

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

**ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE PEQUENOS MAMÍFEROS EM ÁREAS DE  
CAMPO RUPESTRE NO DISTRITO FEDERAL**

Rodrigo Augusto Lima Santos

Orientador: Dr. Raimundo Paulo Barros Henriques

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências  
Biológicas da Universidade de Brasília como parte  
dos requisitos necessários para a obtenção do  
Título de Mestre em Ecologia

Brasília – DF  
2009

Rodrigo Augusto Lima Santos

**ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE PEQUENOS MAMÍFEROS EM ÁREAS DE  
CAMPO RUPESTRE NO DISTRITO FEDERAL**

Dissertação aprovada junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Raimundo Paulo Barros Henriques

Orientador - UnB

---

Prof. Dr. Emerson M. Vieira

Membro titular - UnB

---

Prof. Marcelo Ximenes Aguiar Bizerril

Membro titular - UnB

---

Prof. Mário Almeida Neto

Membro Suplente - UnB

“Escolhe um trabalho de que gostes, e não  
terás que trabalhar nem um dia na tua vida”.

Confúcio

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus a aos meus mentores sempre presentes. Aos meus pais que sempre me apoiaram incondicionalmente como biólogo, sou eternamente grato a essas pessoas maravilhosas em minha vida. Ao meu irmão, amigo e companheiro das horas boas e ruins, obrigado por tudo. Amo vocês pessoal.

Ao Raimundo, por todos os ensinamentos, pela paciência (muita paciência por sinal) diante das minhas dificuldades, limitações e teimosias, e mais do que um orientador, foi um segundo pai em muitos momentos.

A CAPES e ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida. Ao programa de pós-graduação em ecologia, ao Prof. John Hay, coordenador do curso, por todo apoio. Aos funcionários da secretaria sempre prestativos.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Emerson M. Vieira, Mário Almeida Neto e Marcelo Ximenes A. Bizerril, pela disponibilidade de participação, pelas prévias sugestões, e pela compreensão diante dos constantes atrasos.

Agradeço aos funcionários do Jardim Botânico, Fernando, Alex, André e Roberta, sempre prestativos e atenciosos contribuindo para o estudo na área. Ao Marcelo Imperial e aos funcionários da chapada imperial que gentilmente permitiram o estudo e de forma exemplar trabalham na proteção da natureza. Aos responsáveis pelo instituto teosófico de Brasília e ao seu Ludercir que possibilitaram a realização do estudo em mumunhas. Ao Joaquim pela realização da taxidermia. Aos funcionários do laboratório de ecologia, Consola por todo carinho e amizade, e ao Mardonio pelas infindáveis ajudas no campo e boas conversas na Kombi.

Aos amigos ecólogos: Washington, Isabela, Karen, Henrique, Camila, Adriano, Rafael, Pedrinho, Pedrão e a Neusa pelos bons momentos compartilhados nesses dois anos. A Emilia pelas ajudas em estatística e na dissertação. À Morgana, pela nova e velha amizade, pelos almoços, brigas, discussões filosóficas, boas conversas e por todo o apoio e ajuda no campo. À Carla, Nelma e Gabriela, incansáveis ajudantes de campo que possibilitaram a realização deste trabalho, sem a ajuda dessas heroínas essa dissertação não seria a mesma coisa. À Blue e ao Kid, pelas sugestões, ensinamentos de campo e todo apoio. Ao Abaju amigo e companheiro de trilha, pelas ajudas no campo. Ao Felipe amigo-irmão, professor com alma de biólogo, pela grande amizade e pelas ajudas no campo. Ao Thiago amigo do peito, pelos bons momentos como biólogos ao longo desses anos, pelo apoio e ajuda no campo. Aos amigos biólogos da UCB, pelas grandes amizades e bons momentos na graduação e depois da graduação.

Aos familiares, primos e tios, que sempre me apoiaram nessa longa jornada. Tá passando corrente? Não caberiam aqui todas essas pessoas que amo e que sempre fizeram e fazem parte da minha vida contagiando-me com muita alegria.

É difícil sintetizar em poucas palavras o significado do que você representa pra mim, e não caberia em um simples agradecimento. Mais do que uma namorada, uma companheira, parceira, amiga, ajudante de campo, chefe, conselheira, pau para toda obra, pra não dizer “porreta” nesses dois anos de mestrado. Obrigado por tudo e mais um pouco Van. Te amo.

Obrigado a todos que tornaram este sonho realidade, inclusive aqueles que não foram aqui citados, mas que fazem parte da minha vida. No cume calmo do meu olho que vê assenta a sombra sonora de um disco voador. Falou Valeu.

## INDICE

INDICE.....	6
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
Área de estudo.....	13
Programa de captura.....	16
Estrutura do habitat.....	17
Riqueza e diversidade de espécie.....	17
Associação de espécies com as variáveis do habitat.....	19
Análise de agrupamento dos sítios e espécie.....	20
RESULTADOS.....	21
Composição e abundância de espécies.....	21
Riqueza de espécies.....	22
Associação de espécies com as variáveis do habitat.....	27
Variação da riqueza, diversidade de espécies, PEI e abundância no gradiente ambiental.....	30

Organização das comunidades e grupos de espécies.....	30
DISCUSSÃO.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

**RESUMO: Estrutura das comunidades de pequenos mamíferos em áreas de campo rupestre no Distrito Federal.** No presente estudo foram investigadas as comunidades de pequenos mamíferos em campos rupestres do Distrito Federal (DF). Foram analisadas a composição, abundância, riqueza, equibilidade e diversidade de espécies, e suas relações com a estrutura do habitat. Os pequenos mamíferos foram estudados com o método de marcação e recaptura em sete sítios. O esforço total para os sete sítios foi de 5.680 armadilhas-noite, sendo capturados 157 indivíduos e oito espécies de roedores. *Calomys tener* e *Cerradomys scotti* foram as espécies mais abundantes do estudo, com 47.1% e 18.0% do total de indivíduos, respectivamente. Ambas estavam presentes em todos os sítios amostrados. Os resultados mostraram que as áreas de campo rupestre do DF apresentam uma fauna de pequenos mamíferos (média de quatro com amplitude de variação de três a cinco espécies), comparáveis a de outras fisionomias de Cerrado. Os resultados da análise de correspondência canônica (ACC) para relação espécie-habitat mostraram que as espécies analisadas (*Calomys tener*, *Cerradomys scotti*, *Necromys lasiurus*, *Oligoryzomys fornesi* e *Calomys tocantinsi*) parecem selecionar variáveis ambientais distintas, evidenciando uma segregação de habitat entre elas nas áreas de campo rupestre. O primeiro eixo da ACC explicou 60% da variação na abundância das espécies, representando um gradiente ambiental de maior cobertura de rocha e menor altura da vegetação. Houve distinção entre as comunidades de pequenos mamíferos dos sítios da APA Gama Cabeça de Veado e dos sítios da APA de Cafuringa. As diferenças nas condições ambientais e o fato de tratar-se de duas possíveis regiões biogeográficas podem explicar as diferenças faunísticas entre as duas regiões.

**ABSTRACT: Structure of small mammals community in rock fields areas in the Distrito Federal.** We investigated the communities of small mammals in rocky fields in the Distrito Federal in the present study. We examined the composition, richness, equitability, abundance and species diversity, and their relation to the structure of the habitat. Small mammals were sampled by live-trapping techniques in seven sites. The total effort for the seven sites was 5680 trap-nights, we captured 157 individuals in eight species of rodents. *Calomys tener* and *Cerradomys scotti* were the most abundant species in the study sites, with 47.1% and 18.0% of total individuals, respectively. The results showed that the areas of rock fields of the Distrito Federal have a fauna of small mammals (average of four, range of variation of three to five species), comparable to other Cerrado physiognomies. The results of canonical correlation (ACC) of species-habitat relationship showed that the species (*Calomys tener*, *Cerradomys Scotti*, *Necomys lasiurus*, *Oligoryzomys fornesi* and *Calomys tocantins*) appear to select different environmental variables, showing a segregation of habitat among them in areas of rocky fields. The first axis of the ACC explained 60% of the variation in abundance of species, representing an environmental gradient of increasing rock coverage and decreasing height of the vegetation. There was a distinction between communities of small mammals of the sites of APA Gama Cabeça do Veado and the sites of the APA de Cafuringa. The differences in environmental conditions and the fact that these are possibly two biogeographical regions may explain the faunal differences between the two regions.

## INTRODUÇÃO

A diversidade de espécies está relacionada principalmente, com fatores de distribuição geográficos e de estrutura do habitat (Begon et al., 2006). Em regiões sujeita à mesma história de ocupação de espécies, a estrutura do habitat é considerada como um importante determinante da riqueza e diversidade de espécies das comunidades (MacArthur et al., 1966). Podem ser reconhecidos dois componentes para descrever a estrutura do habitat: a heterogeneidade, que representa a variação horizontal na fisionomia e na cobertura da vegetação; e a complexidade, que descreve a variação vertical (estratos) dentro do habitat.

São variados os resultados encontrados sobre a relação entre a diversidade de espécies de diferentes grupos taxonômicos e a complexidade ou heterogeneidade de habitat. Alguns estudos com pequenos mamíferos relatam uma relação positiva com a complexidade (Rosenzweig e Winakur, 1969; Meserve e Glanz, 1978), com a heterogeneidade (M'Closkey, 1976; Fox e Fox, 2000) ou ambos (Williams et al., 2002). Em um estudo das comunidades de mamíferos nos Ilaños da Venezuela, August (1983) encontrou uma correlação positiva da riqueza total de mamíferos com a complexidade do habitat, mas não observou este padrão quando aplicado apenas para os pequenos mamíferos. Já Kerley (1992) em um estudo conduzido no semi-árido sul africano observou que a diversidade de pequenos mamíferos aumentou com a complexidade do habitat, expresso em termos de diversidade de altura foliar (DAF) de MacArthur e MacArthur (1961), e também com o aumento da cobertura de rocha. Em outro estudo realizado no deserto da Califórnia a complexidade do habitat medida pelo número de espécies de plantas e o DAF do habitat, foi menos importante para explicar a diversidade de pequenos mamíferos do que a previsibilidade na precipitação, estimada pela diferença entre a média e o desvio padrão da precipitação anual (Brown, 1973).

O Cerrado possui uma rica fauna de pequenos mamíferos com várias espécies endêmicas (Marinho-Filho et al., 2002). Usando uma área de mesmo tamanho para comparação, o Cerrado apresenta uma riqueza de espécies de mamíferos comparável a da Floresta Amazônica (Mares, 1992). Parte da explicação para essa alta riqueza de espécies de pequenos mamíferos no Cerrado é atribuída ao elevado grau de especificidade pelo tipo de habitat, com diferenças marcantes na composição de espécies de pequenos mamíferos entre as fisionomias vegetais (Alho et al., 1986; Mares et al., 1986; Henriques et al., 1997; Lacher e Alho, 2001). Além disso, várias espécies de pequenos mamíferos do Cerrado apresentam especialização a um determinado microhabitat, no mesmo tipo fisionômico de vegetação (Lacher e Alho, 1989; Henriques e Alho, 1991). Dessa maneira, o alto grau de especificidade das espécies de pequenos mamíferos a um determinado habitat e microhabitat associado à heterogeneidade da vegetação do Cerrado, pode explicar o aumento da riqueza com o aumento do número de habitats em uma área, assim como a alta diversidade beta entre as comunidades do Cerrado encontrado por Marinho-Filho et al. (1994).

O bioma Cerrado apresenta uma grande variedade de formas fisionômicas variando desde formações abertas de campos até formações fechadas de floresta. Vários estudos observaram que a riqueza de pequenos mamíferos aumenta das formações de campos para as formações florestais (Alho et al., 1986; Mares et al., 1986; Henriques et al., 1997; Lacher e Alho, 2001; Vieira e Palma, 2005), sendo que a fisionomia de mata de galeria apresenta uma composição de pequenos mamíferos diferente das outras fisionomias do Cerrado e maior riqueza (Fonseca e Redford, 1984; Redford e Fonseca 1986; Mares et al., 1986; Mares e Ernest, 1995; Bonvicino et al., 2005; Lacher e Alho, 2001).

Outro fator importante influenciando diretamente na composição e riqueza das comunidades de pequenos mamíferos é o fogo. As queimadas são eventos freqüentes no complexo mosaico de tipos fisionômicos do Cerrado, ocorrendo aproximadamente a cada dois

ou três anos e normalmente no final da estação seca (Eiten, 1972; Coutinho, 1990). As queimadas podem alterar a composição e a estrutura das comunidades de pequenos mamíferos (Whelan, 1995). Foi observado que o fogo pode diminuir o peso corporal e mudar o padrão de uso do habitat do roedor *Calomys tener* (Henriques et al., 2000). Logo após as queimadas e até dois anos depois foi observado também um aumento da abundância e riqueza de espécies, com mudanças na composição de espécies ao longo da sucessão (Briani et al., 2004; Henriques et al., 2006). Foi proposto por Henriques et al. (2006) que o processo de colonização pelos pequenos mamíferos na sucessão após a queimada em cerrado *sensu stricto*, resulta de uma diferença na resposta das espécies a razão da cobertura herbácea/lenhosa ao longo do gradiente sucessional. Esse modelo prediz que o máximo de riqueza deve ocorrer nos estádios iniciais da sucessão, onde a taxa de mudança na razão da cobertura é alta. Embora o fogo seja um evento natural no bioma a interferência humana tem aumentado a frequência de queimadas.

As áreas de campo rupestre ocorrem acima de 900 m de altitude, em sua maior parte associada com a Cadeia do Espinhaço, entre 21° e 10° de latitude sul nos estados de Minas Gerais e Bahia e áreas disjuntas menores em Goiás (Giuliete e Pirani, 1988; Conceição et al., 2005). A vegetação de campo rupestre é formada por um mosaico de vegetação, variando de campos dominados por gramíneas até cerrado e pequenos trechos de floresta esclerofila, determinada por diferenças na topografia, inclinação do terreno, substrato e micro-clima (Harley, 1988). Essas áreas estão associadas com uma das mais altas porcentagens de endemismo da flora brasileira (Giuliete e Pirani, 1988; Conceição et al., 2005).

Existem poucos estudos sobre a fauna de pequenos mamíferos nos campos rupestres. Os estudos anteriores mostram que os campos rupestres apresentam uma riqueza de pequenos mamíferos comparável com áreas de cerrado, com 4 a 6 espécies de roedores e 2 a 4 espécies de marsupiais (Dietz, 1983; Oliveira e Pessôa, 2005; Bonvicino et al., 2002). Foi sugerido

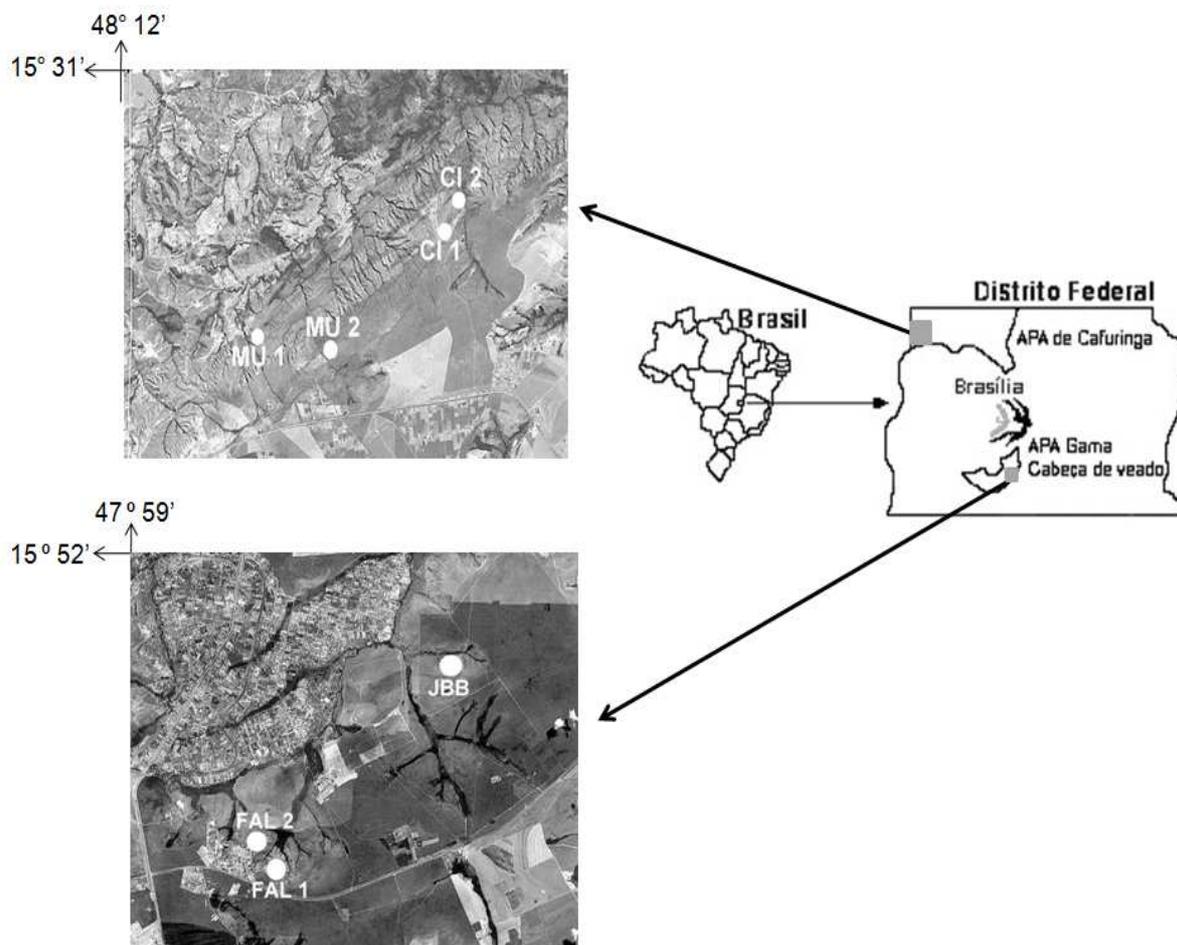
que as áreas de campos rupestres em maiores altitudes podem conter uma fauna de pequenos mamíferos endêmicos não existentes nas áreas de cerrado em baixa altitude (Bonvicino et al., 2005). Apesar do pequeno número de inventários foi indicada uma espécie de roedor (*Oligoryzomys rupestris*) como endêmica para esse tipo de vegetação (Bonvicino et al., 2002; 2005; Weksler e Bonvicino, 2005).

O objetivo do presente estudo foi caracterizar as comunidades de pequenos mamíferos em sete sítios de campo rupestre, em duas áreas do Distrito Federal. Especificamente foram analisadas: (1) A composição, abundância e diversidade de espécies; (2) a relação entre a estrutura do habitat e a diversidade, riqueza e abundância de espécies e (3) a relação entre a similaridade das comunidades e sua posição geográfica.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

Esse estudo foi realizado em duas áreas do Distrito Federal (DF): A Área de Proteção Ambiental (APA) Gama Cabeça de Veado, localizada na região centro sul e a APA de Cafuringa, localizada na região noroeste (**Fig. 1**). Foram realizados levantamentos em três sítios na APA Gama Cabeça de Veado: Dois sítios na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (FAL 1 e FAL 2) e um no Jardim Botânico de Brasília (JBB). Na APA de Cafuringa foram realizados levantamentos em quatro sítios: Dois sítios na fazenda Chapada Imperial (CI 1 e CI 2) e dois na área de Mumunhas (MU 1 e MU 2). A **Tabela 1** mostra os dados de altitude, coordenadas geográficas e ano da última queimada dos sítios. O clima da APA Gama Cabeça de Veado apresenta a precipitação média anual de 1.453 mm e temperatura média anual é de 22.1 °C (Dados obtidos na estação meteorológica da Reserva Ecológica do IBGE).



**Fig. 1.** Localização geográfica da área de estudo mostrando os sítios da APA de Cafuringa (CI 1, CI 2, MU 1 e MU 2) e os sítios da APA Gama Cabeça de Veado (FAL 1, FAL 2 e JBB). Código das siglas da área de estudo: FAL (Fazenda Água Limpa - UnB), JBB (Jardim Botânico de Brasília), CI (Chapada Imperial), MU (Mumunhas).

**Tabela 1.** Localização, coordenadas geográficas, dados de altitude e ano da última queimada em cada sítio amostral. Código das siglas da área de estudo: FAL (Fazenda Água Limpa - UnB), JBB (Jardim Botânico de Brasília), CI (Chapada Imperial), MU (Mumunhas).

Sítio	Coordenadas	Altitude (m)	Ano da última queimada
FAL 1	15° 58' 43"S 47° 56' 38"O	1200	2007
FAL 2	15° 58' 98"S 47 ° 57' 89"O	1203	1991
JBB	15 °54' 24"S 47 °53' 47"O	1100	2005
CI 1	15 °33' 91"S 48 °06' 49"O	1160	?
CI 2	15 °33' 27"S 48 °06' 40"O	1202	?
MU 1	15 °35' 73"S 48 °10' 69"O	1065	?
MU 2	15 °35' 64"S 48 °09' 31"O	1231	?

O clima da APA de Cafuringa apresenta precipitação média anual superior à registrada para a APA Gama Cabeça de Veado, com valores entre 1.650 a 1.700 mm e temperatura média de 20 °C (Fortes et al., 2007).

As áreas de campo rupestre desse estudo apresentam afloramentos rochosos e solos arenosos de pequena profundidade, onde se desenvolve uma vegetação possuindo cobertura arbóreo-arbustiva entre 23% a 49%. O estrato herbáceo é dominado por gramíneas onde ocorrem várias espécies arbustivo-arbóreas do cerrado *sensu stricto*. Existem algumas espécies arbustivo-arbóreas de ocorrência restrita a esse tipo de habitat como *Lychnophora salicifolia*, *Lychnophora ericoides*, *Wunderlichia mirabilis*, *Diplusodon capitalensis*, *Microlicia viminalis* (Eiten, 2001; Conceição et al., 2005).

### **Programa de captura**

Os levantamentos de pequenos mamíferos foram realizados durante os meses de maio de 2008 até fevereiro de 2009. Em cada sítio foram estabelecidas duas linhas de 100 m de comprimento, afastadas 30 m uma da outra. Cada linha era composta de 10 estações de captura, distantes 10 m entre si, com um total de 20 estações de captura por sítio. Em cada estação de captura foram colocadas duas armadilhas Sherman (23 x 9 x 8 cm), ambas no solo, totalizando 40 armadilhas por sítio. As armadilhas foram iscadas com uma mistura de sardinha em lata, creme de amendoim e fubá, sendo vistoriadas no início da manhã de cada dia de captura. Foram realizados quatro períodos de capturas em cada sítio durante o estudo. O número de dias de capturas variou de quatro a seis. O esforço de captura variou de 760 a 920 armadilhas-noite por sítio, com um esforço total de 5.680 armadilhas/noite no período do estudo. Os animais capturados foram identificados e marcados na orelha com uma etiqueta metálica numerada (National Band & Tags – Mod. 1005 – 1). Após a coleta dos dados os

animais foram soltos nos locais onde foram capturados. Foram coletados espécimes testemunhos, as quais foram depositadas na coleção de Zoologia da Universidade de Brasília.

### **Estrutura do habitat**

A estrutura do habitat foi descrita através de levantamentos realizados no campo. Em cada sítio foram estabelecidas quatro transeções de 50 m x 2 m (100 m<sup>2</sup>), totalizando uma área de 400 m<sup>2</sup> por sítio. Em cada transeção para cada planta foi medido a circunferência ao nível do solo para caules com mais de 15 cm de circunferência, a extensão da copa que interceptava a transeção e sua altura. Além disso, foi medida a extensão do solo que era coberta com rocha na transeção. Com esses dados foram calculadas para cada sítio as seguintes variáveis: (1) Circunferência média ao nível do solo (CIR, cm); (2) Altura média das plantas arbustivo-arbóreas (ALT, m); (3) Número médio de plantas arbustivo-arbóreas (NPL); (4) Porcentagem da cobertura da copa das plantas arbustivo-arbóreas (COPA, %), usando o método de interceptação em linha (Muller-Dombois e Elleberg, 1974), calculados para quatro linhas de 50 m de comprimento; (5) Porcentagem da cobertura de rocha (ROCHA, %), usando o método de interceptação em linha (Muller-Dombois e Elleberg, 1974), calculados para quatro linhas de 50 m de comprimento.

### **Riqueza e diversidade de espécies**

A riqueza de espécies foi estimada através de índices extrapoladores não paramétricos, Jackknife (I e II), Chao (I e II) e Bootstrap (Magurran 2003; Colwell, 2005). O método Jackknife I estima a riqueza utilizando o número de espécies que ocorrem em apenas uma amostra (unicatas). O Jackknife 2 utiliza o número de espécies que ocorrem em apenas uma amostra (unicatas) e o número de espécies que ocorrem em duas amostras (duplicatas). O estimador Chao I é baseado em abundância, utilizando o número de espécies representadas por apenas um indivíduo nas amostras (singletons), e o número de espécies com apenas dois

indivíduos nas amostras (doubletons). O Chao II é uma adaptação do Chao I que utiliza de espécies que ocorrem em amostras com uma espécie (unicatas) e em duas amostras (duplicatas). O cálculo da estimativa da riqueza realizado pelo Bootstrap utiliza dados de todas as espécies e não se restringe às espécies raras. Este método realiza simulações, onde uma amostra aleatória de tamanho  $n$  é retirada dos dados obtidos, usando amostragem com reposição. Tais estimadores permitem comparar dados obtidos com métodos e esforço de coleta diferente, e sua vantagem é o cálculo dos limites de confiança da estimativa. Para a determinação dos índices e intervalo de confiança foram realizadas 100 simulações utilizando o programa EstimateS versão 8.0 (Colwell, 2005).

A riqueza de espécies para cada sítio também foi avaliada usando o método de rarefação (Sanders 1968). O método de rarefação estima a riqueza esperada de espécies para um subconjunto de indivíduos amostrados aleatoriamente do total de uma comunidade. Foi usado o programa EcoSim® (Gotelli & Entsminger, 2004), para amostrar por repetição (1.000 vezes) um valor crescente até o número total de indivíduos por sítio.

Para cada sítio foi calculada a diversidade e a equibilidade de espécies. Para a diversidade foi usado o índice de Shannon-Wiener

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Onde  $p_i$  é proporção do número de indivíduos da espécie  $i$ . Este índice é amplamente utilizado em diversos estudos de populações e comunidades, no entanto, seu valor é dependente do esforço de amostragem e do número de indivíduos da amostra. Para minimizar esse erro, o índice de Shannon-Wiener foi calculado baseado em amostras com o mesmo esforço. O esforço amostral foi corrigido para 760 armadilhas-noite para cada sítio. Dois índices de diversidade de Shannon-Wiener foram calculados, o primeiro sem correção para o número de

indivíduos (usando o número total de espécies capturadas para o mesmo esforço amostral) e o segundo padronizado por rarefação para o mesmo número de indivíduos (Gotelli e Entsminger, 2004).

Para a equibilidade foi usada a probabilidade de encontros interespecíficos (PEI) de Hulbert's (1971). Este índice apresenta a probabilidade de dois indivíduos serem diferentes, quando retirados ao acaso de uma mesma comunidade. O índice de PEI foi calculado usando a fórmula

$$PEI = \left( \frac{N}{N-1} \right) \left( 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 \right)$$

Onde  $N$  é o número de espécies na amostra e  $p_i$  é a proporção de abundância da espécie  $i$ .

### **Associação de espécies com as variáveis do habitat**

A relação das variáveis do habitat sobre a abundância das espécies de pequenos mamíferos foi investigada usando Análise de Correspondência Canônica (ACC), usando o programa PC – ORD versão 4.2 (McCune e Mefford, 1999). Segundo Ter Braak (1987), este método de ordenação consiste basicamente em sintetizar simultaneamente, em eixos perpendiculares de ordenação, a variação multidimensional da abundância de espécies com variáveis ambientais. A visualização do padrão de variação da composição da comunidade bem como das características relacionadas com a distribuição e abundância das espécies ao longo das variáveis ambientais é representada em um diagrama de ordenação. As espécies e variáveis ambientais são transformadas em coordenadas (autovalor) em cada um dos eixos canônicos resultantes e seu peso relativo na explicação total da variância dos dados é dado pelo autovetor. As variáveis ambientais são representadas em vetores cuja extensão é proporcional à sua influência sobre os eixos canônicos da ACC. Logo, as variáveis ambientais representadas por vetores mais longos apresentam maior correlação ao eixo de ordenação do

que aquelas representadas por vetores menores. Foram incluídas apenas cinco espécies que ocorreram em  $\geq 3$  sítios. As espécies raras têm pouca ou nenhuma influência nos resultados de ordenações (Causton, 1988). A matriz de dados ambientais incluiu cobertura de rocha (ROC), cobertura de copa (COP), altura (ALT), circunferência (CIR), área basal (ABA) e número de plantas (NPL). Os dados de porcentagem de cobertura de rocha e de copa foram transformados em arco seno ( $\sqrt{p}$ ), uma vez que dados em % não são indicados para análises estatísticas (Zar, 1999). Antes da análise, a abundância dos pequenos mamíferos foi transformada usando a raiz quadrada do número de indivíduos (Coppeto et al., 2006), pois permitiu uma melhor interpretação ecológica dos dados. Foi realizado o teste de permutação de Monte Carlo para avaliar a significância da relação entre a matriz de variáveis de habitat e a matriz de abundância de espécies.

Foi realizada uma análise de gradiente (Whittaker, 1965) direto relacionando a variação de atributos das comunidades de pequenos mamíferos a alguns fatores ambientais. As relações entre os atributos das comunidades de pequenos mamíferos em cada sítio (Abundância, riqueza calculada por rarefação para 10 indivíduos por sítio, diversidade de espécies de Shannon Wiener e equibilibidade pelo PEI) foram descritas através do melhor ajuste linear ou curve - linear ao longo do primeiro eixo de ordenação da ACC. Esse eixo foi considerado como a variação ambiental mais expressiva do complexo gradiente ambiental dos sítios.

Para todas as análises, foi utilizado o nível de significância de 5%. Os ajustes estatísticos lineares e não lineares das curvas, foram realizados usando o programa SigmaPlot versão 11.0 (SYSTAT Software Inc., San Jose, CA, USA, 2007).

### **Análise de agrupamento dos sítios e espécies**

Para analisar a similaridade na composição de pequenos mamíferos entre os sítios, realizou-se uma análise de agrupamento. Foi preparada uma matriz de presença e ausência de espécies x sítios. O algoritmo de agrupamento empregado foi o da Média Ponderada (UPGMA) (Sneath e Sokal, 1973), com o índice de similaridade de Sørensen, usando o programa PC-ORD versão 4.0 (McCune e Mefford, 1999). Foram realizadas duas Análises de Agrupamento: (1) Uma agrupando sítios a partir da presença das espécies de pequenos mamíferos e (2) outra agrupando as espécies em função de sua ocorrência nos sítios. Em cada uma das análises, a fim de classificar as unidades de análises em grupos, calculou-se a média dos valores de similaridade para cada reunião de unidades.

## RESULTADOS

### Composição, abundância de espécies e características dos sítios

Foi registrado um total de 157 indivíduos com 320 capturas (**Tabela 2**). O sucesso de captura por sítio variou de 1,3% em MU 2 e 4,8% na FAL 1, resultando em um sucesso total de capturas de 2,8%. A FAL 1 foi o sítio que apresentou maior número de indivíduos (39) e de número de capturas (82) respectivamente. MU 2 foi o sítio que apresentou o menor número de indivíduos (10) e de capturas (16).

Oito espécies de pequenos mamíferos (**Fig. 2**) foram registradas, todas roedores, das quais duas ocorreram em todos os sítios (*Calomys tener* e *Cerradomys scotti*). Algumas espécies foram de ocorrência restrita a APA Gama Cabeça de Veado como *Thalpomys lasiotis*, *Oligoryzomys fornesi* e *Calomys expulsus* que foi capturado apenas na FAL 2. *Calomys tocantinsi* e *Thrichomys apereoides* foram registradas somente na APA do Cafuringa, com a segunda ocorrendo apenas em MU 2. *Calomys tener* foi à espécie mais abundante com 74 indivíduos (47,1%), seguida por *Cerradomys scotti* (18,4%), *Necromys*

*lasiurus* (16,5%), *Oligoryzomys fornesi* (5,7%), *Calomys tocantinsi* (5%), *Thalpomys lasiotis* (3,8%), *Thrichomys apereoides* (2,5%), *Calomys expulsus* (0,6%).

### **Riqueza de espécies**

Os dados da **Tabela 3** mostram para cada sítio o número de espécies observado, assim como o esforço de captura e os valores de riqueza obtidos pelos diferentes estimadores. A riqueza de espécies observada variou de três a cinco por sítio. Os sítios localizados na APA Gama Cabeça de Veado apresentaram maior riqueza, com cinco espécies em cada sítio. Os sítios da APA de Cafuringa apresentaram menor riqueza variando de 3 a 4, sendo que MU 2 foi o local que registrou a menor riqueza, com apenas três espécies.

As estimativas de riqueza obtidas pelos diferentes índices mostraram que o número observado de espécies correspondeu de 86,3 a 100% (média  $99,02 \pm 1.5\%$ ) das espécies estimadas para cada sítio. Esses resultados indicam que a maior parte das espécies que ocorreram nos sítios foram capturadas nos levantamentos. O sítio do JBB apresentou a maior riqueza de espécies estimada (5,06 – 5,41 espécies) calculados com os estimadores Jackknife I, Chao I, Chao II e Bootstrap, com exceção do estimador Jackknife II para o sítio FAL 2 (5,35 espécies). O sítio que apresentou a menor riqueza de espécies usando todos os estimadores foi MU 1 (2,90 – 3,28 espécies).

As curvas de rarefação de espécies de pequenos mamíferos para cada sítio são mostradas na **Fig. 3**. Quando comparamos as curvas de rarefação da riqueza de espécies para cada sítio com valor crescente até um total de 10 indivíduos, o JBB apresentou a maior riqueza, sendo que FAL 1 e MU 1 apresentaram a menor riqueza. Usando maior número de indivíduos, até 20 indivíduos, o JBB teve a maior riqueza de espécies e MU 1 a menor riqueza de espécies. Esses resultados são consistentes com os obtidos usando os estimadores não paramétricos.



*Calomys tener*



*Necromys lasiurus*



*Cerradomys scotti*



*Calomys tocantinsi*



*Oligoryzomys fornesi*



*Thrichomys apereoides*



*Thalpomys lasiotis*



*Calomys expulsus*

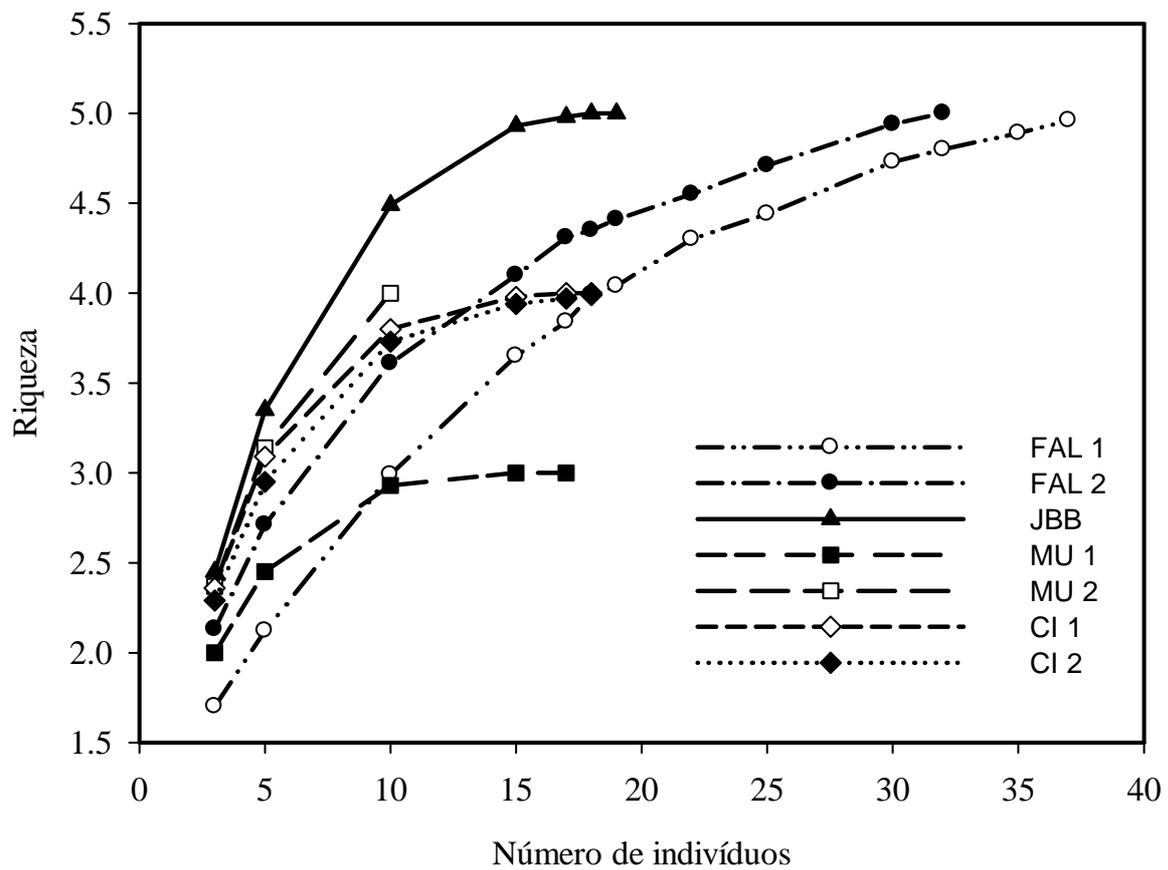
**Fig. 2.** Espécies de pequenos mamíferos registradas nos sete sítios de campo rupestre.

**Tabela 2.** Número de indivíduos (N) e número de capturas (C), de pequenos mamíferos para sete sítios de campo rupestre no Distrito Federal.

Espécie	FAL 1		FAL 2		JBB		MU 1		MU 2		CI 1		CI 2		Total	
	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C
<i>Calomys tener</i>	29	70	17	21	4	7	10	21	1	1	5	10	8	11	72	141
<i>Cerradomys scotti</i>	4	7	8	25	2	6	4	9	3	6	5	7	3	3	29	63
<i>Necromys lasiurus</i>	1	1	2	4	7	32			2	5	6	14	8	14	26	70
<i>Calomys expulsus</i>			1	1											1	1
<i>Calomys tocantinsi</i>							3	3			2	2	3	4	9	9
<i>Oligoryzomys fornesi</i>	3	3	4	4	2	2									9	9
<i>Thalpomys lasiotis</i>	2	2			4	21									6	23
<i>Thrichomys apereoides</i>									4	4					4	4
Total	39	83	32	55	19	68	17	33	10	16	18	33	22	32	157	320
Sucesso de captura (%)	4.75		3.37		1.74		2.23		1.31		2.36		2.89			

**Tabela 3.** Número de espécies de pequenos mamíferos observada, esforço de captura (armadilha-noite) e número estimado de espécies usando os estimadores Jackknife I, Jackknife II, Chão I, Chão II e Bootstrap com o respectivo desvio-padrão ( $\pm$ ) para sete sítios de campo rupestre no Distrito Federal.

Sítio	Esforço	Observado	Riqueza				
			Jackknife I	Jackknife II	Chao I	Chao II	Bootstrap
FAL 1	800	5	5,14 $\pm$ 0,73	5,34 $\pm$ 1,66	4,5 $\pm$ 0,58	4,91 $\pm$ 1,42	4,77 $\pm$ 0,78
FAL 2	920	5	5,13 $\pm$ 0,74	5,35 $\pm$ 2,06	4,66 $\pm$ 0,69	4,87 $\pm$ 1,19	4,75 $\pm$ 1,14
JBB	920	5	5,41 $\pm$ 0,46	5,24 $\pm$ 1,47	5,16 $\pm$ 0,61	5,06 $\pm$ 0,66	5,22 $\pm$ 0,67
CI 1	760	4	4,36 $\pm$ 0,65	4,63 $\pm$ 1,36	3,71 $\pm$ 0,11	3,98 $\pm$ 0,83	4,01 $\pm$ 0,66
CI 2	760	4	4,15 $\pm$ 0,49	4,12 $\pm$ 1,33	3,67 $\pm$ 0,16	3,90 $\pm$ 0,81	3,94 $\pm$ 0,70
MU 1	760	3	3,28 $\pm$ 0,38	3,19 $\pm$ 1,40	2,90 $\pm$ 0,09	3,08 $\pm$ 0,71	3,12 $\pm$ 0,52
MU 2	760	4	4,28 $\pm$ 0,76	4,46 $\pm$ 1,62	3,83 $\pm$ 0,97	4,01 $\pm$ 1,25	3,89 $\pm$ 0,85



**Fig. 3.** Curvas de rarefação de espécies por rarefação de pequenos mamíferos baseada no número de indivíduos em sete sítios de campo rupestre no Distrito Federal.

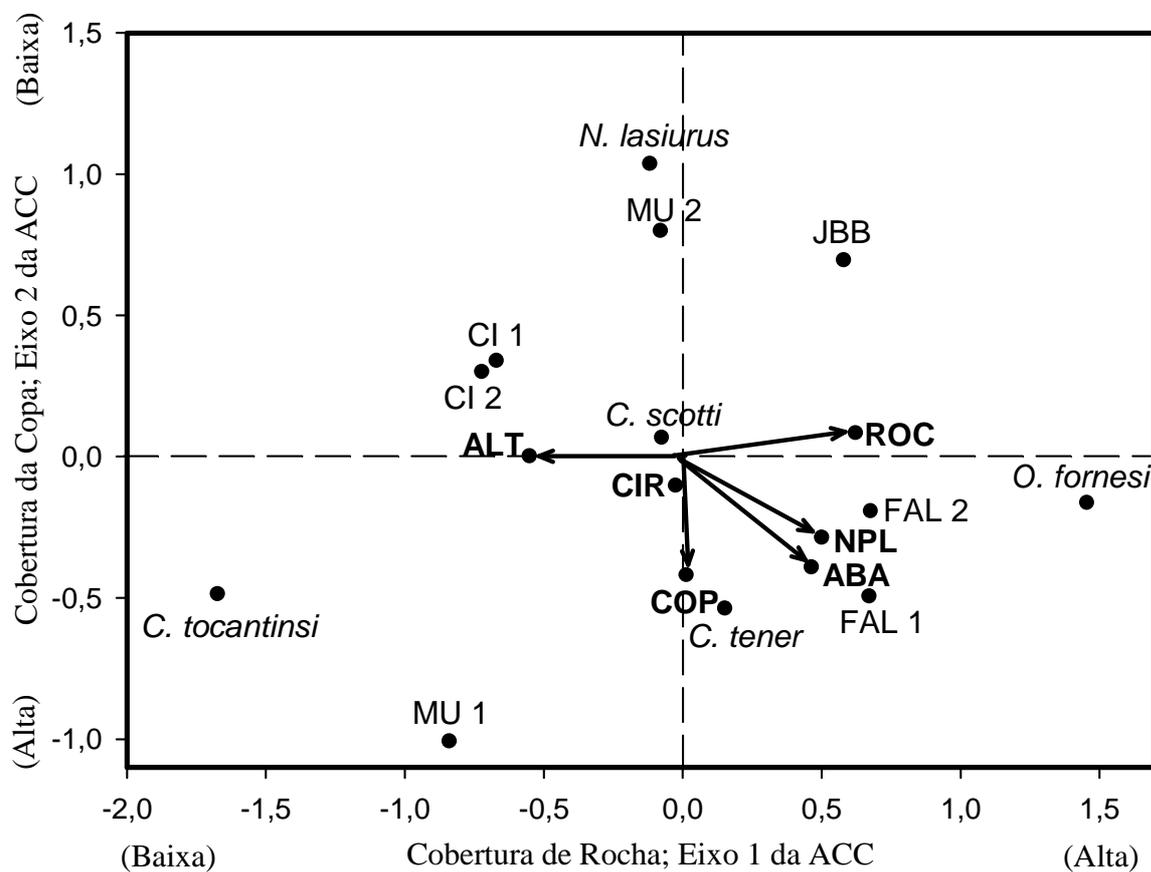
### Associação de espécies com as variáveis do habitat

Um resumo dos resultados da Análise de Correspondência Canônica (ACC) é mostrado na **Tabela 4**. O primeiro eixo da ordenação explicou 60,3% da variação total na abundância de pequenos mamíferos, os dois primeiros eixos, 90,7% e os três primeiros 98,0%. O teste de permutação de Monte Carlo mostrou uma relação significativa entre a matriz de abundância de espécies e as variáveis ambientais para os três eixos de ordenação ( $P = 0,01$ )

O primeiro eixo da ordenação foi correlacionado positivamente com a cobertura de rocha (0,894) e negativamente com a altura (-0,894) e positivamente com número (0,753) de plantas arbustivo-arbóreas (**Tabela 4, Fig. 4**). O segundo eixo da ACC foi correlacionado negativamente com a cobertura de copa (-0,752) e a área basal (-0,699). As espécies de pequenos mamíferos mostraram diferentes posições nos gradientes ambientais. Por exemplo, *Calomys tener* localizado um pouco a direita (positivo) no gradiente de maior cobertura de rocha (eixo 1) e abaixo (negativo) no gradiente de cobertura de vegetação (eixo 2) de ordenação, indica que prefere áreas com cobertura de rocha moderada e maior cobertura de vegetação. Embora *Necromys lasiurus* apresente também preferência por áreas com exposição moderada de cobertura de rocha, sua posição acima (positiva) no gradiente de cobertura de vegetação (eixo 2) indica uma ocorrência maior em áreas com vegetação mais aberta. *Cerradomys scotti* localizado a esquerda (negativo) no gradiente de cobertura de rocha (eixo 1) e acima (positivo) no gradiente de cobertura de vegetação (eixo 2), prefere áreas com relativamente menor proporção de cobertura de rocha e maior cobertura de vegetação. *Oligoryzomys fornesi* e *Calomys tocantinsi* se posicionaram em partes opostas no gradiente de cobertura de rocha (eixo 1), indicando que a primeira, prefere áreas com maior cobertura de rochas e número de plantas. Enquanto que *Calomys tocantinsi* prefere áreas com maior altura de plantas e menor cobertura de rocha e número de plantas.

**Tabela 4.** Resultados da Análise de Correspondência Canônica (ACC) para dados de abundância de pequenos mamíferos de sítios de campo rupestre no Distrito Federal. Em negrito as variáveis ambientais que apresentaram as maiores correlações com os eixos.

	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>	<b>Eixo 3</b>	<b>Total</b>
<b>Autovalor</b>	0,199	0,101	0,024	
<b>Variância da abundância de espécies (%)</b>	60,3	30,4	7,3	98,0
<b>Correlação de espécies-variáveis ambientais</b>	1,0	1,0	1,0	
<b>Correlação das variáveis ambientais:</b>				
<b>Área Basal (ABA)</b>	0,698	<b>-0,699</b>	-0,051	
<b>Altura da vegetação (ALT)</b>	<b>-0,820</b>	-0,001	-0,331	
<b>Cobertura de copa (COP)</b>	-0,006	<b>-0,752</b>	-0,290	
<b>Cobertura de rocha (ROC)</b>	<b>0,894</b>	0,174	0,170	
<b>Número de plantas (NPL)</b>	<b>0,753</b>	-0,513	0,041	
<b>Circunferência de lenhosas (CIR)</b>	-0,034	-0,187	0,129	



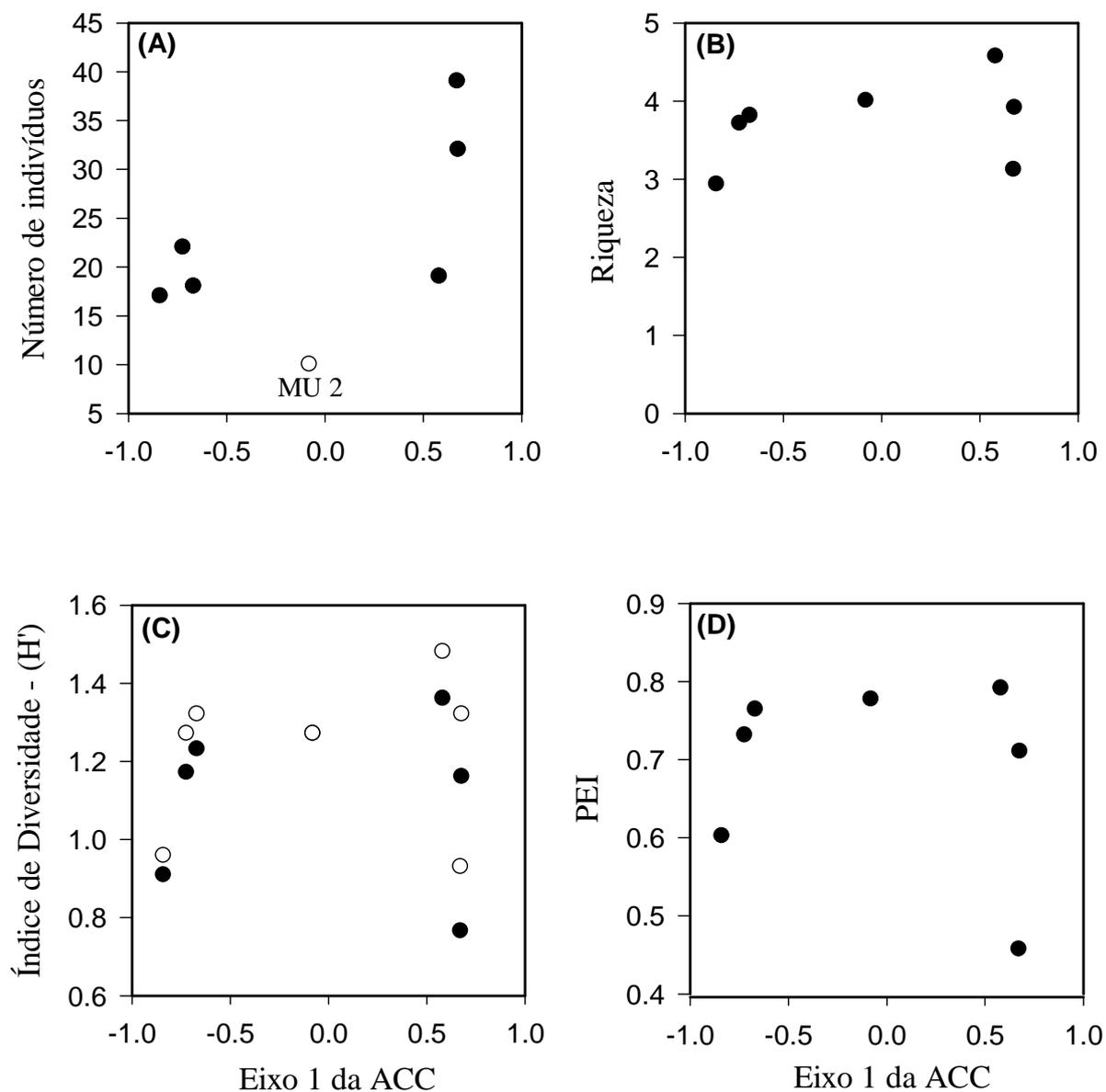
**Figura 4.** Diagrama (biplot) de ordenação da Análise de Correspondência Canônica da abundância de pequenos mamíferos e variáveis ambientais em sítios de campo rupestre no Distrito Federal. O comprimento do vetor indica o poder da correlação entre as variáveis e os eixos canônicos. Códigos das variáveis: ABA (área basal), ALT (altura), COP (cobertura de copa), ROC (cobertura de rocha), NPL (número de plantas) e CIR (circunferência). As variáveis de maior peso na explicação de cada eixo estão na escala do gráfico.

### **Varição da riqueza, diversidade de espécies, PEI e abundância no gradiente ambiental**

O número de indivíduos aumentou linearmente ao longo do primeiro gradiente ambiental (eixo 1), no entanto, a relação explicou apenas 50,6% da variação e não foi significativa ( $P = 0,112$ ), mesmo quando foi retirado da análise o sítio de MU 2 com a menor abundância de pequenos mamíferos (**Fig. 5A**). A riqueza de espécies aumentou até um máximo no meio do gradiente e diminuiu. A relação não foi significativa estatisticamente e explicou 38% da variação (**Fig. 5B**). A diversidade de espécies ( $H'$ ) calculada tanto com os dados padronizados pelo mesmo número de indivíduos, como não padronizados, mostrou uma relação polinomial de segunda ordem com o máximo de diversidade no meio do gradiente ambiental (**Fig. 5C**). Ambas as relações explicaram uma pequena parte da variação na diversidade de espécies, 32% e 19%, para a primeira e segunda, respectivamente. Em nenhum dos casos a relação foi significativa estatisticamente. De modo semelhante à equibilidade estimada usando a probabilidade de encontro interespecífico (PEI), apresentou também uma relação polinomial de segunda ordem, com o valor máximo no meio do gradiente ambiental (**Fig. 5D**). Este modelo explicou 33% da variação, mas a relação não foi estatisticamente significativa.

### **Organização das comunidades e grupos de espécies**

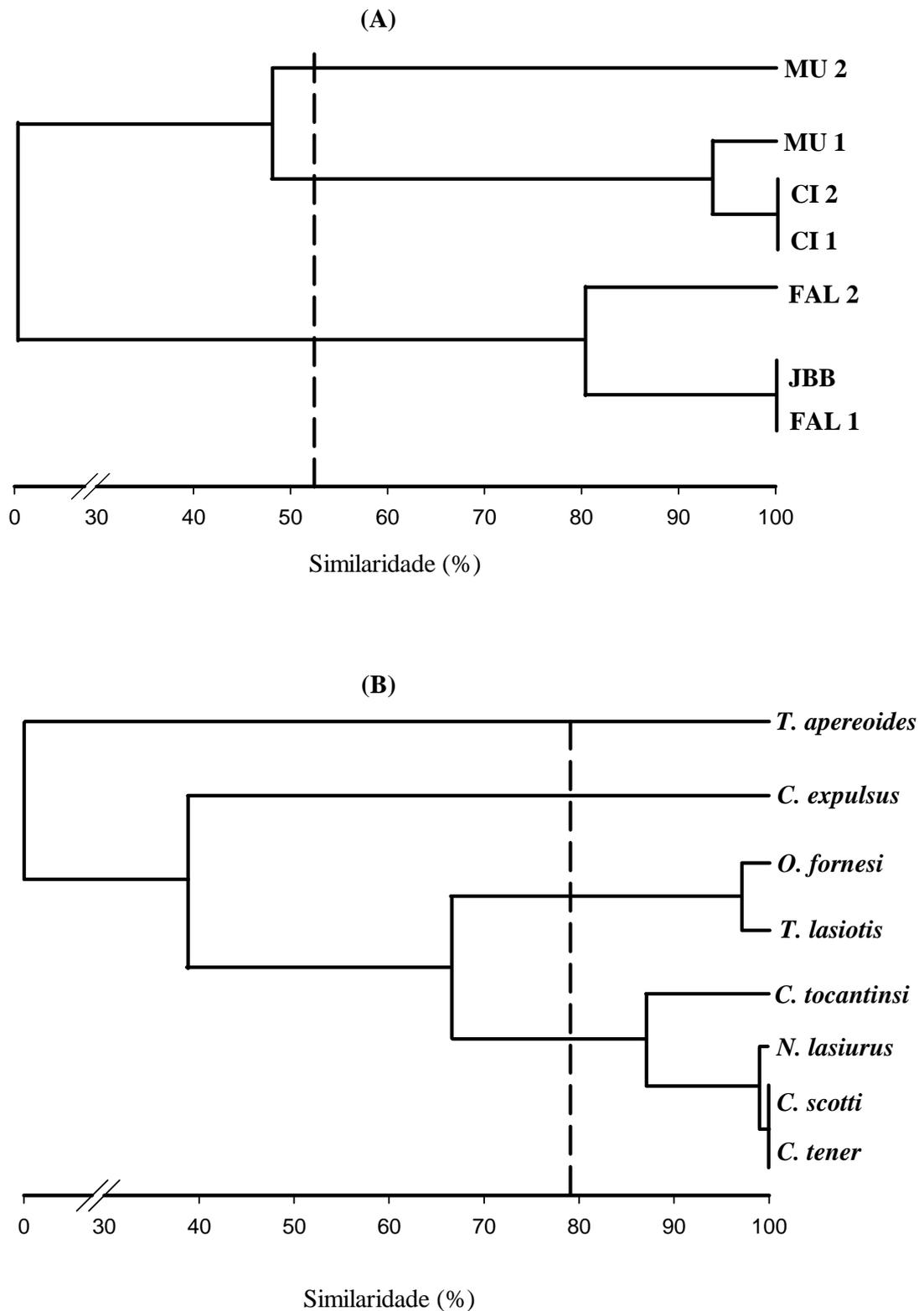
A análise de agregação separou os sítios em dois grupos distintos: (1) A APA do Cafuringa ao norte do Distrito Federal (MU 1, CI 1, CI 2) e (2) da APA Gama Cabeça do Veado no centro sul do Distrito Federal (**Fig. 6A**). No entanto, o sítio de MU 2, embora tenha uma similaridade maior com os sítios da APA do Cafuringa, apresentou o valor de similaridade abaixo do valor médio de corte para os grupos, indicando uma maior individualidade da fauna de pequenos mamíferos.



**Fig. 5.** Variação de parâmetros da estrutura da comunidade de pequenos mamíferos no gradiente ambiental representado pelo eixo 1 da ACC. Número de indivíduos (A), riqueza de espécies (B), diversidade de espécies padronizada (símbolo branco e linha tracejada) e não padronizada (símbolo escuro e linha contínua) (C), probabilidade de encontros interespecíficos (PEI) (D).

No caso dos sítios da CI 1 e CI 2 a similaridade da fauna de pequenos mamíferos esteve relacionada com a proximidade geográfica e em outro caso não esteve relacionada, como entre FAL 1 que teve maior similaridade com a fauna do JBB do que com FAL 2 mais próximo.

As espécies de pequenos mamíferos foram separadas em dois grupos (**Fig. 6B**): o (1) formado por *Calomys tener*, *Cerradomys scotti*, *Calomys tocantinsi* e *Necomys lasirus*, e (2) por *Oligoryzomys fornesi* e *Thalpomys lasiotis*. As espécies *Thrichomys apereoides* e *Calomys expulsus*, não foram agregadas em nenhum grupo.



**Fig. 6.** Dendrograma de similaridade obtido através do coeficiente de Sørensen e UPGMA: (A) similaridade entre os sítios de estudo; (B) relações entre as espécies de roedores. A linha tracejada indica o ponto de corte para formação dos grupos.

## DISCUSSÃO

Os números de espécies registradas para os sítios de estudo no Distrito Federal variaram de 3 a 5 espécies por sítio e 8 espécies no total. Números semelhantes de riqueza variando de 6 a 10 espécies foram registrados para as áreas de campo rupestre em outros estudos por Dietz (1983) e Bonvicino et al. (2002, 2005). Embora, as poucas informações não permitam fazer generalizações, a riqueza de espécies é comparável à registrada para comunidades de pequenos mamíferos para áreas de cerrado *sensu stricto* (Mares et al. 1986; Henriques et al. 1997; 2000; Vieira e Marinho-Filho 1998; Vieira 1999; Jorge et al., 2001; Lacher e Alho 2001; Ribeiro e Marinho-Filho 2005).

Das oito espécies de pequenos mamíferos registradas nos sete sítios de campo rupestre no Distrito Federal, sete já haviam sido registradas anteriormente em outras áreas de campo rupestre (Dietz, 1983; Oliveira e Pessôa, 2005; Bonvicino et al., 2002; 2005; Weksler e Bonvicino, 2005). As espécies mais abundantes registradas nesse estudo foram: *Calomys tener* e *Cerradomys scotti*, que ocorreram em todos os sítios. Outras espécies tiveram uma ocorrência restrita a uma das APAs como *Calomys tocantinsi* e *Thrichomys apereoides*, que foi capturado em apenas um sítio (MU 2) na APA do Cafuringa. *Thalpomys lasiotis* e *Oligoryzomys fornesi* foram capturados apenas na APA do Gama Cabeça do Veado. Os registros anteriores de *Calomys tocantinsi* ocorreram no cerrado da região do Formoso do Araguaia - TO e em Mato Grosso (Bonvicino et al., 2003) tanto em formações abertas como florestais.

Em ambientes com alta cobertura de afloramentos rochosos, o roedor *Thrichomys apereoides* é particularmente freqüente, em relação ao campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão (Lacher e Alho, 2001; Bonvicino et al., 2002). No presente estudo foram registrados poucos indivíduos da espécie, apenas em um sítio, MU 2. *Thrichomys apereoides* foi registrado no Distrito Federal na década de 80, nas áreas da APA Gama Cabeça de Veado

(Fonseca e Redford, 1984; Mares et al., 1986; Alho et al., 1986) e recentemente na Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE) próxima a APA de Cafuringa (Marinho-Filho et al., 1998).

A espécie mais abundante neste estudo, *Calomys tener*, têm ampla ocorrência no Cerrado, sendo registrada desde áreas abertas de campo sujo até cerradão, com maior ocorrência em áreas de cerrado *sensu stricto* (Alho, 1981; Mares et al., 1986, Alho et al., 1986; Henriques et al, 1997, 2000). A outra espécie de roedor mais abundante neste estudo, *Cerradomys scotti*, foi observada desde áreas de campo limpo até cerradão (Henriques et al. 1997, Lacher e Alho 2001, Briani et al. 2004).

Os valores de explicação da variação na abundância de pequenos mamíferos obtidos pela ACC (**Tabela 4**) indicam que as variáveis ambientais foram aparentemente suficientes para explicar a variação da abundância das espécies, embora reste ainda uma quantidade de variação não explicada. Os resultados obtidos mostram que *Necromys lasiurus* foi associado com as áreas de moderada cobertura rochosa e menor cobertura de vegetação arbustivo-arbórea, como no sítio CI 2 (23%) e JBB (30%), o que é consistente com resultados de cobertura de vegetação indicados anteriormente para essa espécie (= *Bolomys lasiurus*) (Lacher et al. 1989; Henriques e Alho 1991; Henriques et al. 1997; Vieira 2003, Vieira et al. 2005). *Cerradomys scotti* esteve associado também com áreas de moderada cobertura de rochas e maior cobertura relativa de vegetação arbustivo arbórea, como no sítio FAL 2 (33%). Alguns estudos anteriores para essa espécie mostraram uma preferência por áreas com maior cobertura de vegetação do que *Necromys lasiurus* (Alho 1981, Henriques et al. 1997). Os resultados obtidos sugerem que as espécies selecionam variáveis de habitat distintas, indicando uma segregação de habitat entre elas. A posição central de *Cerradomys scotti* no espaço da ACC, sem uma clara associação com as variáveis ambientais, juntamente com o fato de ter sido capturada em todos os sítios de estudo, indica uma espécie generalista na

utilização do habitat (Vieira 2003, Vieira et al. 2005; Bergallo et al. 2005), com uma pequena preferência por áreas com maior cobertura de gramíneas e herbáceas (Vieira et al., 2005; este estudo).

No estudo de Rocha (2007) foi observado que *Calomys tener* teve baixa associação com o número e diâmetro de árvores, estando também associada a cupinzeiros. A autora sugere que a espécie pode ser considerada uma especialista de habitat, uma vez que selecionou características específicas de microhabitat. Esta é uma espécie pouco estudada, e são poucos os trabalhos comparativos. Porém, sabe-se que ela está relacionada a áreas abertas e estágios sucessionais pós-fogo (Briani et al., 2004), o que sugere uma preferência por áreas com predomínio de gramíneas. Os dados obtidos neste estudo mostraram preferências distintas aos dados encontrados na literatura. A espécie apresentou associação positiva a áreas com maior cobertura de vegetação em campo rupestre.

Apesar dos poucos indivíduos coletados de *Oligoryzomys fornesi* e *Calomys tocantinsi*, os resultados mostraram algumas tendências para estas espécies. *Oligoryzomys fornesi* apresentou associação positiva com a cobertura de rocha e número de plantas. Esta espécie tem sido relacionada principalmente a formações florestais (Dietz, 1983; Bonvicino et al. 2002). No estudo realizado por Lacher e Alho (1989) em uma área de cerrado no Pantanal, a espécie foi registrada como a mais comum e abundante, não se relacionando com nenhuma das categorias de microhabitat medidas. Baseados nessas informações os autores consideraram a espécie como generalista no uso do habitat.

A associação de pequenos mamíferos neotropicais com variáveis do ambiente foi demonstrada em inúmeros estudos, sendo que a cobertura da vegetação foi considerada um dos principais fatores determinantes da sua distribuição (Múrua e Gonzalez 1982; Meserve et al., 1991; Dalmagro e Vieira 2005; Püttkeret et al. 2008). A cobertura da vegetação

proporciona aos pequenos mamíferos, proteção contra predadores, condições apropriadas de microclima e recursos alimentares. Tal fato pode ajudar a explicar a preferência de *Calomys tener* a áreas com maior cobertura da vegetação nos campos rupestres. Variações na cobertura da vegetação ocorrem entre os diferentes tipos fisionômicos de vegetação no Cerrado *sensu lato*, como depois de uma queimada. Também, foi proposto por Henriques et al. (2006), que os pequenos mamíferos selecionam o ambiente em função da cobertura da vegetação. Portanto é de se esperar que a ocorrência de pequenos mamíferos em um dado habitat vai ser resultante da história do fogo e da capacidade da espécie selecionar ambientes com diferentes proporções de cobertura vegetal (Briani et al. 2004; Henriques et al. 2006).

As análises da riqueza de espécies de pequenos mamíferos nos sítios de campo rupestre, mostrou um aumento, atingindo um máximo e diminuindo em seguida ao longo do principal gradiente ambiental (eixo 1 de ordenação da ACC) (**Fig. 5B**). A diversidade de espécies calculada pelo Shannon-Wiener ( $H'$ ) padronizado e não padronizado, apresentou um aumento na diversidade até o meio do gradiente ambiental (**Fig. 5C**) de modo paralelo ao observado na riqueza de espécies e na equibilidade medida pela PEI (**Fig. 5D**). No entanto como os resultados não foram significantes estatisticamente não podemos ter uma conclusão final sobre essas relações. Apenas estudos futuros poderão verificar essas tendências.

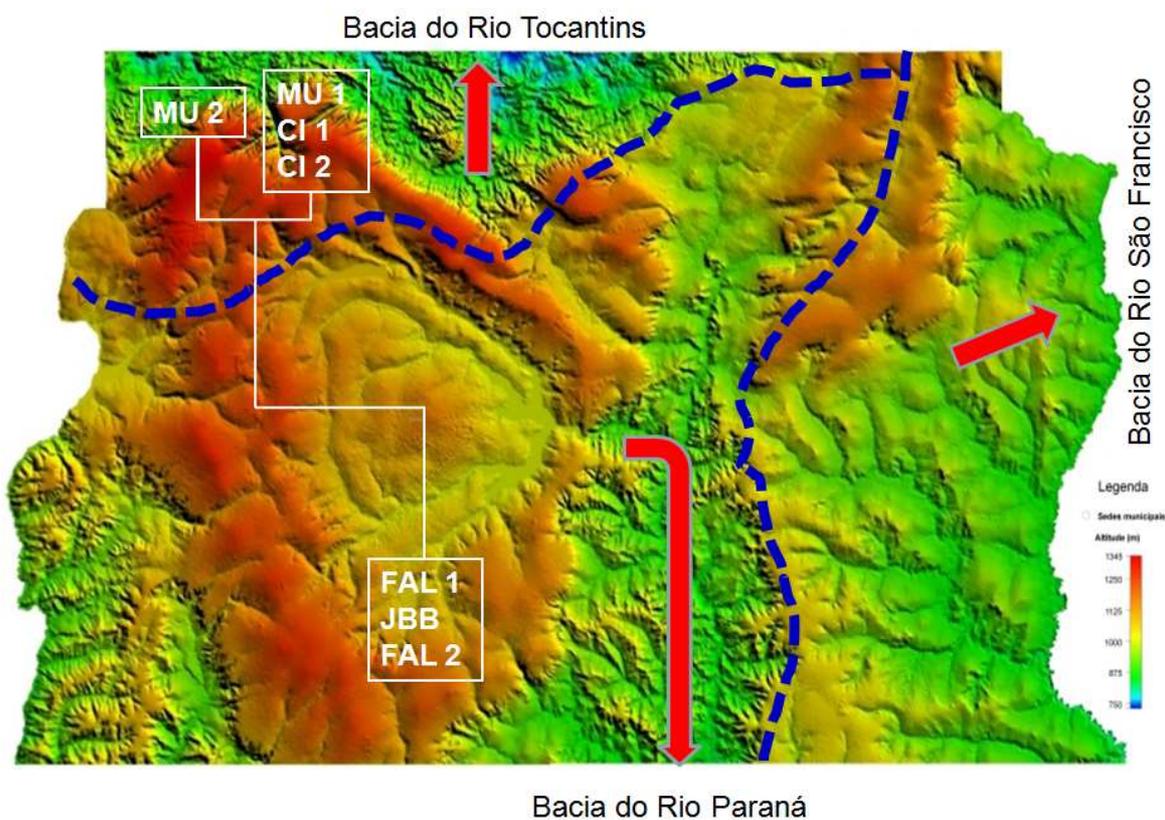
A análise de agrupamento para os sítios (**figura 6A**) revelou a existência de dois agrupamentos de sítios: (1) APA de Cafuringa e (2) APA Gama Cabeça de Veado. Essas duas regiões também apresentam diferenças nas condições climáticas, com a APA de Cafuringa localizada a noroeste do Distrito Federal apresentando uma média pluviométrica maior do que a APA Gama Cabeça de Veado. Vários estudos comparando as áreas ao norte com as áreas centro sul do Distrito Federal indicaram uma diferenciação na composição da fauna e flora. Para fauna de lagartos (Colli, 2005) e de borboletas (Brown e Gifford, 2002) foi observado uma diferença na composição de espécies entre as duas regiões. No estudo de

Ratter et al. (2003), a região a noroeste do Distrito Federal abrangendo a área da APA de Cafuringa mostrou diferenças na composição de espécies de plantas lenhosas a regiões ao centro sul do DF. Os resultados deste estudo indicam que a diferença na composição de pequenos mamífero encontradas resulta da distância entre as áreas (~50km) e pelo fato, de que a APA do Cafuringa pertence à bacia de drenagem que se dirige ao norte em direção a Bacia do Rio Tocantins e de que a APA do Gama Cabeça de Veado pertença a bacia de drenagem do Rio São Bartolomeu que segue em direção a bacia do Rio Paraná ao Sul (**Fig. 7**). Os dados da literatura e os resultados obtidos sugerem que a APA de Cafuringa e a APA Gama Cabeça de Veado pertencem a duas regiões biogeográficas distintas.

Alguns trabalhos mostram as espécies de pequenos mamíferos do Cerrado podem ser separadas em dois grupos de espécies: Um formado por espécies que ocorrem apenas no cerrado *sensu lato* e outro grupo formado por espécies restritas as matas de galeria (Mares et al. 1986; Lacher e Alho, 2001). No estudo de Vieira e Palma (2005), os autores dividem as comunidades de pequenos mamíferos em três conjuntos segundo sua composição: comunidades em florestas, comunidades em áreas abertas e comunidades em habitats méxicos savânicos. Nesse estudo observamos que as espécies de pequenos mamíferos do campo rupestre, composto por varias espécies do cerrado de ampla distribuição, pode ser dividido em pelo menos dois subgrupos (**Fig. 6B**).

Em resumo, este estudo mostrou que as áreas de campo rupestre do Distrito Federal, apresentam uma composição faunística de pequenos mamíferos similares as áreas de cerrado *sensu lato*. O número de espécies variou entre os sítios, apresentando uma riqueza comparável as áreas de campo e cerrado *sensu stricto*. As maiores diferenças observadas entre as comunidades de pequenos mamíferos do campo rupestre no Distrito Federal, estavam associadas com diferenças na posição geográfica dos sítios. Os resultados deste estudo também indicam que as espécies parecem selecionar variáveis ambientais distintas,

evidenciando uma segregação de habitat entre elas nas áreas de campo rupestre. Estudos anteriores têm proposto que a alta especificidade de habitat pelas espécies de pequenos mamíferos, juntamente com a distribuição em mosaico dos diferentes tipos de habitat, são responsáveis pela alta diversidade de espécies desse bioma (Lacher e Alho, 2001, Briani et al., 2004). Os resultados sugerem que as comunidades de pequenos mamíferos amostradas pertencem a duas regiões biogeográficas distintas o que pode explicar a diferença faunística encontrada entre a APA de Cafuringa e a APA Gama Cabeça de Veado.



**Fig. 7.** Mapa de altimetria do Distrito Federal com a localização das três bacias hidrográficas separadas por linha tracejada em azul (bacia do Rio Tocantins, bacia do Rio Paraná e bacia do Rio São Francisco). As setas em vermelho indicam a direção de drenagem das bacias. Os agrupamentos de similaridade faunística determinados estão identificados nas bacias.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALHO CJR. 1981. Small mammal populations of Brazilian Cerrado: The dependence of abundance and diversity on habitat complexity. *Revista Brasileira de Biologia* 41 (1): 223-230.
- ALHO CJR, LA PEREIRA e AC PAULA. 1986. Patterns of habitat utilization by small mammal populations in cerrado biome of central Brazil. *Mammalia* 50 (4): 447 - 460.
- AUGUST PV. 1983 .The role of habitat and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology* 64 (6): 1495-1507.
- BECKER R, G PAISE, LC BAUMGARTEN e EM VIEIRA. 2007. Estrutura de comunidades de pequenos mamíferos e densidade de *Necromys lasiurus* (Rodentia, Sigmodontinae) em áreas abertas de cerrado no Brasil Central. *Mastozoologia Neotropical* 14: 157-168.
- BEGON M, CR TOWNSEND e JL HARPER. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blakwell Publishing, Oxford.
- BERGALLO HG, JL LUZ, DSL RAÍCES, F HATANO e FM HATANO. 2005. Habitat use by *Oryzomys subflavus* (Rodentia) in an open shrubland formation in Restinga de Jurubatiba National Park, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 65 (4): 538-588.
- BONVICINO CR, B LEMOS e M WEKSLER. 2005. Small mammals of Chapada dos Veadeiros National Park (Cerrado of Central Brazil): ecologic, karyologic, and taxonomic considerations. *Brazilian Journal of Biology* 65 (3): 395-406.
- BONVICINO CR, JFS LIMA e FC ALMEIDA. 2003. A new species of *Calomys* Waterhouse (Rodentia, Sigmodontinae) from the Cerrado of Central Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 20 (2): 301-307.
- BONVICINO CR, SM LINDBERGH e LS MAROJA. 2002. Small non-flying mammals from conserved and altered areas of Atlantic Forest and Cerrado: Comments on their potential use for monitoring environment. *Brazilian Journal of Biology* 62 (4B): 765-774.

- BRIANI DC, ART PALMA, EM VIEIRA e RPB HENRIQUES. 2004. Post-fire succession of small mammals in the Cerrado of central Brazil. *Biodiversity and Conservation* 13: 1023 - 1037.
- BROWN JH. 1973. Diversity of Seed- Eating Desert Rodents in Sand Dune Habitats. *Ecology* 54 (4): 775- 787.
- BROWN JR KS E DR GIFFORD. 2002. Lepidoptera in the cerrado landscape and the conservation of vegetation, soil and topographical mosaics. Pp 201-217, em: *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna* (PS Oliveira e RJ Marquis, eds). New York, Columbia University Press.
- CAUSTON DR. 1988. An introduction to vegetation analysis, principles, practice and interpretation. Unwin Hyman, London.
- COLLI, GR. 2005. As origens e a diversificação da herpetofauna do Cerrado. Pp. 247-264, em: *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. (A Scariot, JC Souza-Silva, e JM Felfili, eds.),. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- COLWELL RK. 2005. Estimates, Version 8.0: statistical estimation of species richness and shared species from samples (Software and User's Guide). Freeware published at <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- CONCEIÇÃO AA, A RAPINI, JR PIRANI, AM GIULIETTI, RM HARLEY, TRS SILVA, AKA SANTOS, C CORREIA, IM ANDRADE, JAS COSTA, LRS SOUZA, MJG ANDRADE, RR FUNCHM TA FREITAS, AMM FREITAS e AA OLIVEIRA. 2005. Campos Rupestres. Pp 153-167, em: *Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina*. (FA Junca, L Funch e W Rocha, eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

- COPPE TO SA, DA KELT, DH VAN VUREN, JA WILSON e S BIGELOW. 2006. Habitat associations of small mammals at two spatial scales in the northern Sierra Nevada. *Journal of Mammalogy* 87: 402-413.
- COUTINHO LM. 1990. Fire in ecology of the Brazilian cerrado. Pp. 82-105, em: *Fire in the Tropical Biota*. (JG Goldammer, ed.). Springer, Berlin, Germany.
- DALMAGRO A. e EM VIEIRA. 2005. Patterns of habitat utilization of small rodents in an area of Araucaria forest in Southern Brazil. *Austral Ecology* 30: 353-362.
- DIETZ JM. 1983. Notes on the natural history of some small mammals in central Brazil. *Journal of Mammalogy* 64 (3): 521-523.
- EITEN G. 1972. The cerrado vegetation of central Brazil. *Botanical Review* 38: 201-341.
- EITEN G. 2001. *Vegetação natural do Distrito Federal*. Brasília: Universidade de Brasília/SEBRAE.
- FONSECA GAB e KH REDFORD. 1984. The mammals of IBGE's ecological reserve, Brasília, and an analysis of the role of gallery forests in increase diversity. *Revista Brasileira de Biologia* 44 (4): 517-523.
- FORTES PTFO, GIM OLIVEIRA, E CREPANI e JS MEDEIROS. 2007. Geoprocessamento aplicado ao planejamento e gestão ambiental na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-23 abril 2007, INPE, p 2613-2620*.
- FOX BJ e MD FOX. 2000. Factors determining mammal species richness on habitat islands and isolates: habitat diversity, disturbance, species interactions and guild assembly rules. *Global Ecology Biogeography*. 9: 19-37.
- GIULIETTI AM e JR PIRANI. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço range, Minas Gerais and Bahia. Pp. 39-69, em: *Proceedings*

- of a Workshop of a Neotropical Distribution Patterns. (WR Heyer e PE Vanzolini, eds.) Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências.
- GOTELLI NJ E GL ENTSMINGER. 2004. EcoSim: null models software for ecology. version 7. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. Jericho, Vt 05465. Disponível em: <http://Garyentsminger.Com/Ecosim.Htm>.
- HARLEY RM. 1988. Evolution and distribution of Eriope (Labiatae) and its relatives in Brazil. Pp. 71-121, em: Proceedings of a Workshop of a Neotropical Distribution Patterns. (WR Heyer e PE Vanzolini, eds.) Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências.
- HENRIQUES PBH. & CJR ALHO. 1991. Microhabitat selection by two rodent species in the cerrado of Central Brazil. *Mammalia* 55: 49-56.
- HENRIQUES RPB, MXA BIZERRIL e T KOHLDSORF. 1997. Abundância, riqueza e seleção de habitat de pequenos mamíferos dos cerrados do Brasil Central. Pp. 127-130, em: Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado. (LL Leite e CH Saito, eds.). Editora UnB, Brasília.
- HENRIQUES RPB, MXA BIZERRIL e ART PALMA. 2000. Changes in small mammal population after fire in a patch of unburned cerrado in Central Brazil. *Mammalia* 64: 173-185.
- HENRIQUES RPB, DC BRIANI, ART PALMA e EM VIEIRA. 2006. A simple graphical model of small mammal succession after fire in the Brazilian cerrado. *Mammalia* 70: 226-230.
- HULBERT SH. 1971. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52: 577-586.
- JORGE MCL, VR PIVELLO, ST MEIRELLES e M VIVO. 2001. Riqueza e abundância de pequenos mamíferos em ambientes de Cerrado e Floresta, na Reserva Cerrado do Pé-de-

- gigante, Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP). *Naturalia* 26: 287-302.
- KERLEY GIH. 1992. Ecological correlates of small mammal community structure in the semi-arid Karoo, South Africa. *Journal of Zoology* 227: 17-27.
- LACHER JR TE e CJR ALHO. 1989. Microhabitat use among small mammals in the Brazilian Pantanal. *Journal of Mammalogy* 70: 396-401.
- LACHER JR TE, MA MARES e CJR ALHO. 1989. The structure of a small mammal community in a central Brazilian savanna. Pp.137-162, em: *Advances in neotropical mammalogy*. (JF Eisenberg e KH Redford, eds.). Gainesville, Sandhill Crane Press.
- LACHER JR TE e CJR ALHO. 2001. Terrestrial small mammal richness and habitat associations in an Amazon Forest-Cerrado Contact Zone. *Biotropica* 33: 171-181.
- MAC ARTHUR RH e JW MAC ARTHUR. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- MAC ARTHUR, RHH RECHER e M CODY. 1966. On the relation between habitat selection and species diversity. *American Naturalist* 100: 319-332.
- MAGURRAN AE. 2003. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford.
- MARES MA. 1992. Neotropical Mammals and the Myth of Amazonian Biodiversity. *Science* 225: 976-979.
- MARES MA e KA ERNEST. 1995. Population and community ecology of small mammals in a gallery forest of central Brazil. *Journal of Mammalogy* 76 (3): 750-768.
- MARES MA, KA ERNEST e DD GETTINGER. 1986. Small mammal community structure and composition in the cerrado province of central Brazil. *Journal Tropical Ecology* 2: 289-300.

- MARINHO-FILHO J, ML REIS, PS OLIVEIRA, EM VIEIRA e MN PAES. 1994. Diversity standards and small mammal numbers: conservation of the cerrado biodiversity. forests in the zoogeography of the cerrado's non-volant mammalian fauna. *Biotropica* 18: 126-135.
- MARINHO-FILHO J, FHG RODRIGUES e MM GUIMARÃES. 1998. A fauna de vertebrados da estação ecológica de águas emendadas. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente do Distrito Federal/IEMA.
- MARINHO-FILHO J, FHG RODRIGUES e KM JUAREZ. 2002. The Cerrado Mammals: Diversity, Ecology and Natural History. Pp. 267-284, em: *The Cerrado of Brazil*. (PS Oliveira e RJ Marquis, eds.). Editora Columbia University, Nova Iorque .
- MC'CUNE B e MJ MEFFORD. 1999. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 4.20. MjM Software. Gleneden Beach, Oregon.
- M'CLOSKEY RT. 1976. Community structure in sympatric rodents. *Ecology* 57: 728–739.
- MERSERVE PL e WE GLANZ. 1978. Geographical ecology of small mammals in the northern Chilean arid zone. *Journal of Biogeography* 5: 135-148.
- MESERVE PL, DA KELT e DR MARTINEZ. 1991. Geographical ecology of small mammals in continental Chile Chico, South America. *Journal of Biogeography* 18: 179–187.
- MÜLLER-DOMBOIS D e ELLENBERG H. 1974. *Aims and methods in vegetation ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- MURUÁ R e LA GONZÁLEZ. 1982. Microhabitat selection in two Chilean cricketid rodents. *Oecologia* 52: 12-15.
- OLIVEIRA JA e LM PESSÔA. 2005. Mamíferos da Chapada Diamantina, Bahia. Pp.377-405, em: *Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina* (FA Juncá, L Funch e W Rocha, eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

- PUTTKER T, R PARDINI, Y MEYER-LUCHT e S SOMMER. 2008. Responses of five small mammal species to micro-scale variations in vegetation structure in secondary Atlantic Forest remnants, Brazil. *BMC Ecology* 8: 9.
- RATTER JA, S BRIDGEWATER e JF RIBEIRO. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 60 (1): 57-109.
- REDFORD KH e FONSECA GAB. 1986. The role of gallery forests in the zoogeography of cerrado's non-volant mammalian fauna. *Biotropica* 18: 126–135.
- RIBEIRO R e J MARINHO-FILHO. 2005. Estrutura de Comunidades de Pequenos Mamíferos na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Planaltina, Distrito Federal. *Revista Brasileira de Zoologia* 22 (4): 898-907.
- ROCHA CR. 2007. Utilização de microhabitat por três espécies de roedores cricetídeos em um Cerrado do Brasil Central. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia 46pp.
- ROSENZWEIG ML e J WINAKUR. 1969. Population ecology of desert rodent communities: habitats and environmental complexity. *Ecology* 50: 558- 572.
- SANDERS HL. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist* 102: 243-282.
- SNEATH PHA e LRR SOKAL. 1973. Numerical taxonomy. W. H. Freeman, San Francisco, CA.
- TER BRAAK CJF. 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. 1987. *Vegetatio* 69: 69-77.
- VIEIRA EM. 1999. Small mammal communities and fire in the Brazilian Cerrado. *Journal of Zoology* 249: 75–80.

- VIEIRA, MV. 2003: Seasonal niche dynamics in coexisting rodents of the Brazilian Cerrado. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 38: 7–15.
- VIEIRA EM e LC BAUMGARTEN. 1995. Daily activity patterns of small mammals in a cerrado area from central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 11 (2): 255-262.
- VIEIRA EM, G IOB, DC BRIANI e ART PALMA. 2005. Microhabitat selection and daily movements of two rodents (*Necomys lasiurus* and *Oryzomys scotti*) in Brazilian Cerrado, as revealed by a spool-and-line device. *Mammalian Biology* 70 (6): 359-365.
- VIEIRA EM e J MARINHO-FILHO. 1998. Pre and post-fire habitat utilization by rodents of cerrado from Central Brazil. *Biotropica* 30: 491–496.
- VIEIRA EM e ART PALMA. 2005. Pequenos mamíferos de Cerrado: distribuição dos gêneros e estrutura das comunidades nos diferentes habitats. Pp. 265-282 em: *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. (A Scariot, JM Felfili e JC Sousa-Silva, eds.). Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- WEKSLER M e CR BONVICINO. 2005. Taxonomy of pigmy rice rats genus *Oligoryzomys* bangs, 1900 (Rodentia, Sigmodontinae) of the Brazilian Cerrado, with the description of two new species. *Arquivos Museu Nacional do Rio de Janeiro* 63: 113-130.
- WHELAN RJ. 1995. *The Ecology of Fire*. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- WHITTAKER RH. 1965. Direct gradient analysis techniques. Pp. 7-31, em: *Handbook of vegetation science V: ordination and classification of communities*. (RH Whittaker, ed.). Junk. The Hague, The Netherlands.
- WILLIAMS SE, H MARSH e J WINTER. 2002. Spatial Scale, Species Diversity, And Habitat Structure: Small Mammals In Australian Tropical Rain Forest. *Ecology* 83 (5): 1317-1329.
- ZAR JH. 1999. *Biostatistical analysis*. Fourth Edition. Prentice - Hall, New Jersey.