ser um importante componente na dieta do animal, tendo ocorrido em cerca de 68,5% das amostras de fezes que continham sementes. Essa alta ocorrência de melastomataceas não foi registrada em outros estudos sobre dieta de *Gracilinanus* spp. em Cerrado, com as maiores frequências de ocorrência para espécies da família variando entre 2,3% (*Miconia* sp., Martins *et al.* 2006) e 5,3% (*Clidemia urceolata*, Lessa & Costa 2009). Outros marsupiais de Cerrado apresentaram uma frequência entre 5 e 20% no consumo de *Miconia holosericea* (L.) DC (Lessa & Costa 2009).

Os dados que obtivemos em relação à frequência de consumo e quantidade de sementes viáveis nas fezes de espécies tidas como pioneiras reforça a idéia de que *G. agilis* pode desempenhar um papel relevante na recuperação de áreas degradadas, de forma local. (Pinheiro *et al.* 2002; Cáceres *et al.* 2002; Leiner & Silva 2007; Lessa & Costa 2009). Isso considerando o fato de que aparentemente não danificam as sementes consumidas de plantas pioneiras, com exceção de *O. congetiflora*. Mesmo que as espécies encontradas neste estudo não apresentem maior germinabilidade após o consumo dos frutos, é razoável assumir que as sementes tenham maior probabilidade de germinação e estabelecimento quando depositadas a maiores distâncias da planta matriz pelo marsupial estudado (Janzen 1970; Connell 1971; Howe *et al.* 1985).

O presente estudo aparentemente representa o primeiro registro de um marsupial se alimentado da erva-de-passarinho *P. perrottetii*, uma espécie de planta hemiparasita. A grande maioria das espécies de erva-de-passarinho depende das aves para a dispersão de suas sementes, sendo algumas destas dispersoras altamente especializadas no consumo dos frutos (Reid 1991). Até o momento, somente um outro registro desta natureza foi realizado na América do Sul por Amico & Aizen (2000). Os autores verificaram uma estreita relação de mutualismo entre o marsupial *Dromiciops australis* (Thomas, 1894), endêmico da Patagonia, e um outro tipo de erva-de-passarinho - *Tristerix corymbosus* (L.) Kuijt. (Loranthaceae), ao apontar o marsupial como o exclusivo dispersor de suas sementes. Adicionalmente, esses autores verificaram maior germinação das sementes após a passagem pelo trato digestório deste marsupial.

A dispersão de sementes de erva-de-passarinho é um evento particularmente crítico para a espécie, uma vez que as sementes precisam ser depositadas em galhos de plantas hospedeiras suscetíveis, para que haja alguma chance de estabelecimento (Monteiro *et al.* 1992, Sargent 1995). No presente estudo, aproximadamente 15% das amostras de fezes de *G. agilis* continham sementes de *P. perrottetii*. Por mais que os principais dispersores deste gênero sejam possivelmente pássaros (Cazetta & Galetti 2007), é possível que *G. agilis* forneça algum efeito positivo no estabelecimento desta espécie, uma vez que este marsupial utiliza consideravelmente o estrato vertical do sub-bosque e pode depositar as sementes em galhos de possíveis hospedeiros.

4.3 Variação intra-específica no consumo de frutos

Frutos possuem alto valor calórico e podem ter grande relevância na época em que as fêmeas estão gestantes ou lactantes. Maruyama *et al.* (2007) avaliou qualitativamente frutos de algumas espécies de *Miconia*, e verificou que os frutos são constituídos de 70 a 80% de água, cerca de 12 a 18% de açúcar, porém com quantidades relativamente baixas de proteína, entre de 1 a 2%. Encontramos indicativos claros de diferenças intra-específicas no consumo de frutos de *Miconia* spp por *G. agilis*. O fato das fêmeas apresentarem maior consumo destes frutos em relação aos machos parece ser devido ao maior consumo destes frutos por fêmeas reprodutivas, pois o número de sementes não variou significativamente entre amostras de machos e fêmeas não-reprodutivas, contudo, houve diferença entre machos e fêmeas reprodutivas (Tabela 3).

O número de sementes nas amostras de fezes de *G. agilis* da estação seca foi significativamente maior em relação à chuvosa, bem como houve interação significativa

entre sexos e estações. O maior consumo de frutos por ambos os sexos na estação seca pode ser devido a uma menor abundância relativa de invertebrados nessa época, o que faria com que os marsupiais dependessem mais de frutos nessa época de ano.

Além da menor disponibilidade de outros recursos, frutos podem ser importantes para *G. agilis* na época seca também como fonte de água. O cerradão é um tipo de fitofisionomia que não está associada a cursos de água (Ribeiro & Walter 1998) e esse recurso pode ser um fator extremamente limitante para os animais nos meses de seca. Estudos já publicados que analisaram a água metabólica produzida e perda evaporativa da água indicam que *G. agilis* não possui nenhum tipo de adaptação fisiológica para economia de água (Cooper *et al.* 2009). O aumento no consumo de frutos na estação seca pode ser, portanto, devido ao potencial dos frutos em fornecer água para os animais. O consumo de frutos por outros marsupiais neotropicais como *Didelphis albiventris* (Lund, 1840) (Santori *et al.* 2004) e *Caluromys lanatus* (Olfers, 1818) (Cáceres 2005) também foi sugerido como forma de obter água em épocas de déficit hídrico. Além disso, *G. agilis* possui um ceco relativamente bem desenvolvido (9,3% do trato gastrointestinal total, NFC obs. pessoal), o que pode sugerir também uma adaptação morfológica para reabsorção de água em épocas de estresse hídrico, como indicado para outras sete espécies de didelfídeos neotropicais (Cáceres 2005).

Os resultados obtidos indicam também que, na época chuvosa, fêmeas se alimentam mais de frutos do que os machos. Uma maior necessidade nutricional das fêmeas nesse período, que coincide com a época reprodutiva da espécie, pode ser a razão dessa diferença (Julien-Laferriere & Atramentowicz 1990; Cáceres 2002). Já comparando fêmeas reprodutivas com não reprodutivas, as reprodutivas preferiram frutos de *Miconia* spp em comparação com fêmeas não-reprodutivas. Os motivos para tal seleção não parecem claros, no entanto, podem estar relacionadas com os requerimentos nutricionais extremos das fêmeas em fase de reprodução e com a facilidade de obtenção desse recurso no ambiente.

O número discrepante de sementes por frutos em diferentes espécies pode ser uma potencial fonte de erro nos nossos resultados. Por exemplo, o gênero *Miconia* apresenta grande quantidade de sementes por fruto, variando de 20 (Murayama *et al.* 2007) a mais de 200 sementes (Antunes *et al.* 1998) dependendo da espécie. Por sua vez, *P. perrottetii* apresenta somente uma semente por fruto. Frutos de Melastomataceae, mais especificamente de *Miconia*, estiveram presentes tanto na seca, época em que as fêmeas não estavam reprodutivas, quanto na chuva, época em que as

fêmeas estavam reprodutivas. Contudo, ao se avaliar o consumo de sementes somente das espécies de *Miconia* em ambas estações, como forma de minimizar o erro associado ao número de sementes em *taxa* muito distintos, também não encontramos diferenças significativas relacionadas à condição reprodutiva ($P= 0,247$). Acreditamos que, como todos os indivíduos de *G. agilis* estavam sujeitos ao erro associado ao número de sementes em diferentes espécies de plantas, o efeito desse erro tenha sido negligível nos resultados obtidos.

4.4 Seleção e frutos

Devido ao padrão de frutificação sazonal em regiões tropicais e subtropicais (Charles-Dominique *et al.* 1981), didelfídeos tem sido considerados como oportunistas em relação ao consumo de frutos (Atramentowicz 1988; Medellín 1994). Contudo, nossos dados demonstraram que *G. agilis* tende a selecionar frutos de Melastomataceae. Mesmo em algumas áreas que continham baixa abundância de frutos desta família de planta, a proporção indivíduos se alimentando de frutos foi estatisticamente maior do que o esperado (Figura 3). Isto sugere que este marsupial não se alimenta somente destes frutos simplesmente por serem abundantes nas áreas de uma forma geral.

4.5 Conclusão

Ao verificar o consumo de frutos por *G. agilis*, verificamos que a espécie pode atuar como potencial dispersor de sementes, uma vez que, com exceção de uma espécie de planta testada, as sementes remanescem intactas após a passagem no trato digestório do animal. Este marsupial apresenta variação sazonal e intra-específica no consumo de frutos. Fêmeas em comparação aos machos, fêmeas reprodutivas em comparação às fêmeas não reprodutivas e indivíduos da época a seca em comparação aos da época da chuva defecam maior quantidade de sementes. Isto sugere um maior consumo e frutos. Além disso, verificamos que *G. agilis* tende a selecionar a família Melastomataceae, independente da disponibilidade de frutos no seu ambiente. Especificamente, os nossos dados indicaram a relevância de espécies de *Miconia* na dieta de *G. agilis* nas áreas de cerrado estudadas, especialmente na época de seca. Nessa época, o consumo de frutos além de fornecer energia também pode contribuir para satisfazer os requerimentos hídricos da espécie. Desta forma, a Melastomataceae arbórea *Miconia cuspidata*, cuja semente foi a mais abundante nas fezes de *G. agilis* na estação seca, pode ser de

extrema importância para a sobrevivência da espécie em áreas de Cerradão no Brasil central.

5. Referências bibliográficas

- Amico, G., Aizen, M.A. 2000. Mistletoe seed dispersal by a marsupial. **Nature** **408**: 929-930.
- Antunes, N. B., Ribeiro, J.F. & Salomão, A. N. 1998. Caracterização de frutos e sementes de seis espécies vegetais em matas de galeria do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Sementes** **20**: 112-119.
- Astúa de Moraes, D. & Santori, R.T. 2003. Nutritional and fibre content of laboratory-established diets of Neotropical opossums (Didelphidae). In: (M. Jones, C. Dickman and M. Archer, eds.) **Predators with pouches: The biology of carnivorous marsupials**. CSIRO Publishing, Australia. pp. 229–237.
- Atramentowics, M. 1988. La frugivorie opportuniste de trois marsupiaux didelphidés de Guyane. **Revue d'Ecologie (Terre et Vie)** **43**: 47-57.
- Ballardie, R.T., & Whelan, R.J. 1986. Masting, seed dispersal and seed predation in the cycad *Macrozamia communis*. **Oecologia** **70**:100-105.
- Batalha, M.A. & Martins, F.R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). **Australian Journal of Botany** **52**: 149 – 161.
- Bocchiglieri, A., Mendonça, A.F. & Campos, J.B. 2010. Diet composition of *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia, Didelphidae) in dry woodland areas of Cerrado in central Brazil. **Mammalia** **74**: 225–227.
- Cáceres, N.C. 2005. Comparative lengths of digestive tracts of seven didelphid marsupials (Mammalia) in relation to diet. **Revista Brasileira de Zoologia** **22**: 181-185.
- Cáceres, N.C. 2002. Food habits and seed Dispersal by the white-eared opossum *Didelphis Albiventris* in Southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** **37**: 1-8.
- Cáceres, N.C. & Monteiro-Filho, E.L.A. 2000. The common opossum, *Didelphis aurita*, as a seed disperser of several plants in southern Brazil. **Ciência e Cultura**. **52**: 41–44.

- Câmara, P.A.S. 2008. Musgos acrocárpicos das Matas de Galeria da Reserva Ecológica do IBGE, RECOR, Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **22**: 1027-1035.
- Cantor, M., Ferreira, L.A., Silva, W.R. & Setz, E.Z.F. 2010. Potential seed dispersal by *Didelphis albiventris* (Marsupialia, Didelphidae) in highly disturbed environment. **Biota Neotropica** **10**: 45-51.
- Caron, L., Garant, Y. & Bergeron, J.M. 1985. The effect of digestibility values of resources on the reliability of food-habit studies from fecal analyses. **Canadian Journal of Zoology** **63**: 2183–2186.
- Casella, J. & Cáceres, N.C., 2006. Diet of four small mammals species from Atlantic forest patches in south Brazilian. **Neotropical Biology Conservation** **1**: 5–11.
- Cazetta, E, Galett, M. 2007. Frugivoria e especificidade por hospedeiros na erva-de-passarinho *Phoradendron rubrum* (L.) Griseb. (Viscaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **30**: 345-351
- Charles-Dominique, P., Atramentowics, M., Charles-Dominique, M., Gérard, H., Hladik, A., Hladik, C.M. & Prévost, M.F. 1981. Les mammifères frugivores arboricoles nocturnes d'une forêt guyanaise: interrelations plantes-animaux **Revue d'Ecologie (La Terre et La Vie)** **35**:341-435.
- Clergeau, P. 1992. The effect of birds on seed germination of fleshy-fruited plants in temperate farmland. **Acta Oecologica** **13**: 679-686.
- Connell, J.H. 1971. On the role of natural enemies in prevent competitive exclusion in some marine animals and rainforest trees. In: **Dynamic of populations** (P.J. Den Boer & G.R. Gradwell, eds.). Pudoc, Wageningen, p. 289-312.
- Cooper, C. E., Withers, P.C. & Cruz-Neto, A.P. 2009. Metabolic, ventilatory and hygric physiology of the gracile mouse opossum (*Gracilinanus agilis*). **Physiological Biochemical Zoology** **82**:152–162.
- Cowan P. E. 1990 Fruits, seeds, and flowers in the diet of brushtailed possums, *Trichosurus vulpecula*, in lowland podocarp/mixed hardwood forest, Orongorongo Valley, New Zealand. N.Z. **Journal of Zoology** **17**:549–66.
- Dennis, A.J. 2003. Scatter-hoarding by musky rat-kangaroos, *Hypsiprymnodon moschatus*, a tropical rain forest marsupial from Australia: implications for seed dispersal. **Journal of Tropical Ecology** **19**:619–627.

- Dubost, G. 1988. Ecology and social life of the red acouchy, *Myoprocta exilis*, comparison with the orange-rumped agouti, *Dasyprocta leporina*. **Journal of Zoology** **214**:107–123.
- Dungan, R.J., O'cain, M.J., Lopez, M.L. & Norton, D.A. 2002. Contribution by possums to seed rain and subsequent seed germination in successional vegetation, Canterbury, New Zealand. N. Zeal. **Journal of Ecology** **26**: 121-128.
- Eiten, G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review** **38**: 201-341.
- Emmons, L.H. & Feer, F. 1990. **Neotropical rainforest mammals: a field guide**. The University of Chicago Press, Chicago. 307 p.
- Fonseca, M.S., Silva Júnior, M.C. 2004. Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. **Acta Botanica. Brasilica** **18**: 19-29.
- Forget, P.M. 1993. Post-dispersal predation and scatter-hoarding of *Dipteryx panamensis* (Papilionaceae) seeds by rodents in Panama. **Oecologia** **94**: 255–261.
- Grelle, C.E. & Garcia, Q.S., 1999. Potential dispersal of *Cecropia hololeuca* by the common opossum (*Didelphis aurita*) in Atlantic Forest, southeastern Brazil. **Revue d'Ecologie (La'Terre et La Vie)** **54**: 327–332.
- Howe, H.F., Schupp, E.W. & Westley, L.C. 1985. Early consequences of seed dispersal for a Neotropical tree (*Virola surinamensis*). **Ecologia** **66**: 781-791.
- Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **Am. Nature** **104**: 501-529.
- Lawton, J.H. 1994. What do species do in ecosystems? **Oikos** **71**: 367-374.
- Leiner, N.O. & Silva, W. R. 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.
- Lessa, L.G. & Costa, F.N. 2009. Diet and seed dispersal by five marsupials (Didelphimorphia: Didelphidae) in a Brazilian cerrado reserve. **Mammal Biology** **75**: 10-16.
- Mares, M.A. & Ernest, K.A. 1995. Population and community ecology of small mammals in a gallery forest of central Brazil. **Journal of Mammalogy** **76**: 750-768.

- Marinho-Filho, J., Rodrigues, F.H.G. & Juarez, K.M.. 2002. **The Cerrado mammals: diversity, ecology, and natural history.** In: Oliveira, P.S., Marquis, R.J. (eds.). *The Cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna.* Columbia University Press, New York. pp. 266-284.
- Martins, E.G., Bonato, V., Pinheiro, H. P. & Reis, S.F. 2006. Diet of the gracile mouse opossum (*Gracilinanus microtarsus*) (Didelphimorphia: Didelphidae) in a Brazilian Cerrado: patterns of food consumption and intrapopulation variation. **Journal of Zoology** **269**: 21–28.
- Maruyama, P. K., Alves-Silva, E. & Melo, C. 2007. Oferta qualitativa e quantitativa de frutos em espécies ornitocóricas do gênero *Miconia* (Melastomataceae). **Revista Brasileira de Biociências** **5**: 672-674.
- Medellín, R.A. 1994. Seed dispersal of *Cecropia obtusifolia* by two species of Opossums in the selva Lacandona, Chiapas, Mexico. **Biotropica** **26**: 400-407.
- Monteiro, R.F., Martins, R.P. & Yamamoto, K. 1992. Host specificity and seed dispersal of *Psittacanthus robustus* (Loranthaceae) in south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **8**: 307-314.
- Murray, K.G., Russel, C. S., Picone, C. M., Winnet-Murray, K., Sherwood, W. & Kuhlmann, M. L. 1994. Fruit laxatives and seed passage rates in frugivores: consequences for plant reproductive success. **Ecology** **75**: 989-994.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** **403**: 853-858.
- Pimentel, D.S., Tabarelli, M. 2004. Seed dispersal of the palm *Attalea oleifera* in a remnant of the brazilian Atlantic Forest. **Biotropica** **36**: 74-84.
- Pinheiro, P.S., Carvalho, F.M.V., Fernandez, F. A. S., Nessimian, J. L. 2002. Diet of the marsupial *Micoureus demerarae* in Small Fragments of Atlantic Forest in Southeastern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** **37**: 213–218.
- Price M. V. & Jenkins S. H. 1986. **Rodents as seed consumers and dispersers.** In: *Seed Dispersal* (ed. D. R. Murray). Academic Press, Sydney. pp.123–83.
- Reid, N. 1991. Coevolution of mistletoes and frugivorous birds. **Austral Journal of Ecology** **16**: 457-469.

- Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. 1998. **Fitofisionomias do Cerrado**. In: Sano, S. M., Almeida, S. P (Eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina-DF: EMBRAPA-CPAC, p. 87-166.
- Rose, K.D. 1987. Climbing adaptations in the early eocene mammal *Chriacus* and the origin of Artiodactyla. **Science** **236**: 314-316.
- Rossi, R. V., Bianconi, G. V. & Pedro, W. A. 2006. Ordem Didelphimorphia. In: Reis, N. R., Peracchi, A. L., Pedro, W. A., Lima, I. P. (Eds.). **Mamíferos do Brasil**. Imprensa da UEL, Londrina, p. 27-66.
- Santori, R.T. & Astúa de Moraes, D. 2006. **Alimentação, nutrição e adaptações alimentares de marsupiais brasileiros**. In: (Cáceres, N.C., Monteiro-Filho, E.L.A. (eds.) Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e evolução. UFMS, Ed. Campo Grande. pp. 241–254.
- Santori, R.T., Astúa de Moraes, D. & Cerqueira, R. 2004. Comparative gross morphology of the digestive tract in ten Didelphidae marsupial species. **Mammalia** **68**: 27-36.
- Sargents, S. 1995. Seed fate in a tropical mistletoe: the importance of host twig size. **Functional Ecology** **9**: 127-204.
- Silva, M.A.O & Romero, R. 2008. Melastomataceae das serras do município de Delfinópolis, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia** **59**: 609-647.
- Smythe, N. 1978. The natural history of the central American agouti (*Dasyprocta punctata*). **Smithsonian Contributions to Zoology** **257**:1–52.
- Theimer, T. H. 2001. Seed scatter-hoarding by white-tailed rats: consequences for seedling recruitment by an Australian rain-forest tree. **Journal of Tropical Ecology** **17**: 177–189.
- Traveset, A. & Verdú, M. 2002. **A Meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination**. In: Seed Dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation (D.J. Levey, W.R. Silva & M. Galetti, eds.). CAB International Publishing, Wallingford, pp. 339-350.
- Van Der Pijl, L. 1982. **Principles of dispersal in higher plants**. Springer Verlag, Berlin, 214p.
- Vander Wall, S. B. 2002. Masting in animal-dispersed pines facilitates seed dispersal. **Ecology** **83**: 3508-3516.
- Wiesbauer, M.B., Giehl, E.L.H. & Jarenkow, J.A. 2008. Morphological patterns of diaspores from animal-dispersed tree and treelet species at Parque Estadual

de Itapuã, Rio Grande do Sul State, Brazil. **Acta Botanica Brasilica** **22**:
425-435.

Willson, M. F. 1993. Mammals as seed-dispersal mutualists in North America. **Oikos**
67: 159-176.

Conclusão geral

Em conclusão, apesar de didelfídeos serem considerados em sua maioria como animais onívoros e generalistas, verificamos que *Gracilinanus agilis* apresenta uma série de padrões intra-específicos e sazonais no consumo tanto de insetos como de frutos.

Determinadas ordens de insetos parecem ter uma grande relevância em certas condições, provavelmente relacionadas à reprodução desses animais. Cupins em particular, parecem ter considerável importância na época seca.

Verificamos também que, estatisticamente, machos de *G agilis* se alimentam mais intensamente de insetos do que fêmeas, assim como fêmeas reprodutivas se alimentam mais de insetos do que fêmeas não reprodutivas. No entanto, a pequena magnitude dessas diferenças colocam em dúvida a relevância biológica das mesmas.

O consumo de frutos para este gênero de marsupial parece ser muito mais intenso do que se imaginava, e isto também é reforçado pelo fato de que *G. agilis* selecionou a família Melastomataceae em todas as áreas estudadas, especialmente frutos do gênero *Miconia*. Uma vez que o consumo de frutos foi maior na época seca e para fêmeas reprodutivas em relação às não reprodutivas, consideramos que este item alimentar tem considerável importância relacionada ao déficit hídrico e maior demanda energética.

O presente estudo evidencia a importância de estudos levando em consideração variações intra-específicas e sazonais relacionados à dieta dos animais de uma forma geral, uma vez que estes podem vivenciar o ambiente de diferentes formas. Não só verificamos que *G. agilis* pode ter influência direta na dinâmica populacional de determinadas plantas e animais, mas como exercem papéis ecológicos importantes, tais como possível contribuição para a regeneração local de áreas perturbadas.